

パーティクルボード製造用アルミニウム合金板の変形について(第1報)

その他(別言語等)のタイトル	On the Deformation of Press-Sheets of Aluminum Alloy Used for Manufacturing Particle-Boards
著者	西田 恵三, 及川 弘, 角野 弘
雑誌名	室蘭工業大学研究報告
巻	5
号	1
ページ	1-15
発行年	1965-07-08
URL	http://hdl.handle.net/10258/3225

パーティクルボード製造用アルミニウム 合金板の変形について (第1報)

西田 恵三・及川 弘・角野 弘*

On the Deformation of Press-Sheets of Aluminum Alloy Used for Manufacturing Particle-Boards.

Keizo Nishida, Hiroshi Oikawa and Hiroshi Kakuno

Abstract

In recent years the so-called particle-boards have been manufactured of the pressed timber tips mixed with urea resin at some temperature, which are very useful for furniture or decorative material in many parts.

But in their manufacturing process, it has been frequently recognized that the press-sheets made of aluminum alloy used for pressing the particle tips become gradually shortened and especially corrugated around the sheet so much that they could not be used anyway.

These abnormal phenomena have been investigated and the results gained are as follows:

- 1) They are found mainly owing to the relative difference of the thermal expansion coefficient between these sheets and the cast iron heaters.
- 2) Furthermore, there may be some influences from many other sources, that is, the magnitude of the heating temperature and the pressing force, the initial temperature difference between the sheets and the heaters, the frequency of the heating-pressing cycle for the sheets, and the roughness of the surface of the heaters.
- 3) The corrugation of the side part of the sheet may occur as a result of being not pressed in that part, different from the inner part.

I. 緒 言

近年、室内の内装材や家具材料として、木材の細片を合成樹脂と混和し加圧加熱して板材としたパーティクルボードと呼ばれる材料が用いられて来ている。苫小牧市の岩倉組では、大型のパーティクルボードを生産しており、「イワクラホモゲン」という商品名で販売している。このパーティクルボードの製造工場において、ボードの製造に用いられる Al 合金板(トランスポートシートという。)の長縁部が繰返し使用中に次第に波型に変形して来る現象があり、現場ではその対策に苦慮している現状である。最初、我々は取り扱いの点から生ずる機械的な変形ではないかと考えたが、僅かながら収縮する現象も見られるため、本シートに生ずる諸現象、

* 岩倉組岩倉ホモゲン第二工場

シートの性状、変形の原因などについて調査ならびに若干の定性的ながら実験検討を行なったのでその結果について報告する。

II. 調査ならびに予備試験結果

図-1は、パーティクルボード製造工程のうち、本題に関係のある部分についての系統図を示す。即ち、先ずパーティクル（木材を細かく砕いて尿素樹脂と混和したもの）はサイロから成型機内に置かれたシートの上に散布され形を整えられる。次で、シート上のパーティクルは予備プレスによって軽く加圧され、最後にホットプレスによって加圧加熱され半製品となる。この半製品は仕上工程に送られ、シートは再び成型機へ戻る。

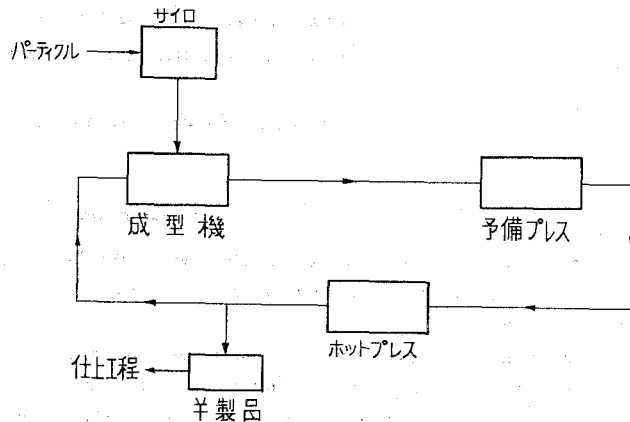


図-1 パーティクルボード製造工程図（関係分）

図-2は、シートの形状とホットプレス部の構造を示す。上方のシートは熱板に固定されており、下のシートはパーティクルを乗せて熱板上に入ってきて、ここで上下の熱板がそれぞれ下降上昇してパーティクルを加圧加熱する。シートの周縁部は加圧されない。

問題はこのシートに起る。即ち、このシートは繰り返し加圧加熱を受けながら成型機とホットプレスの間を循環するのであるが、この作業を繰り返している中に、シートの縁の部分が波型に変形して来る。ボードは平滑であることが必要なので、シートが変形すれば製品もまた不良となる。従って、

この対策として波を生じたシートはエアハンマーで叩いて波を平らに直して再使用しているが、波は使用中に再発するものであり、しかもシートの長さが僅かながら収縮して行くことが

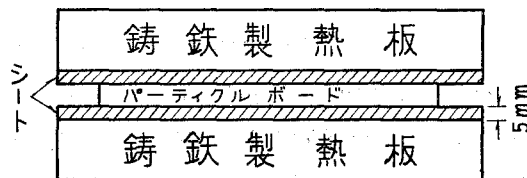
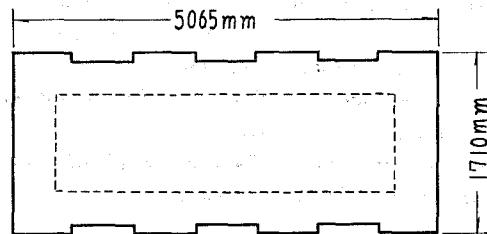


図-2 シートの形状およびホットプレス部の構造
(上図点線部分はパーティクルボードの乗る位置)

