

のである。従つて、この兩部分の面積比から p を出す事は完全な方法ではないと申さねばならない。故に、たわみ實驗の結果と共に、この結果も亦一つの参考に止るのであるが、この Bumm のデータを用ひて $\log [p/(1-p)]$ と $\log t$ の關係を 350°C 時効について引くと第4圖 [III] の如くである。即ちかなり上方では外れるが、 $p=0.5$ の邊りまでは大體に於いて直線的であつて、これから出した n の値は 1.9 となる。これら二つの結果を参考として考へれば、 n は大體 2 前後となり、硬度より求めた値の 2.2 は妥當と考へられる。

3. 結言及考察

以上の研究によつて茲でしらべた Cu-Ag 合金には從來知られてゐた析出硬化の外に、 230°C 邊に起る擬析出硬化があり、Austin-Rickett 型の式には兩者共によく従ひ、指數 n は前者で 2.2、後者で約 1 である事が明にされた。他の合金でも、常温が第1圖の横軸上の何の位置に来るかの差違があるだけで、すべて低温度に擬析出型の範圍があり、高温度に析出型の範圍がある様に考へられる。而して何れの場合にも、硬度變化より求めた處の變化の進行度 p と時間 t との間には、

$$p/(1-p) = Kt^n$$

なる關係が成立し、兩場合では唯 n が異なるだけの様である。即擬析出部では略々 1 であるが、析出部では 1 にならず、大體 1 より相當大きい値となる様である。この指數 n が大となる程、硬度-時間曲線の初期の處が上方に凹になる程度が甚しい。

$\log [p/(1-p)]$ 對 $\log t$ の關係直線を二つ以上の温度について引くと、活性化エネルギーを算出する事が

可能であるから、本研究の一結果として大體の活性化エネルギーの値を出しておいた、この値は擬析出部では 15,000 Cal/Mo! 位となつて Cu 中の Ag の擴散の活性化エネルギーの値よりも遙に小さくなるが、之は當然と考へられる。他の Al-Cu 及び Cu-Be 合金でも同様の事が既に知られてゐる。(1)(2) 一方析出部では 25,000 Cal/Mol となつて擴散のそれと同程度の値になるが、これも亦妥當と考へられる。

尙本合金でも、 230°C 邊で時効せしめた單結晶について Laue 寫眞を撮れば、Guinier-Preston 集合層の形成を示す線條 (Streaks) が見られるものと豫想される.**

終りに本研究の遂行に當り御指導を賜つた大日方、村川兩先生に衷心御禮申上げる次第である

文 獻

- (1) 三島, 橋口, 大日方: 日本金屬學會誌 12 (1948), 7~9 號, 16~19.
- (2) 三島, 橋口, 大日方: 日本金屬學會誌, 印刷中; 日本金屬學會 1949 年度春季東京大會にて講演.
- (3) 三島(德), 牧野: 鐵と鋼, 印刷中.
- (4) 村川: 理工研報告, 1 (1947), 6, 17, 60, 177
- (5) H. Bumm: Metallwirtschaft 14 (1935), 429~431
- (6) 大日方, 橋口, 三島: 日本金屬學會 1947 年度春季東京大會にて講演

** 但 Al-Cu, Cu-Be 等の合金と違つて擬析出型時効による硬化が極めて少い事實から推して、集合層の生成による格子面の歪はこれら兩合金の場合程大きくなく、従つて線條があれ程尾を引かぬかも知れない故、生成格子面の決定は困難であるかも知れない。

ハモニカ用材料としての鉛入眞鍮板に関する研究 (第1報)

機械的性質及び屈曲性に及ぼす壓延條件の影響

麻 田 宏・和田次郎

Study on the Free-turning Brass Sheet Used for the Harmonica (Part I). The Effect of Rolling Conditions on the Mechanical Properties and the Flexibility of the Sheet.

By Hiroshi Asada and Jiro Wada.

