

### 等十三章　デュラルミンの疲労強度

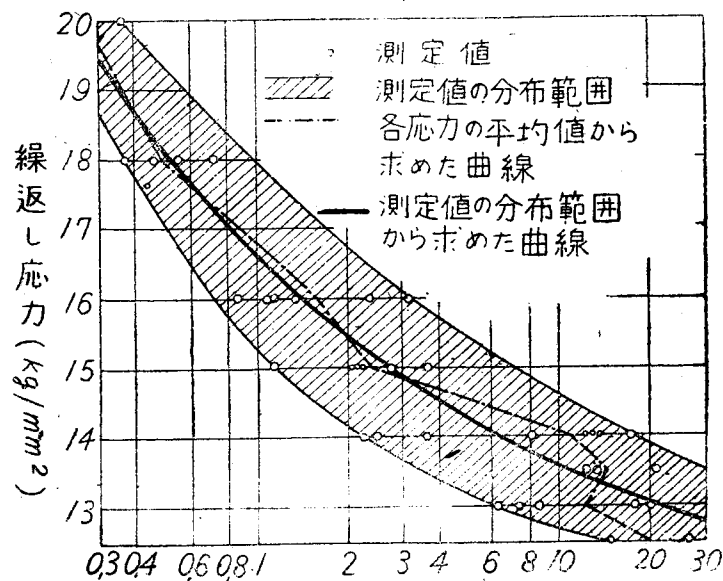
非鐵合金の疲労試験中に起る各種の現象は鋼程鮮明にされてゐない。鋼に於ては或荷重以下では、無限回数の振動を與へても破壊しない安全限界があつて、然もこの限界は鋼の場合では比較的少數の試験片で  $10 \times$  百萬回以内の荷重繰返し回数で決定出來、これ以上の荷重繰返し回数を與へても、安全限界より低下しないと云はれてゐる。鋼の安全限界はかくの如くに異議なく決定されるのであるが、非鐵合金の或物に就ては明瞭に求められない。就中ニッケル及びアルミニウム等を基とする合金に於ては、 $100 \times$  百萬回の繰返し數、或は  $1,000 \times$  百萬回の繰返し數を與へても安全限界は明瞭に求められない。従つて安全限界が果して存在するか否かも疑問である。何を以てアルミニウム合金の安全限界とすべきかの根本問題が起るのであるが、これに對し H. Westhoff<sup>(68)</sup> は次の如き考へを述べてゐる。

疲労強度を決定するに用ひた荷重繰返し回数に就て統一した規格を作り材料を實用するに當つて、必要な疲労強度を容易に決定出来る様にせねばならぬ。従つてそれが決定された荷重繰返し回数を云はずに、その材料の安全限界又は疲労強度を云々しても無意味である。アルミニウム合金に於ては完全な試験結果の曲線を提出し、その曲線から一定の荷重繰返し回数に於ける荷重を知ることが絶対に必要とされる。この際先づ使用される材料が實際に於て如何なる程度の繰返し回数をうけるかを知る必要がある。従つて材料を極度に使用するには時間強度だけが目安になるわけである。然らば如何なる方針のもとで疲労試験を行ひその強度を算出すべきであらう

