

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)

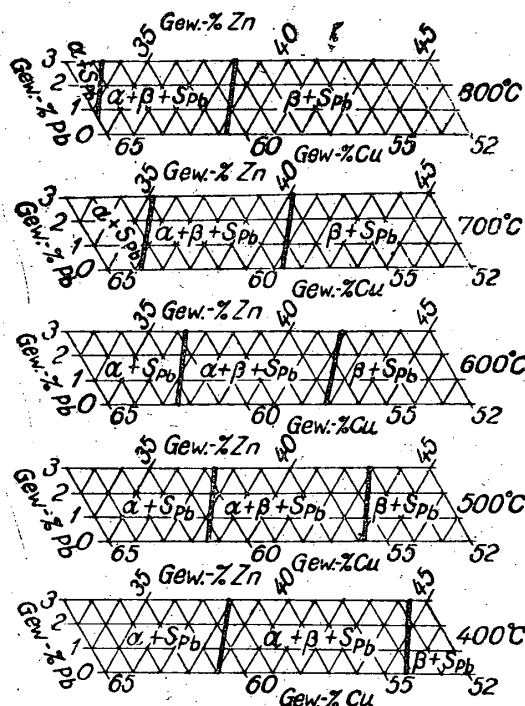
1. Pb を添加した黄銅板

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ぬ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。

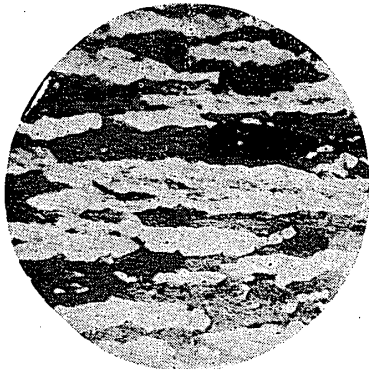
* この報告の内容は 1949 年 6 月 3 日の理工學研究所定期講演會で讀んだものである。