ABSTRACT: Investigations have been made to determine the effect of the degree of cold-

work and the temperature of heat-treatment, on the mechanical properties and lead particle size or distribution, in the form of sheets. The influence of cold-work and heat-treatment on mechanical properties is in the following three important factors, recrystallization, solubility of α -solid solution and β - β' transformation. The lead particle size and distribution are the important factors on machinability, but is the less important on mechanical properties. The workability and flexibility are chiefly improved by heat-treatment. The most suitable annealing temperature for the purpose of rolling and bending is about 550°C.

(1949年7月1日受理)

1. 緒言

切削性良好な銅合金として鉛入四六眞鍮が使用されているも、板としての性質殊に冷間加工の影響等に就ては殆んど研究されていない。切削性の點よりは M. Cook and E. Davis 等⁽¹⁾により研究され次の諸點が明にされている。(a) Zn 含有量の減少と共に切削性悪くなる。(b) Pb 含有量の増加は Pb 2.5% 迄は切削性を改善する。但し Pb 含有量の増加と共に衝撃値は低下する。(c) 四六眞鍮に Pb を約3%添加し、之に Al, Sn, Fe, Mn, Ni 等を添加すれば、Fe, Mn, Ni は切削性を害し、Al は助長する。(d) Pb の粒度と分布との関係は、Pb が微細に一樣に分散しておれば切削性良好にして、凝集すれば悪くなる。

然しながら樂器用銅合金、時計用銅合金の如く特殊用途に使用されるものでは切削性以外にその機械的性質、物理的性質が問題になる、殊に前者に於ては彈性材料として必要な條件も具備せねばならない。然るに此の『ばね』板としての研究結果は無いにも拘らず、その方面の利用は急を要する所である。従つて吾々は先づ切削性は現状程度のもので之を『ばね』板とした場合に如何なる特性が現はれるか、切削性良好な『ばね』板としての見地より研究を進めることとした。

2. 試料の製作

試料は Pb 2% と Zn を含む Pb 入眞鍮を溶解して作った。溶解方法はエレマ電気爐により黒鉛坩堝に電気銅を入れ木炭被覆にて溶解し、次で NaCl を熔劑として電気亜鉛を添加した。Zn を挿入せる場合にはよく攪拌し酸化物を分離させ表面に浮上らせるやうにした。次で Pb を添加しよく攪拌せる後 1000°C にて、200°C に豫熱した金型 (25×120×100 mm) に鑄造した。

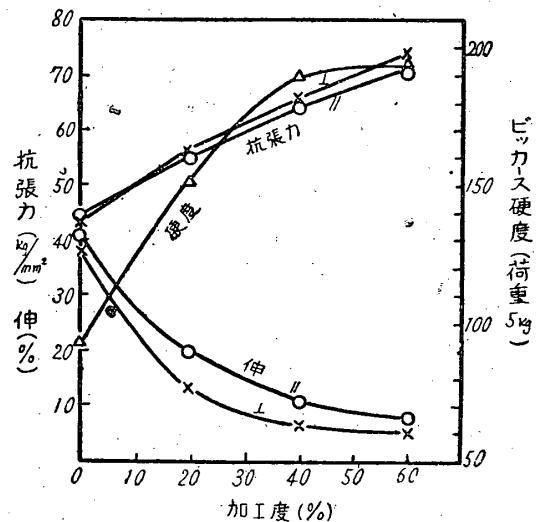
鑄塊は表面切削を行ひ厚さ 20 mm とし 700°C にて 10 時間の均熱處理の後熱間壓延にて 4 mm 迄落し、之を 600°C 1/2 時間焼鈍し次の冷間壓延の工程を経て實驗試料に供した。