か。これには Neuhausen の A-G. アルミニウム會社の方法<sup>(69)</sup>が最も實用に適してゐると述べてゐる。

この方法を簡単に要約すれば次の如くである。

各荷重毎に結晶粒の大きいさ、組成及び靜的諸強度を明かにし、且つ表面仕上げの充分な數個の試験片に就て實驗を行ひ、實驗値は第 143 圖の如く



第 143 圖 疲勞曲線の求め方

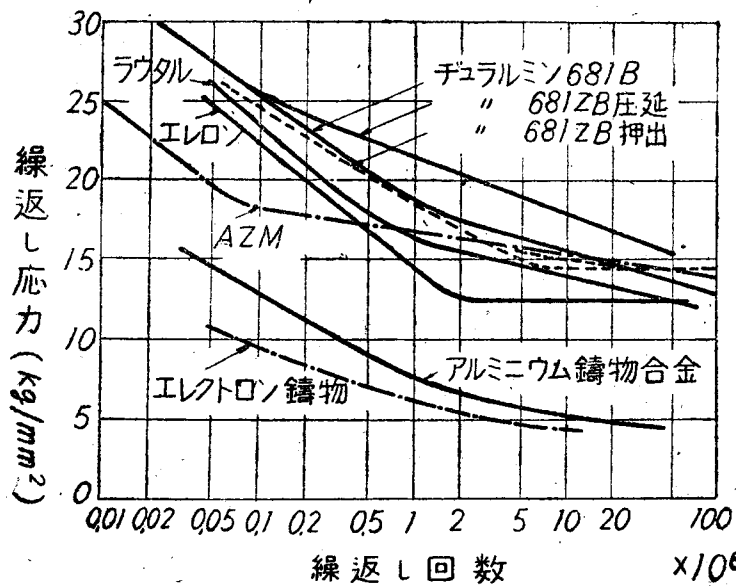
に半對數の座標を用ひて記入する。次にこれ等の實驗値のまばらになつてゐる範圍を各種の材料に就て比較することは困難であるから、各荷重に就ての數個の試験片の算術的平均値を求めて、これから疲勞曲線を描けば良いのであるが、曲線が不規則な形狀になり勝ちであるから、實驗値のちらばつてゐる範圍から先づ實驗値のちらばつてゐる面積の限界を設けて、それに依つて曲線を引けば良い。この曲線を引くには二つの方法がある。一つは各荷重に對するこの面積の兩限界の平均を求めて引く方法と、一定の振動數に於ける上述の面積の兩限界の算術平均から曲線を引く方法とがあるが、後者の方が精度が高い様である。

(a) 表面仕上の影響

良く研磨した試験片の結果に就て述べよう。この場合には細かい疵の影響及び腐蝕の影響はないものと考えて良い。K. Matthaes<sup>(70)</sup> は第 39 表に示した如き表面研磨済みのデュラルミン材に就て疲勞強度を測定し、その結果は第 144 圖の如くである。

第 39 表 使用デュラルミンの組成と静的強度

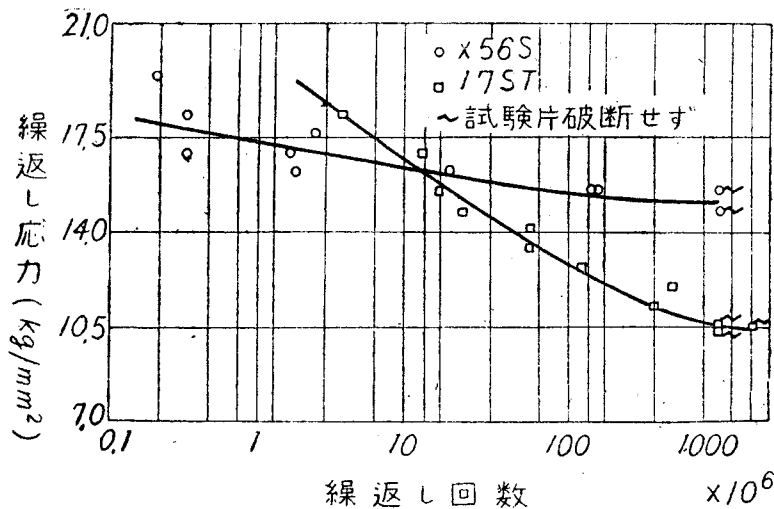
|        | デュラルミン<br>681B(プレス)     | デュラルミン<br>681ZB(プレス)    | デュラルミン<br>631B (壓延)     |
|--------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 銅      | 3.89%                   | 4.07%                   | 4.01%                   |
| マグネシウム | 0.54%                   | 0.72%                   | 0.74%                   |
| 満 俺    | 0.84%                   | 0.63%                   | 0.59%                   |
| 鐵      | 0.34%                   | 0.31%                   | 0.29%                   |
| 珪 素    | 0.36%                   | 0.38%                   | 0.39%                   |
| 抗 張 力  | 46.2 kg/mm <sup>2</sup> | 46.2 kg/mm <sup>2</sup> | 44.7 kg/mm <sup>2</sup> |
| 降 伏 點  | 31.8 kg/mm <sup>2</sup> | 33.6 kg/mm <sup>2</sup> | 26.5 kg/mm <sup>2</sup> |
| 伸      | 15.6%                   | 16.8%                   | 25.8%                   |
| ブリネル硬度 | 110                     | 112                     | 114                     |



第 144 圖 デュラルミンの疲勞強度

各合金は各々その曲線の横たはる高さが異り且つ種々の程度の屈曲を示してゐる。壓延材 681ZB が一番屈曲度が小さく Aeron (銅 4.28%, 満俺 0.81%, 鐵 0.53% 及び珪素 0.99%) が最も大きく屈曲點そのものが安全限界を示してゐる。注意すべき點は疲勞強度の最も小さいものが屈曲度が大で、疲勞強度が大になると屈曲度は小になる傾向が認められる。