測定の結果明らかとなっている。文献によれば¹⁾、このような収縮現象は他にも例が見られ、例えば、ラジオのシャーシ材料として5052 圧延板を用いる場合、所要の孔を明けた本板を平滑にする目的で2枚の鉄板に挟み、200°C 位で加圧し、圧力除去冷却後寸法を測定して見ると、狂いが生じて使用不可能となる。また、合成樹脂板の加圧重合を行なう場合にも、挟み板の Al 合金板に加圧加熱冷却の繰返しによる収縮現象が見られ、定尺物の樹脂板の製造が不可能になるという。パーティクルボード製造の場合に見られる現象は、これらの例と内容は異なっているが、収縮する材料はいずれも Al 合金であり、鉄製材料によって加圧加熱サイクルを受けることは全く同じである。このようなサイクルのため、収縮量も累積され、その結果シートの噛み合せ部分が噛み合わなくなるので、シートは使用不可能となり、材質自体は未だ充分使用できる状態にあるにも拘らず、止むを得ず廃却されている。しかも本シートは寸法が大型のため日本では未だ製造されておらず、ドイツからの輸入に頼っている状態なので、この現象の解決ならびに大型 Al 合金板の国内製造は大事な問題であろう。

現場的調査の結果によれば、

- (1) 加圧温度が高い程、波の発生が多い傾向がある。
- (2) 熱板に入る直前のシートの温度が高い程、波の発生は少ない傾向がある。
- (3) 上の熱板に取り付けられたシートは、同じ材質であるにも拘らず、波は発生しない。

また、本シートの化学成分、諸性質について試験ならびに調査した結果は次のごとくである。

(1) 化学 成 分

本シートの化学成分分析値 (重量 %) を表-1 に示す。

表-1

	Mg	Si	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Al
A	0.763	0.744	0.235	0.038	0.023	0.016	0.004	残
B	0.77	0.748	0.25	0.03	0.026	0.074	—	残

[註] A というのは、富士製鉄室蘭製鉄所研究所において分析されたもので、新しい材料7個についての平均値である。B というのは、本シートの製造会社であるドイツの Westfälische Leichtmetallwerke より送附して来た分析値で、5個についての平均値である。

これによれば、富士鉄の分析値では、僅かながら Pb が検出されている。また Zn の量がドイツの値では富士鉄の約5倍に達している。その他の成分は大體一致している。

この分析値の結果から見れば、Al への添加元素の主体は Mg, Si であり、従って本シートは Mg₂Si の析出過程において強度を与えた時効硬化性合金と考えられる。この成分系統の合金は耐食性展伸用材として用いられており、富士鉄の平均値より計算すれば、本シートの成分は図-3²⁾において、Al と Mg₂Si を結ぶ線から Si 側に寄っている。従って、本シートは耐食性

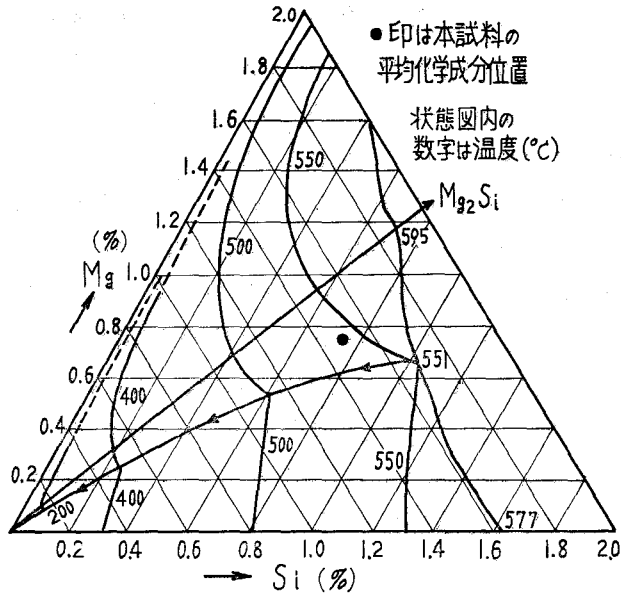


図-3 Al-Mg-Si 三元系状態図の Al 側溶解度面
(W. L. Fink-L. A. Willey)²⁾

をあまり下げずに強度も充分保持せしめるようにしたものと考えられ、硬化化合物ならびに主成分の量から見るとさらに加工硬化を加えて強度を増した Aldrey 系合金のようにも思われる。

(2) シートの諸性質

本シートの未使用材（以後新材という）の諸性質について試験して見た結果は概ね次のとおりである。

a) 硬 度： 85～95（ロックウェル F スケール）

既に使用された材料では、新材に比べて平均 20 位硬度の値が低下している。これは加圧加熱の繰返し、修理加工などによって、何らかの影響（析出軟化、加工硬度の減少、再結晶温度の低下など）を受けているためと思われる。

b) 抗 張 力： 26.5～27.3 kg/mm²

c) 伸 縮： 8.9～9.9%

d) 熱膨脹係数： 大体の測定であるが、 2.2×10^{-5} 程度

e) 熱伝導度： 測定していないが、T6 処理で 0.5 (cal/cm²/cm²/°C/sec) 前後と思われる³⁾。

f) 比 重： 同上、2.70 程度と思われる³⁾。

なお、本シートの大きさは、長さ 5065 mm、幅 1710 mm、厚さ 5 mm、重量は新材で 120 kg 程度である。

III. 実験方法および実験結果

本シートからの新材採取位置を図-4の斜線区域に示す。この位置はパーティクルボードの厚さを調節するストッパーが置かれる位置で、その部分は同図のごとく切り取られる。また図-5は使用中のシート(以後古材という)からの採取位置を示す。このシートは各シートの中でも最も波の発生回数が多い(従って修理回数も最も多い)ものである。以上の位置から採取した試料からさらに、実験目的によって、必要な大きさと形状に成形して使用した。