第4圖 冷間圧延のまま ×200



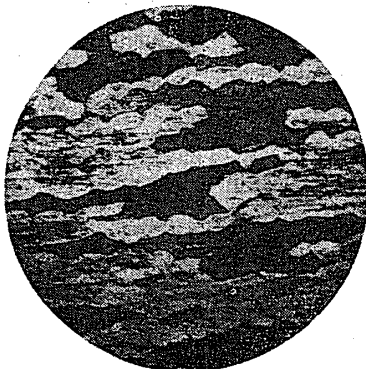
第5圖 400°C 焼鈍 ×200



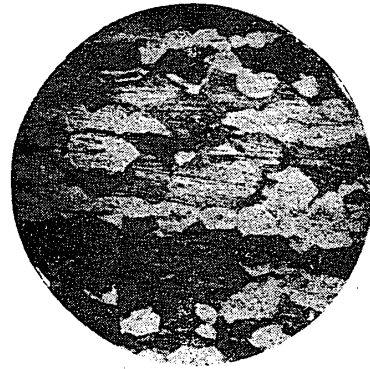
第6圖 450°C 焼鈍 ×200



第7圖 500°C 焼鈍 ×200



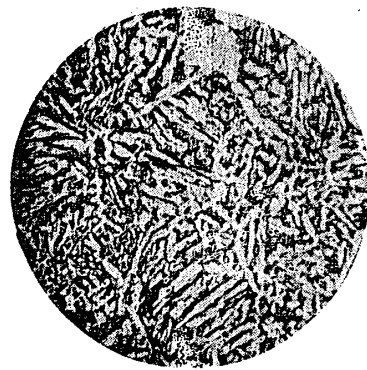
第8圖 550°C 焼鈍 ×200



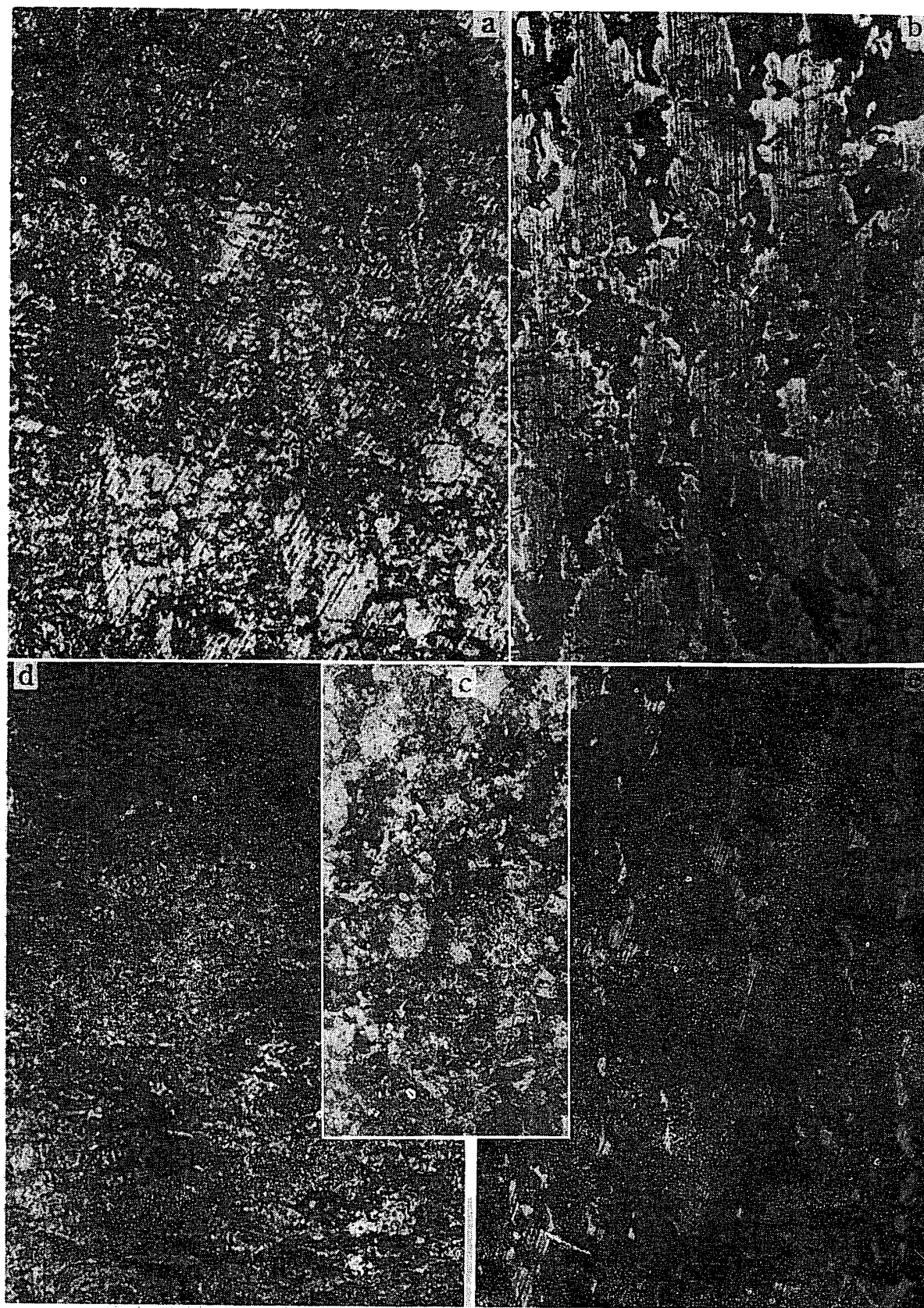
第9圖 600°C 焼鈍 ×200



第10圖 650°C 焼鈍 ×200



第11圖 700°C 焼鈍 ×200



第 2 圖 試料の顯微鏡寫眞（詳細の説明は 221 頁参照） ×160

ここで實驗に供したインゴットの試料はシチズン時計株式會社から頂いたもので、同社の橋田武弘氏の御好意によるものであつた。そのうちで、Cu, Zn の他に Pb だけを添加し、Sn を添加しないものは第1表に示す組成(橋田氏の分析結果による)のものであつた。

第1表 Pbだけを添加した黄銅の試料

試料番號	Cu%	Pb%	Zn%	組 織
A	63	2.3	34.2	$\alpha + \text{Pb}$
B	61.5	1.4	37.1	$\alpha + \beta' + \text{Pb}$

試料 A 及び B のインゴットの面を削つて平滑にし、厚さ約 10 mm とした。これについて、最初は中間焼鈍温度を 600°C としてロールで冷間壓延を行なうことを繰返し、最後の所要の厚さ(0.22 mm 又は 0.37 mm)に減厚する直前は 400°, 500°, 600°, 700° 又は 800°C で1時間加熱の中間焼鈍を行ない、壓延度は 50, 60, 70, 80 % の4種類とした。

かくして種々の熱處理を行なつて得られた板について、筆者がドリルによる孔明け、及びカッターによる切削を實施して見た結果、中間焼鈍温度は 700-800°C が最適であると思われた。但し壓延度は梨地のような皺模様板の表面に出来ない程度で大きい方が被削性を良くするもので、場合によつて多少の差はあるが、78-82 % が最適のようである。