R. Templin<sup>(71)</sup> は詳細な實驗を行ひ、少ない繰返し回数で疲勞強度を決定することの不都合であることを指摘した。第 145 圖はそれ等の關係を明



第 145 圖 疲勞強度と繰返し回数との關係

示したものである。圖に於て實驗を 7×百萬回以内の早期で中止すると急な傾斜をもつ曲線の方が、緩い傾きをもつ曲線より大きい疲勞強度を示すと云ふ不正の結果が得られる。圖の X56S (マグネシウム 5.7% を含むアルミニウム—マグネシウム合金) の曲線の傾きが小さいと云ふことは、例へば一時的に荷重が増加する場合 17S に比較して非常に鋭敏にその影響をうけることを示してゐる。結局これ等二つの曲線は 400~500×百萬回の繰返し回数後始めて定常關係を持ち合ふものである。第 40 表<sup>(72)</sup> は表面仕上と疲勞強度關係を求めた結果である。

第 40 表 表面仕上と疲勞強度との關係

| 材 料     | 表面仕上<br>方 法     | 疲勞強度<br>kg/mm <sup>2</sup> | 抗 張 力<br>kg/mm <sup>2</sup> | 降 伏 點<br>kg/mm <sup>2</sup> | 伸<br>% |
|---------|-----------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------|
| デュラルミン  | 標 準             | 13.5                       | 40.8                        | 25.1                        | 25     |
|         | 研 磨             | 13.8                       | —                           | —                           | —      |
|         | 荒 旋 削           | 13.8                       | —                           | —                           | —      |
|         | 極 上             | 14.5                       | —                           | —                           | —      |
|         | 砂 吹             | 15.0                       | 39.3                        | —                           | 25     |
| 超デュラルミン | 標 準             | 17.0                       | 48.7                        | 30.8                        | 24     |
|         | 研 磨             | 16.6                       | —                           | —                           | —      |
|         | 荒 旋 削           | 15.8                       | —                           | —                           | —      |
|         | 極 上             | 16.6                       | —                           | —                           | —      |
|         | 砂 吹             | 18.3                       | 49.0                        | —                           | 21     |
| 繰 返 し 數 | 10 <sup>7</sup> |                            |                             |                             |        |

研磨及び荒旋削仕上はデュラルミンには不適當である。砂吹きに依り表面は硬化され、抗張力は變化しないが伸は減少し、疲勞強度は高まる。

#### (b) 時効硬化の影響

屈曲疲勞試験に對する時効硬化の影響は、概して無關係であるとされてゐる。即ち J. B. Johnson 及び T. T. Oberg<sup>(73)</sup>等は時効硬化のために靜的引張り強度は 75 % 上るが、疲勞強度は 25 % しか増大しないとし、R. Templin<sup>(71)</sup>は 17S, 25S 及び 51S の諸合金に就て時効硬化と疲勞強度との關係を求めてゐる。