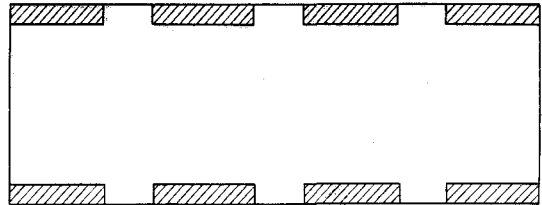


図-4 新材からの試料採取位置 (斜線部分)

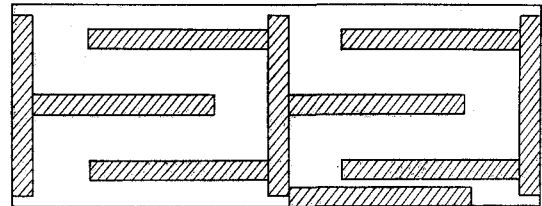


図-5 古材からの試料採取位置 (斜線部分)

(1) 過時効による硬度変化

本シートの使用可能限界を知るために、新材(寸法は $50 \times 25 \times 5$ mm)を各種温度に加熱した場合の硬度変化を図-6に示す。同図によれば、 150°C 位までは強度は殆んど変化なく使用が可能であるが、 175°C 以上では軟化し、温度が高い程急速に低下する。(本図にはないが、その後の実験によって使用可能限度は 165°C 前後と考えられた。)

(2) 焼戻時効による硬度変化

新材(寸法は過時効の場合に同じ)を 520°C で30分溶体化処理し、水中焼入れ、各温度で最大30時間焼戻時効した場合の硬度変化を図-7に示す。

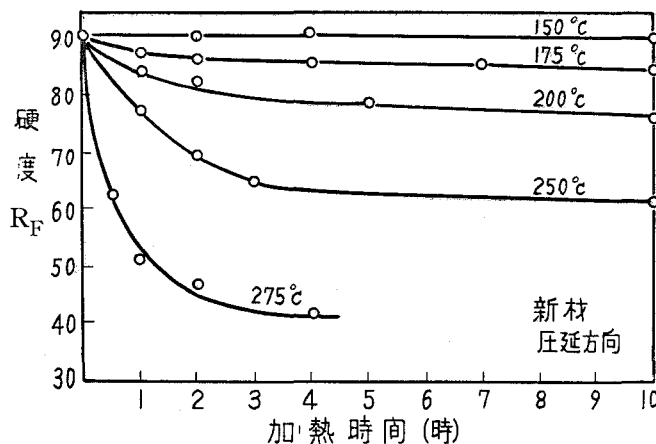


図-6 過時効による硬度変化

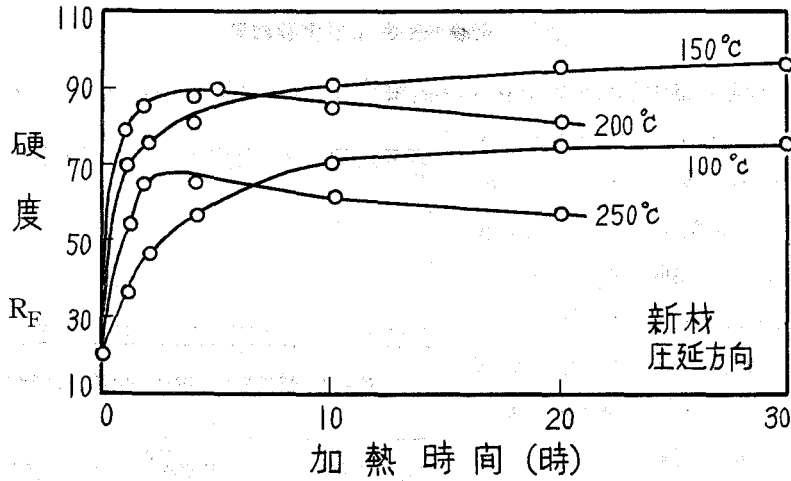


図-7 焼戻時効による硬度変化

同図によれば、時効温度が高過ぎると短時間のうち最高の強度に到達するが、その値は低く、以後次第に低下して行く。従って、本シートの適当な時効処理温度は 150°C かその附近の範囲内にあるものと考えられる。

(3) 非加圧加熱による試料の寸法変化

本シートは時効硬化性合金であるため、波の発生や収縮現象が過時効による第二相の析出軟化と何らかの関係があるのではないかと考えたので、先ず本シートを加圧しないで加熱し、その寸法の変化を測定した。

試料は直径約 4.5 mm、長さ約 83.5 mm の丸棒に成形して用いた。この材料はあまり硬くないので、測定のためからできるだけ弯曲しないように作成した。また試料の両端は、加熱膨脹による位置の変動や回転などによって生ずる誤差をなるべく少なくするため、できるだけ直角になるように研磨した。図-8 は本測定に使用した装置の略図を示す。