4 mm → 2 mm → 600°C 1/2 時間焼鈍 → 1 mm

3. 實驗の結果

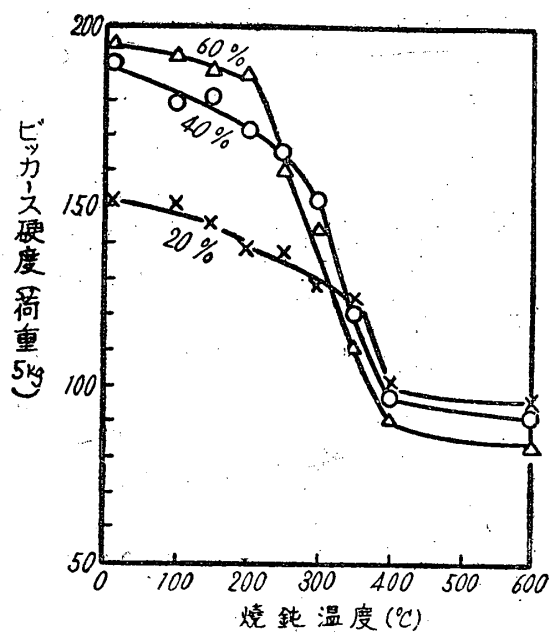
(1) 冷間加工の影響 1 mm 迄上述の如くして作った試料を 600°C 1/2 時間焼鈍し、之に 20, 40, 60% の加工度を與へた場合の抗張力、伸、硬度の關係を第 1 圖に示す。圖にて II は試験片を壓延方向にとつた場合の結果を、I は直角方向にとつた場合の結果を示す。抗張力、硬度は加工度の増加と共に漸増し、伸は逆に低下する。之は通常の金屬及合金を冷間加工せる場合の關係と同様である。唯加工度の増加と共に方向性が顯著になる傾向が示されている。

(2) 冷間加工後の焼鈍の影響 上述の如くして 20, 40, 60% の加工度を與へた試料を焼鈍し、焼鈍温度とビッカース硬度との關係を求めた。之を第 2 圖に示す。焼鈍時間は 1 時間である。



第 1 圖 冷間加工の影響

第 2 圖より加工度の小なるものでは再結晶温度高く、加工度大なるものでは再結晶温度が低いといふ金屬の一般的性質がそのまま示されている。而して加工度 40~60% で再結晶温度は 200~300°C 附近にある。又此の場合には七三眞鍮に見られる如き低温焼鈍による硬度上昇は認められない。Pb を含まぬ四六眞鍮に

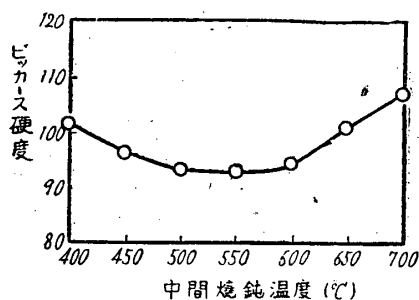


第2圖 冷間加工後の焼鈍の影響

於ても之と同様の傾向のあることより、Pb を含むためではなく β' 相の存在に基く可能性が大きい。

(3) 中間焼鈍温度によるその後の冷間加工の影響

1mm 板(加工度 50%)に冷間圧延せるものを 400°, 450°, 500°, 550°, 600°, 650°, 700°C に 1 時間焼鈍した場合の中間焼鈍温度とビッカース硬度との関係を第 3 圖に示す。即ち 500°~600°C にて硬度は最小値を示し、之より低温でも高温でも硬度は高い。之を顯微鏡組織(第 4~11 圖に示す)より見れば 400°, 450°C では完全に軟化されざる爲、650°, 700°C では β' 相の増加の爲、夫々硬度が高く現はれている。



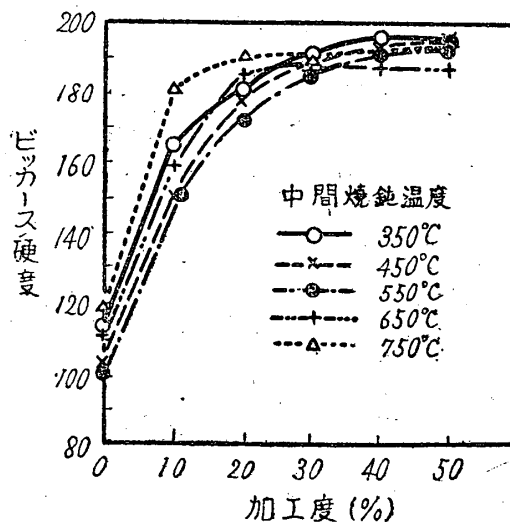
第3圖 中間焼鈍温度の影響

次に同じく 1mm 板(加工度 50%)に冷間圧延せるものを 350°, 450°, 550°, 650°, 750°C に 1 時間焼鈍した後、引續き冷間圧延を行ひ、加工度とビッカース硬度との関係を測定した。第 12 圖は各中間焼鈍温度の場合の加工硬化曲線を示し、第 13 圖は同一加工度の場合の中間焼鈍温度の影響を見るため第 12 圖を書き更めたものである。