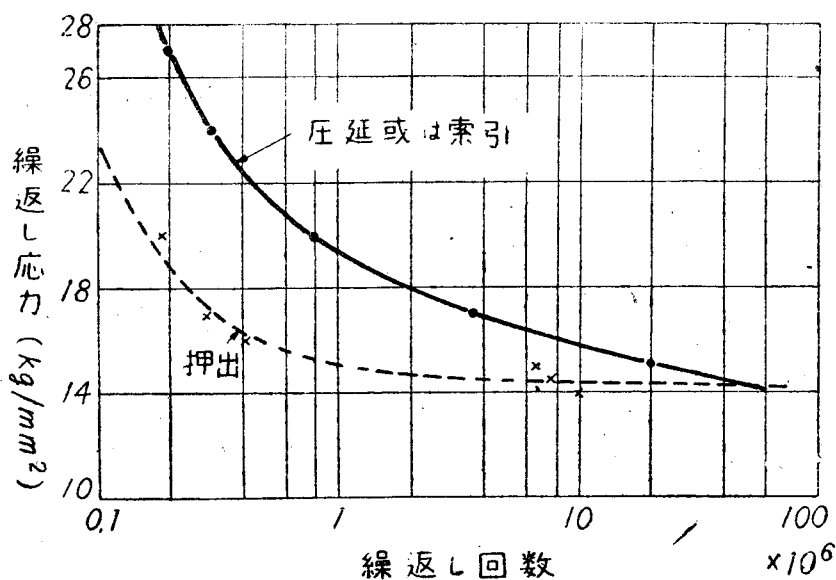
これに依ると常溫時効に依り疲勞強度は増大する結果が得られてゐる。

#### (c) 組織の影響

組織と疲勞強度との關係を求めた研究は皆無と云つて良い。然しながらデュラルミン系合金以外に就ては R. Irman の研究があるからそれ等の

結果に就て記述すれば次の如くである。これに依ると固溶體組織のものは不均一組織のもの比して疲勞強度が大である。銅—ニッケル合金で銅に最大量の溶解量 50 % のニッケルを含有せしめると疲勞強度は  $8\text{kg/mm}^2$  から  $22\text{kg/mm}^2$  になる。同様な關係がアルミニウム—マグネシウム合金にも認められる。アルミニウムにマグネシウムを 7 % を添加すると  $6\text{kg/mm}^2$  から  $16\text{kg/mm}^2$  に、又マグネシウムに 6 % にアルミニウムを添加すると  $6\text{kg/mm}^2$  から  $11\text{kg/mm}^2$  に夫々疲勞強度は増大する。これ等に關聯して結晶粒の大きい問題が考慮される。R. Templin<sup>71)</sup> は 17S に就ての研究で、結晶粒の大きいものでは  $500 \times$  百萬回で  $9.3\text{kg/mm}^2$  であるが、結晶粒の小さいものでは前同様の繰返し回数で  $11.4\text{kg/mm}^2$  の結果を得てゐる。要するに結晶粒が大きいと、結晶粒の小さいものに比して約 19% の疲勞強度が低下する。従つて疲勞試験を行ふ前に、試験片の結晶粒度の大小を調べて置く必要がある。

#### (d) 加工變形の影響



第 146 圖 疲勞強度と加工變形との關係

M. Bohner<sup>(74)</sup>は直径 220mm の丸棒から直径 22 mm 角棒に壓縮，同一素材から最初 90mm角棒に落し，500° の中間加熱後 22mm 角棒に壓延，さらにこれを 20mm 丸棒に引抜いた三種類の試験片をシエックの疲労試験機に依り疲労強度を求めてゐる。實驗結果は第 146 圖の如くである。

K. Bungardt<sup>(75)</sup> は DM31 に就て第 39 表に示す如き冷間加工を與へ，先づ靜的強度の變化を測定した後に疲労試験を行つてゐる。

第 41 表 冷間加工の靜的強度に及ぼす影響

| 加工方法 | 加工度<br>% | 試験片<br>採取位置 | 抗張力<br>kg/mm <sup>2</sup> | 降伏點<br>kg/mm <sup>2</sup> | 降伏點/<br>抗張力% | 伸<br>%  |
|------|----------|-------------|---------------------------|---------------------------|--------------|---------|
|      | なし       | 縦           | 47.4                      | 30.1                      | 63.5         | 22.0    |
|      |          | 横           | 47.2                      | 29.8                      | 63.5         | 22.0    |
| 壓 延  | 2.5      | 縦           | 46.2                      | 33.8                      | 73.0         | 16.8    |
|      |          | 横           | 45.6                      | 30.5                      | 67.0         | 16.3    |
|      | 5.0      | 縦           | 48.7                      | 38.6                      | 79.5         | 16.3    |
|      |          | 横           | 48.3                      | 36.0                      | 75.0         | 15.5    |
|      | 10.0     | 縦           | 50.4                      | 43.1                      | 86.0         | 14.1    |
|      |          | 横           | 51.1                      | 40.8                      | 80.0         | 13.4    |
|      | 20.0     | 縦           | 52.3                      | 45.8                      | 87.1         | 10.5    |
|      |          | 横           | 52.5                      | 42.7                      | 81.3         | 10.4    |
|      | 36.0     | 縦           | 55.3                      | 46.5                      | 83.0         | 8.3     |
|      |          | 横           | 54.8                      | 46.9                      | 85.0         | 9.1~8.6 |
|      | 2.4      | 縦           | 47.1                      | 37.6                      | 80.0         | 19.1    |
|      |          | 横           | 47.1                      | 32.5                      | 69.0         | 5.7     |
|      | 5.3      | 縦           | 48.9                      | 43.5                      | 89.2         | 15.9    |
|      |          | 横           | 48.4                      | 36.1                      | 75.0         | 4.4     |

第 40 表は冷間加工に依る疲労強度の變化を示す。表から明かな様に冷

間加工度が増すと疲労強度は大となる傾向が認められる。

第 42 表 冷間加工の疲労強度に及ぼす影響

| 加工方法 | 加工度<br>% | 疲労強度<br>kg/mm <sup>2</sup> |
|------|----------|----------------------------|
| 歴 延  | 2.5      | 13.1                       |
|      | 5.0      | 13.7                       |
|      | 10.0     | 17.1                       |
|      | 20.0     | 16.0                       |
|      | 36.0     | 16.2                       |
|      | 2.4      | 13.7                       |
|      | 5.3      | 15.0                       |