同図において、A はダイヤルゲージ、B は試料支持用石英管、C は試料、D はシリカ棒、

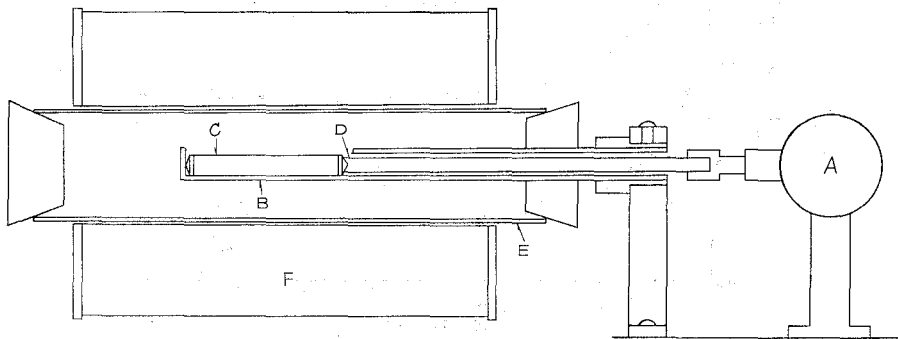


図-8 測定装置の構造略図

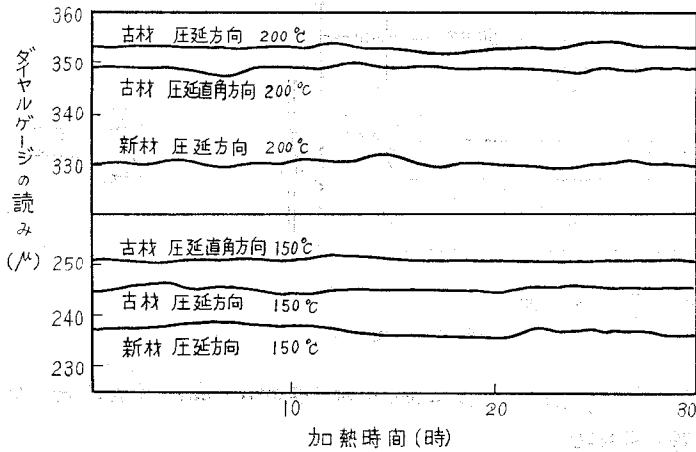


図-9 非加圧加熱による試料の寸法変化

E は炉心管, F は電熱炉である。試料が加熱されて膨脹すると, 石英棒を經由してダイヤルゲージに伸びを示す。ダイヤルゲージは 1μ まで測定でき, 誤差は公称 3μ である。測定温度は 150°C , 200°C の 2 種, 測定時間は 30 時間で, 10 分ごとに測定した。

図-9 はその結果を示す。これは試料が当該温度まで膨脹し切ってしまった後の寸法変化の値である。

同図によれば, 寸法は多少変化してはいるが, いずれの場合も 3μ 程度即ち誤差範囲の変化であるから, 実質的には殆んど直線的で, 寸法には変化がないと考えてよい。なお, 新材と古材の別, 圧延方向の差, 試料の採取位置の違いなどによる寸法変化の相違は殆んど見られなかった。但し, 30 時間加熱後の硬度は, 150°C の場合には殆んど低下しないが, 200°C の場合には $15\sim 20\%$ 低下した。結局, 本シートは非加圧の場合は, 軟化はするが寸法の変化は実際上殆んど認められない。従って, 波や収縮の発生原因は, 過時効に基づく析出軟化によるものではなく, 別な原因にあることが解る。

(4) 加圧加熱サイクルによる寸法の変化

前述のごとく, 試料を加圧しないで加熱した場合には, 寸法の変化は殆んど認められなかったので, 次に現場におけると同様, 加圧した場合について実験を行なった。

試料の形状と寸法を図-10 に示す。加圧の方法は, 加圧装置がないので図-11のごとく, 試料を 2 枚の鉄板で挟み, ボルトで締めつける方法¹⁾

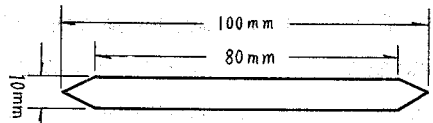


図-10 試料の形状と寸法(平面図)

で行なった。従って, 圧力は測定できないが, なるべく均一に圧力がかかるようにボルトを締めつけた。但し圧力の値自体はその時によって異なると思われる。(後日, 圧縮装置で測定した

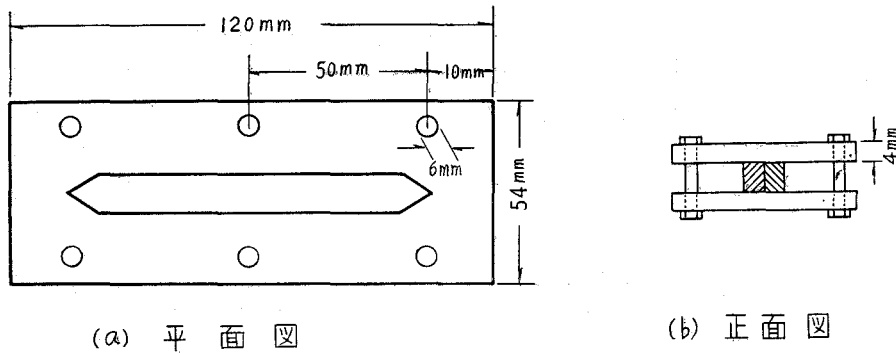


図-11 加 圧 方 法

結果から判断して、ボルトを締め付けた場合には、推定 100 kg/cm^2 程の圧力が加えられていたのではないかと考えられた。）

鉄板で挟んだシートを一定温度で一定時間加熱した後、温度の高いうちに圧力を除き、常温まで冷却して寸法を測定する。測定はマイクロメーターを利用した測定装置とノギスを用いた。（ノギスを用いた場合には、 50μ 以下の寸法変化は測定できない。）加熱温度は、寸法の変化を大きく出すためと傾向を早く知るために、主として 250°C を用いた。従って、寸法の変化には、析出軟化の影響も入って来るものと思われる。

図-12 は、図-11 の様式で、10 時間連続加圧加熱した場合の寸法および硬度の変化を示す。同図によれば、10 時間の連続加圧加熱によって、硬度はかなり減少しているが、長さは依然として殆んど変化していない。もちろんこれはボルトの締め付け程度即ち加圧力の大きさによって寸法の変化程度も異なると思われる。しかし、加圧してもそれが連続的であれば、いかに長時間加圧しても寸法の変化は極めて小さいことがわかる。