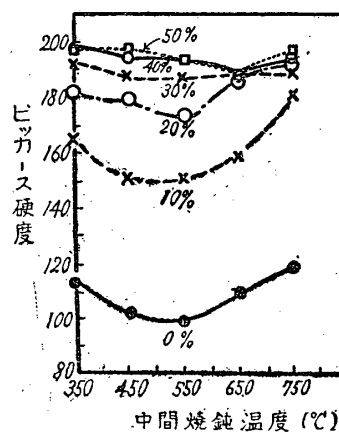
第 12 圖より中間焼鈍温度 550°C 以下では加工度 30

%迄は硬度の増加著しく、それ以上では緩かである。

之に反し 650°C 以上では加工度 20%にて硬度の最大値に達し以後硬度は殆ど變化しない。之は α 相の量に關係するものと推測される。又第 13 圖にては加工度の増加と共に中間焼鈍温度の相違による硬度の増減が漸次なくなり、遂には殆ど同じ硬度値を示すに至り、而もその場合に必要な加工度は 50% であること示している。



第12圖 加工硬化曲線に及ぼす中間焼鈍温度の影響



第13圖 同一加工度の場合の中間焼鈍温度の影響

(4) 屈曲性能に及ぼす中間焼鈍温度の影響

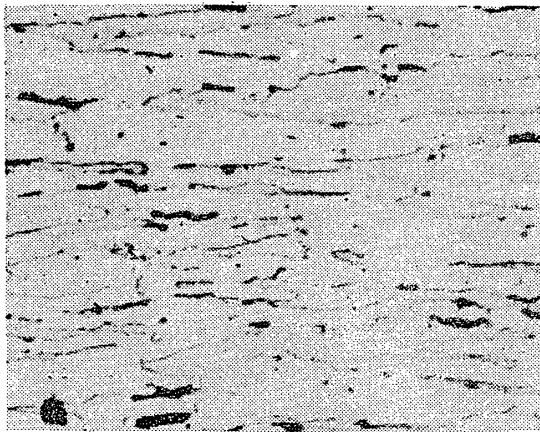
上述の場合と同じく 1mm 板に冷間圧延せるものを 350°, 450°, 550°, 650°, 750°C に 1 時間焼鈍した後、引續き冷間圧延を行ひ 0.5mm 板(加工度 50%)にし、之を 100°, 200°, 250°, 300° の仕上焼鈍(加熱時間 1 時間)を行ひ壓延方向の屈曲試験を行つた。

此の結果を第 1 表に示す。之で中間焼鈍温度 750°C は最も悪く、350°, 450°, 650°, 550°C の順に良い結果が得られる。尙一般に中間焼鈍後冷間圧延のまゝでは

第 1 表

中間焼鈍 温度(°C)	仕上焼鈍 温度(°C)	屈曲半径 $r(t=板厚=0.5\text{ mm})$		
		$r=3t$	$r=2t$	$r=t$
350°	冷延状態	オレ(105°)		
	100°	オレ(115°)		
	200°	良	オレ(170°)	
	250°	良	ヒビ	オレ(167°)
	300°	良	ヒビ	オレ(167°)
450°	冷延状態	オレ(162°)		
	100°	良	オレ(165°)	
	200°	良	ヒビ	オレ(165°)
	250°	良	良	オレ(174°)
	300°	良	良	オレ(175°)
550°	冷延状態	ヒビ	オレ(165°)	
	100°	良	ヒビ	オレ(155°)
	200°	良	ヒビ	オレ(167°)
	250°	良	良	良
	300°	良	良	ヒビ
650°	冷延状態	ヒビ	オレ(165°)	
	100°	良	オレ(165°)	
	200°	良	ヒビ	オレ(172°)
	250°	良	良	ヒビ
	300°	良	良	ヒビ
750°	冷延状態	オレ(85°)		
	100°	オレ(125°)		
	200°	オレ(60°)		
	250°	良	ヒビ	オレ(162°)
	300°	オレ(95°)		