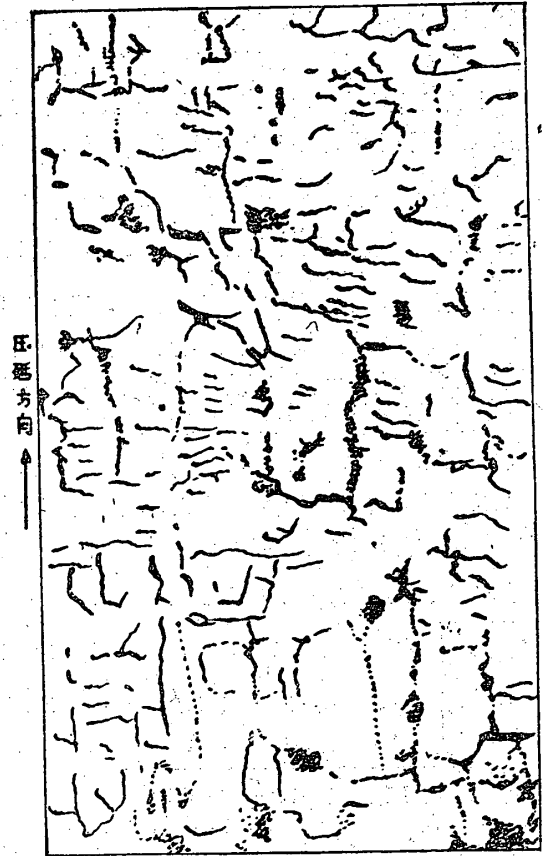
上述の板をシチズン時計株式會社で實際に切削して見て頂いた結果として、中間焼鈍温度が 800°C のものは脆い感があり、可削性の他に齒車に多少の強度を持たせなければならぬという實用條件を満たさないことがわかつた。

これらの事實を總括して、Pb を添加した黄銅板の被削性を良くするには、最終壓延の前の中間焼鈍温度は約 700°C が實用上最適であると考えられる。

ここで述べた熱處理を試料 A 及び B に施して得られた黄銅板の顯微鏡組織は第2圖 a 及び b の通りである。但し第2圖*は、すべて試料のロールをかけた(光澤のある)面を更にけん磨してから鹽化第二鐵及び鹽酸の溶液でエッチした場合の顯微鏡寫眞で、互いに平行な細かい線は磨き傷である。上下は壓延方向と一致する。これからわかるように、試料 A は主として α 相から成り、試料 B は α 相及び β' 相から成つてゐる。第2圖 b で示す試料を 600°C で2時間焼鈍すると、 α 相は再結晶をして極めて大きな結晶粒となるが、 β' 相は何等の變化もなく、依然として壓延方向に細長い方向性を示している。

第2圖 a は被削性のよい黄銅板の典型的な顯微鏡組

織を持つてゐる。即ち壓延方向と大體直角をなす方向に走る線があらわれている。そして、數は少いが、壓延方向と大體平行な線も存在し、これは壓延方向と直角のものよりも幾らか太いようである。これらの様子を圖型的に書くと第3圖の通りである。



X 160

第3圖 α 相だけの可削性黄銅板の顯微鏡寫眞(圖型的)の一例。

この壓延方向と直角の方向に走る細い線は外見がすり線 (slip band) とよく似ていて、その成因も恐らく類似のものであろうと想像されるが、すり線と根本的に違う點は、今度の場合の線は磨いてからエッチして始めてあらわれるという事實である。よく知られてい

* 第2圖の説明 上下が壓延方向。

- Cu 63 %, Pb 2.3 %, Zn 34.2 %. 中間焼鈍 800°C × 1 hr. 最終壓延度 80 %.
- Cu 61.5 %, Pb 1.4 %, Zn 37.1 %. 中間焼鈍 700°C × 1 hr. 最終壓延度 78 %.
- Cu 65 %, Pb 2.0 %, Sn 1.2 %, Fe 0.3 %, Zn 29.7 %. 中間焼鈍 400°C × 1 hr. 最終壓延度 60 %.
- 成分は c 圖と同じ。中間焼鈍 700°C × 1 hr. 最終壓延度 60 %.
- Cu 62 %, Pb 0.5 %, Sn 1.0 %, Fe 0.2 %, Zn 35.6 %. 中間焼鈍 700°C × 1 hr. 最終壓延度 61 %.