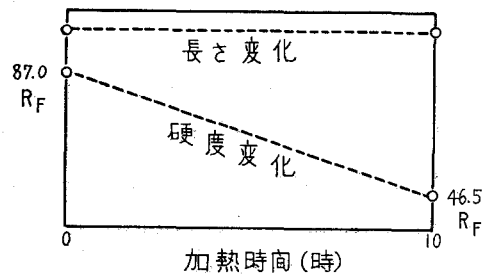


図-12 連続加圧加熱による変化

このため、次に単位時間加圧加熱ごとに圧力を除去する方法を繰返して寸法を測定した。図-13 は、1 時間加圧加熱ごとに圧力を除き、10 回繰返した場合の結果を示す。

同図によれば、試料を鉄板で挟んだ場合 (Fe-Al-Fe と示す) には、ノギスでも充分測れる位の収縮が見られ、10 サイクルの合計では 0.75% も収縮している。即ち、単に加圧を連続しただけでは、いかに長時間加圧しても収縮量は小さいのであって、加圧除圧を繰返すことによって収縮量が加算され大きくなって行くことがわかる。また、試料と同種の板で挟んだ場合 (Al-Al-Al と示す) には、殆んど収縮が認められていない。

これら両図から、収縮に大きな影響を及ぼすものは、加圧加熱時間の長さではなく、加圧

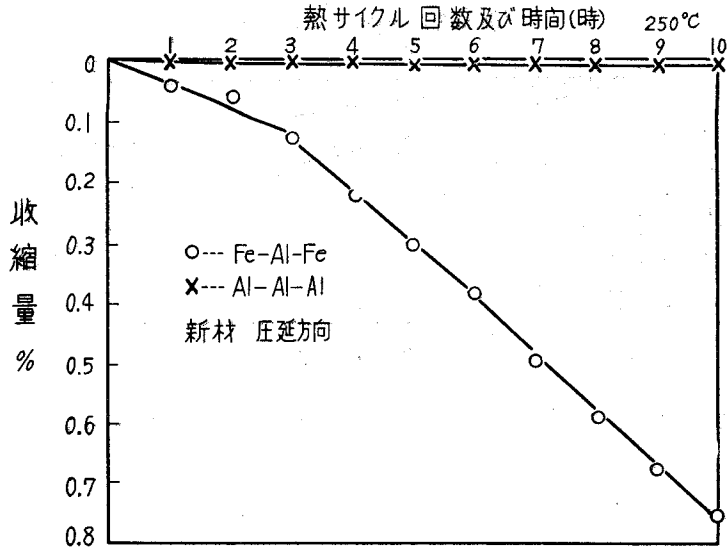


図-13 加圧加熱サイクルによる寸法変化

加熱，圧力除去冷却の繰返しであると云える。また，異種の材料によって挟まれた場合には収縮量が大きく，同種の材料に挟まれた場合には収縮量は極めて小さいことが示されている。この事実は，収縮現象には加圧加熱サイクル回数とともに挟み材料と試料との熱膨脹係数の違いが関係することを示している。

(5) 収縮量に及ぼす各種因子の影響

以上のごとく，収縮には加圧加熱サイクル数，熱膨脹係数などが関係しているが，その他にも加圧温度，圧力，挟み板の表面粗度なども影響を与える。これらの実験には大型試料（長さ 200 mm，幅 70 mm，形状同前），岩倉組の圧縮試験機を用いた。

a) 加圧温度

図-14 は，加圧温度と収縮量との関係を示す。

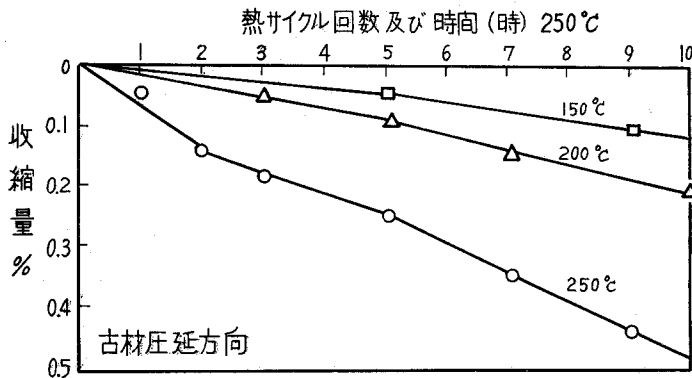


図-14 加圧温度と収縮量との関係

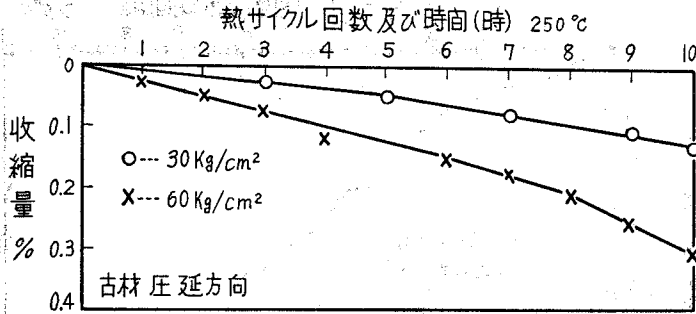


図-15 圧力と収縮量との関係

同図によれば、加圧温度が高い程収縮量が大きいたことが示されている。

b) 圧 力

図-15 は圧力と収縮量との関係を示す。

同図によれば、圧力が高い程収縮量も大となることが示され、前述のボルトで締め付ける場合の圧力はさらに大きいことが推定される。

c) 挟み板の表面粗度

図-16 は、挟み板の表面粗度が収縮量に及ぼす影響を示す。

同図によれば、挟み鉄板をそのまま用いるよりも、板の表面をエメリーペーパー 03 まで研磨した方が収縮量大きい傾向が見られる。これは予想と反対の結果であったので、再び行なって見たところ、カーブの形は異なるがやはり研磨した方が多く収縮した。