屈曲性悪く之が改善のため仕上焼鈍を行ふ必要がある。その場合 250°C 以上では再結晶温度に相当するため當然屈曲性は改善されるも、一方硬度は低下する所



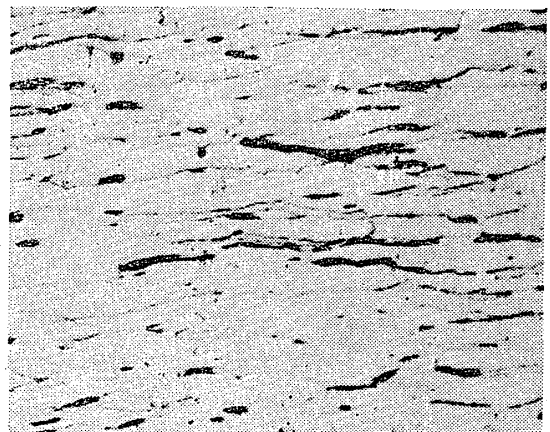
第 14 圖 冷間壓延のまま ×200

であり、その目的により適当な仕上焼鈍温度を選ばねばならないことは勿論であるが、唯屈曲性のみよりは 550°C の中間焼鈍、250°C の仕上焼鈍の場合が最良であつた。又 750°C の中間焼鈍の悪いのは β' 相の増加のため、350°C の中間焼鈍の余り良好でないのは中間焼鈍にて完全に内部歪が除去されずに次の冷間壓延を行つた爲、過度の内部歪を受け、爲に屈曲性を害するものと考へられる。屈曲性よりも 550°C 附近の中間焼鈍温度が推奨される。

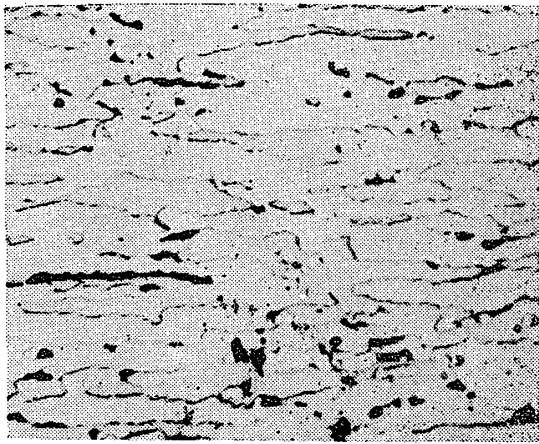
(5) 焼鈍温度による Pb の粒度並に分布 1mm 板 (加工度 50%) に冷間壓延せるものを 400°, 450°, 500°, 550°, 600°, 650°, 700°C に 1 時間焼鈍した場合の Pb の粒度並に分布の様態を第 14~21 圖に示す。即ち Pb は寫眞にて黒い斑點になつて現れてゐるが、之が主として α 相と β' 相との境界にあり冷間壓延の状態では纖維状に細長く分布しており、焼鈍温度の上昇と共に漸次圓みを持ち凝集して行く様態が示されている。

4. 結 語

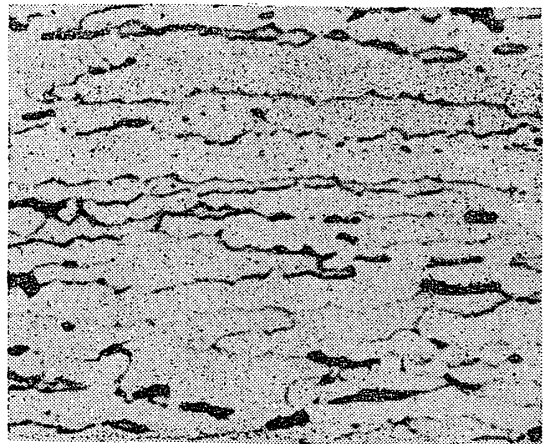
本實驗により鉛入四六眞鍮を『ばね』板として使用する場合に必要な中間焼鈍温度は 550°C 附近にあること、又冷間壓延にて 50% の加工度を加ふれば硬度は中間焼鈍温度には殆んど關係しないことが明になつた。但し屈曲性にてはやはり中間焼鈍が影響し 550°C が最も良いことを示した。以上より相當の冷間壓延を加へて弾性限の上昇を期待するためには α 相が多くて壓延性の良い 550°C 附近の中間焼鈍を行へば良いことが明になつた。又此の温度では Pb の凝集も少いたため切削性にも殆んど影響しないことが期待される。最後に種々實驗上助力せられたる岩崎皓二君に深謝する。