るように、迂り線はけん磨をすれば消失して、エッチしてもあらわれて来ないのが普通である。

第2圖 d は $\alpha + \beta'$ 相から成るので、 α 相の壓延方向に走る線は見えないが、壓延方向と直角の方向の皺のような形をした線はあらわれている。

Pb を添加しない場合には、 $\alpha + \beta'$ 相の黄銅板は α 相だけの黄銅板よりも明かに被削性が良好であるが⁽²⁾、Pb を添加した場合には、筆者の行なつた程度の試験ではその差異を確認することができなかつた。

2. Pb 及び Sn を添加した黄銅板

可削性黄銅板の成分としては、Pb を添加する他に、1.5% 以下の Sn を添加することがある。恐らく Sn は Cu に固溶して黄銅板の強度を増すものであろうけれど、Cu-Zn-Pb-Sn 系四元合金の状態圖が(筆者の知る範囲では)發表されていないので、Sn の役割をはつきり知ることができない。

ここで實驗に供した試料の成分は第2表の通りであつた。(但し試料 D は板厚約 1 mm の市販品であつた。)

第2表 Pb 及び Sn を添加した黄銅の試料

試料番號	Cu%	Pb%	Sn%	Fe%	Zn%
C	65	2.0	1.2	0.3	29.7
D*	62	0.5	1.0	0.2	35.6

* この他に Mn 0.7% を含む。(3)

Pb 及び Sn を添加した可削性黄銅板の場合にも、熱處理は Pb だけを添加した黄銅板と同じでよい。

第2圖 c, d は中間焼鈍温度を夫々 400°, 700°C として壓延した試料 C の顯微鏡寫眞である。第2圖 c の場合は、中間焼鈍温度が適當でないために、被削性が良好でないことは Pb だけを添加した黄銅板の場合と同様である。寫眞の中に白い小さな斑点があるが、それは顯微鏡で肉眼で見た場合は青色であつて、恐らく Pb であろうと考えられる。第2圖 d の場合は被削性が大體良好であつて、壓延方向と直角の方向の線が見えている。然し壓延方向の太い短かい線は極めて不明瞭である。

第2圖 e は試料 D に 700°C の中間焼鈍を 1 時間與えてから壓延したものの顯微鏡寫眞で、Cu-Zn-Pb の三元合金よりも複雑であることを示している。ここには壓延方向に切れ切れにつづいて、鹽化第二鐵の溶液によつては容易に腐蝕されない相が存在している。試料 D を熱處理して壓延したものについて東京

機器工業株式會社で實際に試験された結果は第3表の通りである。

第3表 試料 D の熱處理と被削性との關係 (壓延度はすべて 61%)

中間焼鈍温度	高速ベンチボールによる孔明	齒切盤による齒切
600°C	普通	抵抗大
650°C	稍々良	抵抗中位
700°C	良	抵抗小
750°C	良	抵抗極小

この表によれば、中間焼鈍温度は 700—750°C でよいことになる。

3. 結 語

以上述べた所をまとめると、Cu=65-60%、Pb=2-3%、Sn<1.5%、Zn=殘部の可削性黄銅を時計用齒車の材料に用ひる場合には、中間焼鈍温度を大體 700°C として、強度を損なわない程度に 78—82% の壓延度で壓延すればよい。そのような熱處理及び加工をしたときには、その顯微鏡組織は一般に、第2圖 c 又は d に似たものが得られる場合が多い。この熱處理はパネ板を作るときの熱處理とは全く反對のものである。

なお、可削性黄銅板と一口に云つても、用途によつて條件が違うから、その熱處理も異なるべきで、ここで報告した熱處理は時計用齒車の材料だけに通用するものである。なお、Sn 添加の影響については、目下の所、検討中である。

この研究に關して、シチズン時計株式會社の橋田武弘學兄に色々有益な示唆を頂き、又、東京機器工業株式會社時計課の小川磐課長に色々と實用試験を實施して頂いたことを茲に記して厚く感謝の意を表する。

この研究に要した費用の一部分は文部省科學研究費から支辨した。

文 獻 及 び 註

- (1) O. Bauer u. M. Hansen : ZS. f. Metallkde. 21 (1929), 145, 190.
- (2) W. B. Sallitt : Metal Ind. 55 (1939), 227. M. Cook and E. Davis : *ibid.* 241, 275. A. S. Kenneford : *ibid.* 269.
- (3) Mn は恐らく脱酸劑として添加したものであるが、Mn の添加は被削性を悪くするものである。