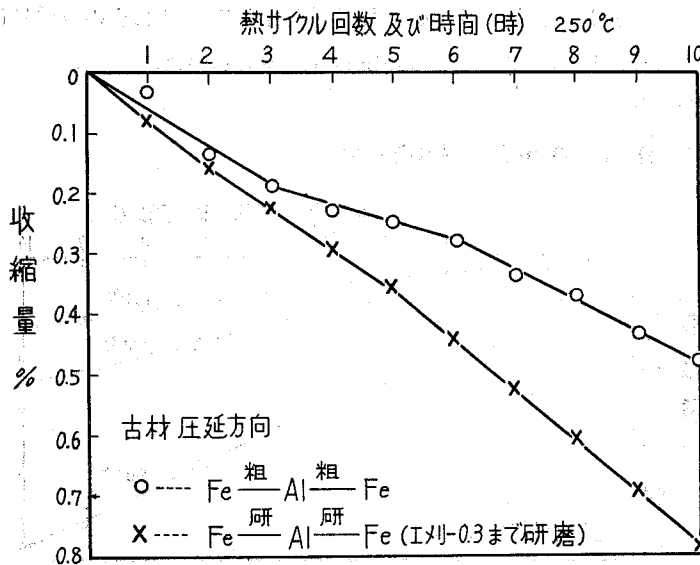


図-16 表面粗度と収縮量との関係

(6) その他の因子の影響

その他, Fe-Al-Fe の場合について, (a) 圧延方向性による違い, (b) 新材と古材との違い, (c) 試料の採取位置, (d) 加圧力除去後の冷却速度 (放冷, 水冷) などによる収縮量の差についても実験を行なったが, いずれも大きな収縮量の差は認められず, これらの因子は収縮程度を左右するような決定的な要因ではないと考えられた。この場合, 加圧力除去後の冷却速度による収縮の違いが殆んどないことから, 収縮は加圧力が除去される以前に既に行なわれていることが推察される。

(7) 収縮量と軟化程度との関係

図-17 は, 収縮量と軟化程度との関係を示したものである。

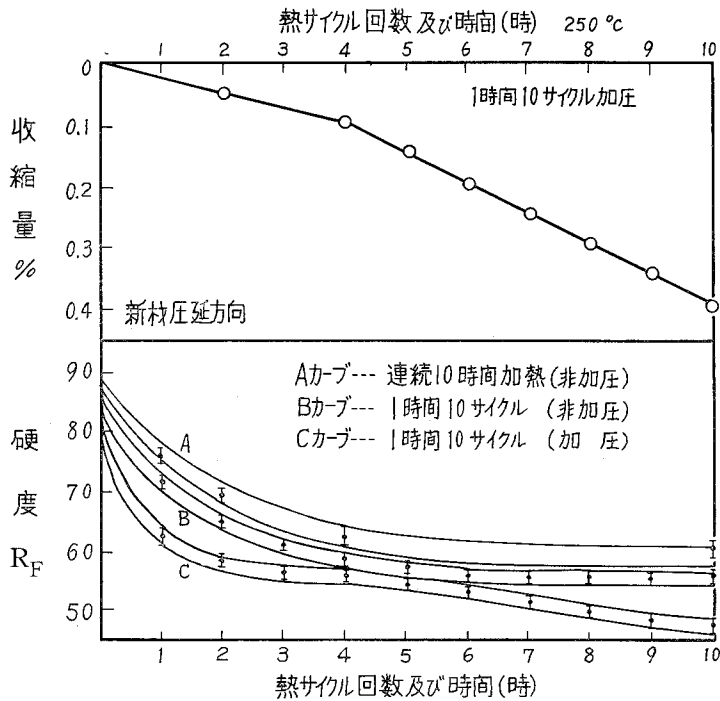
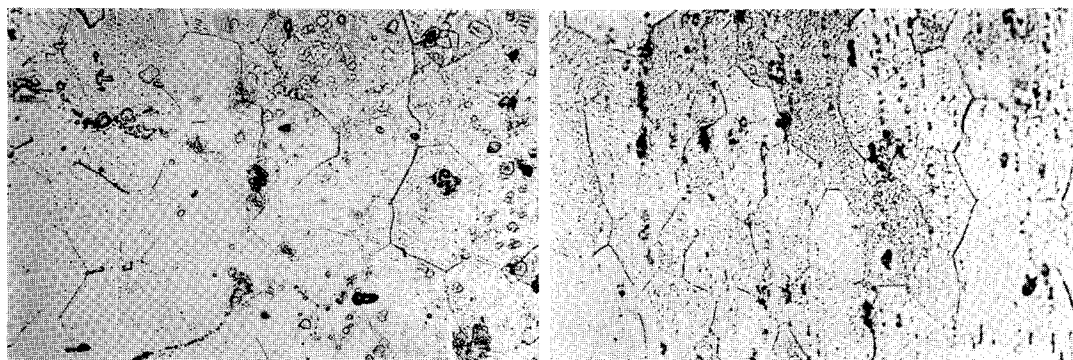


図-17 収縮量と軟化程度との関係

同図によれば, 加圧した方が加圧しない場合よりも軟化の度合が大きく, また4サイクル以後において収縮量が増しており, これに対応して硬度もさらに低くなっている。このことは古材についても見られた。どのサイクルの当りで収縮量が増すかはやり方によって一定しておらず, やり方によって収縮量の増加が現われない場合もあるが, ある程度のサイクル以後において収縮量が増す傾向は高村, 岸の実験¹⁾においても見られている。