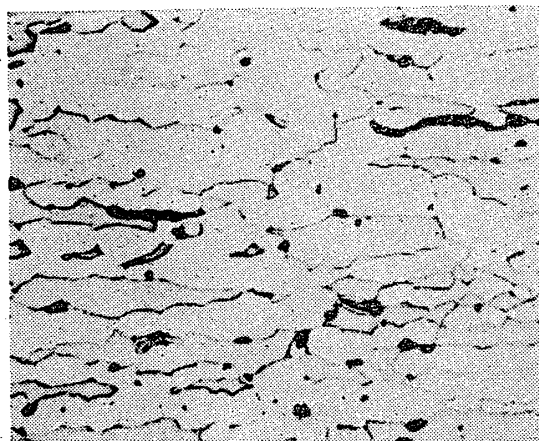
第 15 圖 400°C 焼鈍 ×200



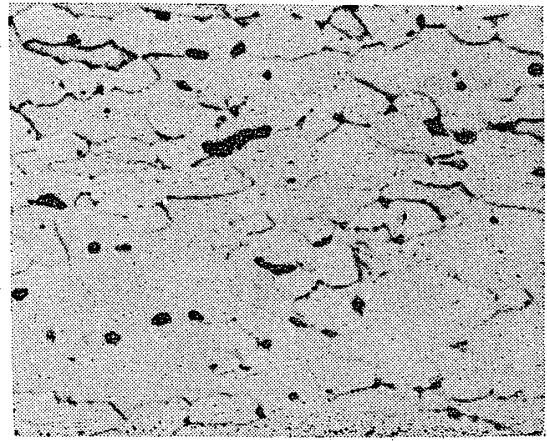
第 16 圖 450°C 燒鈍 ×200



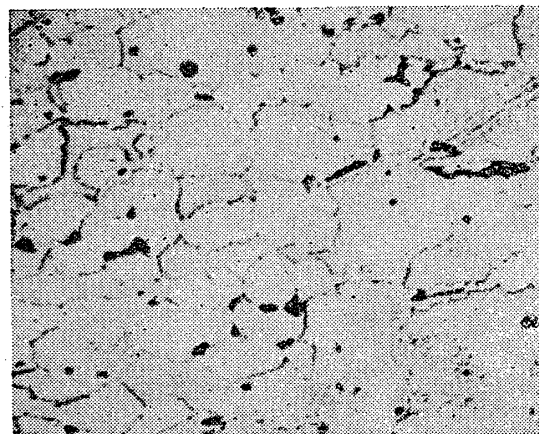
第 17 圖 500°C 燒鈍 ×200



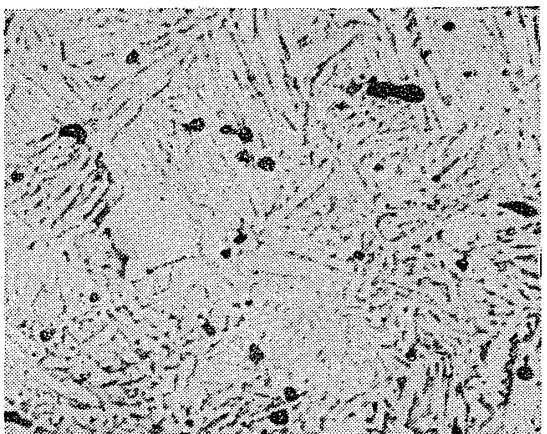
第 18 圖 550°C 燒鈍 ×200



第 19 圖 500°C 燒鈍 ×200



第 20 圖 650°C 燒鈍 ×200



第 21 圖 700°C 燒鈍 ×200

文 獻

(1) M. Cook and E. Davis : J. Inst. Metals (1939) 65; Metal Industry (Lond.) 55 (1939) 241, 275.
 Burghoff, H. L. : Metal Industry (Lon-

d.) (1490) 29.
 Jenkins, F. G. : Metal Progress 34 (1938) 34; Metal Industry (Lond.) 53 (1938) 101.
 W. B. Sallitt : Metal Industry (Lond.) 55 (1939) 227

可削性黄銅板 (時計齒車用黄銅板)*

村 川 梨

Machinable Brass Sheets for Watch Gears

By Kiyoshi Murakawa.

ABSTRACT : The heat-treatment of leaded brass sheets has been studied in order to enhance the machinability for the case in which they are used as watch gear materials. It has been found that the machinability is considerably improved when the sheets are given an anneal at about 700°C, followed by a 78—82% reduction by rolling. The sheet prepared by this process has a microstructure very similar to Fig. 2 a or b.

(1949年6月20日受理)

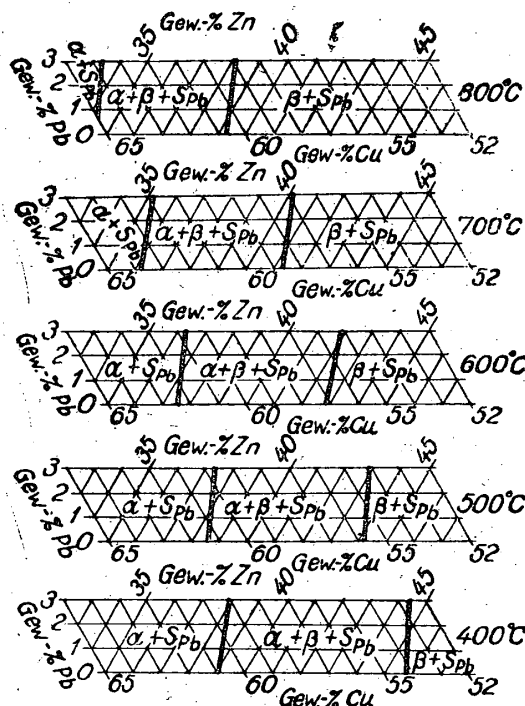
1. Pb を添加した黄銅板

黄銅板から時計の齒車の齒形を切るときに、所謂かえりが出ないこと及び切るためにカッターに加えるべき壓力が小さいことの二つの條件を満すべきこと即ち Machinability が良くなければならないことは今更ここで改めて説明する必要はないであろう。この目的に適するために、Pb を添加した黄銅板 (又は洋白板) が齒車材料として用いられることもよく知られた事實である。

この可削性黄銅板の成分としては Cu=65—60%, Pb=2—3%, Zn=残部が最も簡單なものとして一般に認められている。そのうちで、所謂 65—35 配合に Pb を添加したものがインゴット・メーカーが最も容易である。

Cu-Zn 系合金に 2% 程度の Pb を添加した三元合金の状態圖については既に Bauer 及び Hansen の研究⁽¹⁾がある。その結果から溫度一定の面で切つた切口の圖を抜粋すれば第 1 圖の通りである。室温に於ける圖は 400°C の圖の S_{Pb} を固體 Pb で置き換えれば得られる。(326°C で Pb が熔液となる。)これによれば、α 相だけになるか α+β' 相になるかに関しては、Pb

の%の數%が Zn の%に加勢するということになる。



第 1 圖 種々の溫度に於いて溫度一定の面で Cu-Zn-Pb 三元状態圖を切つた切口。(Bauer 及び Hansen による。)室温に於ける圖は 400°C に於ける圖で S_{Pb} を固體 Pb で置き換えたものと同じである。但し S_{Pb} は Pb の熔液である。

* この報告の内容は 1949 年 6 月 3 日の理工學研究所定期講演會で讀んだものである。