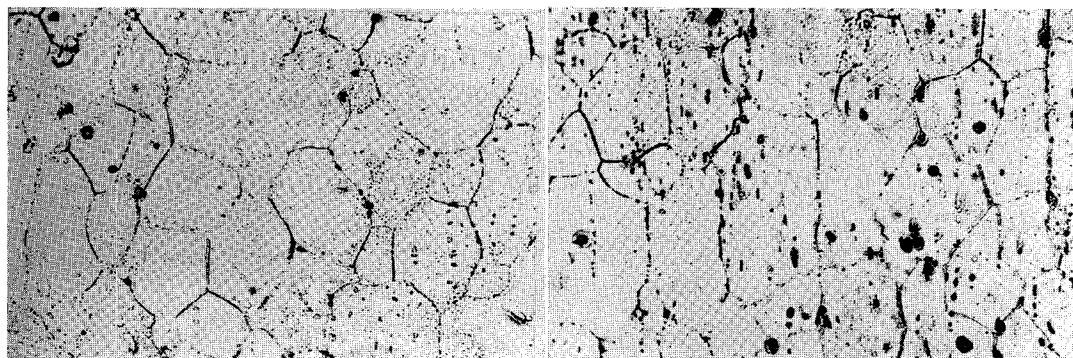
(8) 顕微鏡組織

次の写真は, 加圧加熱前後の顕微鏡組織を示す (仕上研磨後電解研磨)。



新材圧延面 加熱前 ×300

新材側面 加熱前 ×300



新材圧延面 250°C 10 サイクル後 ×300

新材側面 250°C 10 サイクル後 ×300

これらの写真によれば、加圧加熱前後において特に大きな組織の差は見られない。実際には、過熱後には Mg_2Si が多分析出しているのであろうが、その量は少ないし、光学顕微鏡ではもちろん見ることはできない。

IV. 考 察

(1) 本シートの性質について

パーティクルボードの製造に用いられる加圧用板に必要な条件としては、1) 耐食性のよいこと、2) 使用温度で強度の低下しないこと、3) 熱伝導度のよいこと、4) 比重の小さいこと、5) 表面が平滑であることなどが考えられる。

本シートは、前述のごとく、Al- Mg_2Si 系合金と考えられるので、耐食性は良好なものと考えられる。強度については、本系合金の性質および使用目的上ジュラルミン系合金ほど大きくはなく、抗長力は一般に 30 kg/mm^2 前後に過ぎないが、パーティクルボード製造用加圧板としては実用上強度が不足ということはない。むしろ強度が大き過ぎると、発生した波を修理する場合に、却って直しにくいことが考えられる。(このことは試験的に用いた他の Al 合金板に

実例として現われた。) 但し、本系合金は時効硬化型合金であるから使用温度が高過ぎないように注意しなければならない。熱伝導度、比重は、各種合金中で最も優秀な部類に属している。特に熱伝導度は生産能率の点から重要な因子である。ただ、熱膨脹係数については、比較的大きな部類に属し、このことが収縮に大きな影響を及ぼすものと考えられる。表面の平滑さは、品質管理の点から当然要求される。

(2) 非加圧加熱結果について

本シートは、図-6、図-7 から推定されるように、150°C 乃至その附近の温度で最高強度に時効されているものと考えられる。従って、150°C の場合は、もし析出過程における寸法の変化があったとしても、それは殆んど完了に近づいているので、図-9 に示すように寸法の変化は実質的に認められない。また 200°C の場合も、過時効による軟化はあるが、析出は完了しているので寸法変化は認められない。従って、収縮や波の発生は、第二相の析出に関係するものではなく、別の原因によるものと考えられる。

(3) 加圧加熱サイクル実験結果について

図-9 に示したごとく、加圧しないで加熱しても寸法の変化は実質的に認められない。しかし、加圧してもそれが連続的であるならば、いかに長時間加熱しても、図-12 に示すように、寸法変化はやはり殆んど認められないかあるいは極めて小さい。しかるに、短時間であっても、加圧加熱、圧力除去冷却を繰返し行なう場合には、図-13 に示すごとく、明らかに収縮現象が認められる。この過程は、個々の条件は違ってもパーティクルボードの製造工程と同じである。従って、収縮や波の発生は、このような過程の繰返しによって起るものと考えてよい。この場合、図-13 によれば、鉄板を加圧板に用いた場合には試料の収縮度は大きく、試料と同質の材料を加圧板に用いた場合には殆んど収縮が見られない。もし本シートが単なる加圧加熱サイクル過程によってのみ収縮するのであるならば、加圧板の種類は関係しない筈である。従ってこの収縮現象には、シートと鉄板との熱膨脹係数の違いが関係していることが考えられる。即ち、熱膨脹係数の大きなシートを熱膨脹係数の小さな鉄板で強く挟んで加熱するのであるから、両者の表面の間の摩擦抵抗によりシートは十分に伸びることができず熱応力がかかる。今、250°C まで加熱した場合の熱応力を計算して見ると、鉄板の熱膨脹係数を 1.2×10^{-5} 、シートの弾性係数 7000 kg/mm^2 、室温 20°C とすれば、約 16.1 kg/mm^2 程度となる。しかして、本シートと組成の比較的似ている 6061-T6 の降伏点は熱応力の値よりはるかに低い (260°C で 3.6 kg/mm^2 、204°C で 11.2 kg/mm^2) ので、 16.1 kg/mm^2 の熱応力がシートに作用するならば、当然塑性変形を受けるから、圧力を除いても非加圧の場合の値には達しないであろう。この差が収縮量になると考えられる。この収縮量は、高村、岸の述べるごとく¹⁾、加熱の際に、本シートが鉄板によって完全に拘束され、膨脹することが全く不可能であるならば、1回の熱サイクルにより理論的には約 0.25% 位の収縮を生ずる筈であるが、実際の拘束力はシートと鉄板と

の間の摩擦抵抗だけであるから、理論値まで収縮することはないであろう。従って、ある程度は膨張することになるが、その値はシート本来の膨張程度よりは小さいことになる。また、冷却の場合には、逆に引張応力が働らき、シートは鉄板によって引伸ばされることになるが、本実験および現場の操業過程において、高温のうちに圧力が除去されるので、本シートの冷却に伴う収縮は自由であり、従って引張応力は働かない。このようにして、熱サイクルを受けることによって収縮応力だけが作用し、これを繰返すことによって収縮量が積算されることになる。

この場合、収縮しただけの質量はどこかに「逃げ」として現われる筈であるが、これは摩擦抵抗の少ない幅の方向に幅寸法の増加として現われていることが認められた。

また、本シートが加圧熱サイクルを受けることによって側縁に波が発生する理由は、収縮量に相当する質量が横方向へ現われるためと、圧力がシートの中央部分のみにかかり(図-2参照)、シートの周縁部には直接かからないので、加圧部と非加圧部の熱膨張の度合が異なり、加圧部が収縮するにつれて非加圧部にも収縮応力が影響するためと考えられる。

なお、上の熱板に取り付けられたシートには波が発生しないのは、常に熱板と同じ温度に加熱され、十分に伸び切っているためと考えられる。従って、収縮には下の熱板上に入って来るシートと熱板との温度差も関係するものと考えられる。

(4) 加圧温度、加圧力、表面粗度について

その他、収縮現象に関係する因子として、加圧温度、加圧力、挟み板の表面粗度などが考えられ、これらも関連し合って収縮の程度に影響を与えているものと思われる。

先ず、加圧温度の影響としては、図-14に示したごとく、高温になる程収縮量は大きい。理論的にも1回の加圧加熱において熱膨張の差に基づく熱応力によって収縮する量は、150°Cで0.15%、200°Cで0.20%、250°Cで0.25%程度となる。但し、前述のごとく、これらの値はシートの膨張が全く不可能とした場合の値であり、実際にはいくらか膨張することは可能である。従って、実際の収縮量は理論値には到達し得ない。しかし、いずれにしても温度が高い程収縮量は増し、その他に過時効による析出軟化もあるので、波の発生も促進されるものと考えられる。なお、加圧温度を高くしなくても、加圧時間を短くすることも加圧回数を増すことになるので、収縮量を多くすることになる。以上のごとく、経済的事情を別にすれば、加圧温度はあまり高くすべきではない。また、この収縮量は熱板とシートの温度差が大きい程大きいと考えられるので、熱板に乗る前のシートの温度を差支えない範囲でできるだけ高くするか、熱板の温度を加圧前にもっと下げるかして、両者の温度差を小さくすれば、ある程度は収縮の進行度を小さくできるであろう。

次に圧力の影響であるが、図-15に示すごとく、圧力は高い程収縮量は大きい。これは圧力が高くなれば、鉄板とシートの接触面間の拘束力即ち摩擦抵抗が増すので、それだけ理論値に近づくためと思われる。従って、加圧力は必要最低限度に抑えた方が収縮を少なくできるこ

とになる。

次に挟み板の表面粗度即ち接触面間の摩擦抵抗であるが、本実験の範囲内では図-16に示すごとく、表面を研磨した鉄板の方が収縮量が大きい。これは研磨によって、鉄板とシートとの接触面積が増し、密着性が増すから、摩擦抵抗が大きくなるためと考えられる。

(5) 収縮量と軟化程度の関係について

収縮量と軟化程度の関係については、図-17によれば、非加圧連続加熱材 (10 時間) も非加圧熱サイクル材 (1 時間×10 回) も軟化の度合は大体同じであるが、加圧した場合は軟化の度合が幾分大きい傾向が見られる。これは、加圧熱サイクルを受けることによって塑性変形を起すために軟化が促進されること、析出によって軟化することなどによるものと思われる。また、図-17によれば、4~5 サイクルを過ぎると収縮量がさらに大きくなり、これに伴って硬度もさらに低下している。これは収縮が大となるようなある硬度の限界的範囲があつて、その硬度以上では未だ硬いので塑性変形は緩かであるが、ある程度の硬度範囲まで軟化すると、塑性変形が一層容易となり、その結果収縮量が増加するのではないかと思われる。従つて、高温における収縮には、このような軟化も関係するものと思われる。

V. 結 論

本シートの収縮ならびに波の発生現象について研究し、次の結果を得た。

- (1) この収縮現象の主因は、熱板とシートの熱膨脹係数の差に基づく熱応力である。
- (2) 熱膨脹係数が等しくても、両者の温度差があれば収縮は生じ得る。
- (3) 熱サイクルの回数が増す程、加圧温度が高い程、加圧力が大きい程、収縮量も多い。また、熱板の表面粗度については、本実験の範囲では、粗さの細かい程収縮量は増加した。
- (4) シートがある程度の硬度まで軟化すると収縮は促進される。
- (5) 波の発生は、加圧部と非加圧部の熱膨脹の差、収縮質量の横方向への増加による。

終りに本実験を行なうに当り、試料を分析していただいた富士製鉄室蘭製鉄所研究所、材料試験をしていただいた日本製鋼所室蘭製作所研究所、実験に協力した東幸男、吉田仁士両君に感謝する。

(昭和 39 年 11 月 13 日日本金属学会・日本鉄鋼協会北海道支部合同昭和 39 年度秋季講演会に発表)

(昭和 40 年 4 月 30 日受理)

文 献

- 1) 高村・岸：軽金属, No. 51 (1962), 39.
- 2) ASM: Metals Handbook (1948), 1246.
- 3) ASM: Metals Handbook (1961), 946-947.