### (c) 荷重繰返速度の影響

疲労試験は極めて長時間に及ぶので、自然とこの期間を短縮し、然も實験に支障を起さぬ様種々の努力が行はれてゐる。先づ最初に考へられることは、毎分の荷重繰返し数を大きくすることである。

一般には毎分 2,000~3,500 回の荷重繰返し回数が採用されてゐる。A. v. Zeerleder<sup>(66)</sup>の報告に依ると普通の振動数の限界内、即ち毎分 1,000~8,000 回の繰返し数の範囲では、詳細な實験結果毎分の繰返し回数は少しも疲労強度に影響を與へぬと云てゐる。T. T. Oderg 及び J. B. Johnson<sup>(73)</sup>等は 17ST を毎分 3,450 回と 10,600 回の繰返し回数で實験し、各々の場合に 500×百萬回の繰返し回数に於て 9 kg/mm<sup>2</sup>と 10.5 kg/mm<sup>2</sup> の疲労強度を得てゐる。この結果に對して次の如き考察を與へてゐる。即ち毎分 10,600 回の繰返し回数での疲労強度の大きいのは、該試験片が毎分 3,450 回の繰返し回数の實験より一ヶ年経過したために常溫時効硬化に依り材質の強度が増加したのに基くものではなからうかと述べてゐる。要するに従來の研



究から毎分の繰返し回数は疲勞強度に大いした影響を與へないものと云へる。

#### (f) 試験片形状の影響

P. Ludwick<sup>(77)</sup>は試験片に丸溝及び帶狀溝を附して屈曲及び振り疲勞試験を行つてゐる。これに依るとデュラルミンの丸溝試験片に於て、 $10 \times$ 百萬回の荷重繰返し回数では焼鈍したものが、時効硬化せしめたものより、溝の影響に依る疲勞強度の減少が大で、且デュラルミンを焼入後常溫時効せしめたものは概して溝の影響を受けることが少いと報告してゐる。このことは屈曲及び振り兩疲勞試験に就て同様であつて、又帶狀溝に依つては疲勞強度の減少は丸溝に依るより著しいが、この傾向は振り疲勞試験に於ては屈曲疲勞試験に於ける程著しく現はれない。

#### (g) 腐蝕の影響

腐蝕が起ると腐蝕された金屬の膜が表面に出來、これを保護膜と稱するが、腐蝕疲勞試験に於てもこの保護膜が出來る。この膜は荷重繰返に依り試験片の表面と同様な運動が加えられる。かゝる條件のもとに於ける腐蝕の起り方は古くアルミニウムの單結晶に就て行はれてゐる。その結果に依ると腐蝕の起り方は少くとも三種類ある様である。第一は表面に一様に起る腐蝕、第二は二、三の場所に局部的に起る強い腐蝕、第三は上り線に沿つて起る腐蝕等の三つで、特に上り線に沿ふ腐蝕は試験片の表面に存在する上り線から發生し、その個所に腐蝕を進行せしめて材料破壊の原因をなすものである。

デュラルミン及び超デュラルミンに就ての實驗結果は第 41 表<sup>(78)</sup>の如くである。本實驗では予の腐蝕した試験片に就て疲勞強度を求めてゐる。尙疲勞強度に對する繰返し回数は  $10^7$  である。

第 43 表 腐蝕に依る疲勞強度の變化 (徑 25mm 押出棒)

| 浸漬日數<br>(日) | 材 質     | 腐蝕方法 | 抗 張 力<br>kg/mm <sup>2</sup> | 伸<br>% | 疲勞強度<br>kg/mm <sup>2</sup> |
|-------------|---------|------|-----------------------------|--------|----------------------------|
|             | デュラルミン  |      | 40.8                        | 26     | 13.5                       |
|             | 超デュラルミン |      | 48.7                        | 24     | 17.0                       |
| 20          | デュラルミン  | 1    | 41.0                        | 25     | 9.2                        |
|             |         | 2    | 40.6                        | 27     | 10.2                       |
|             |         | 3    | 40.9                        | 26     | 9.9                        |
|             | 超デュラルミン | 1    | 49.1                        | 23     | 12.0                       |
|             |         | 2    | 48.2                        | 24     | 12.3                       |
|             |         | 3    | 47.9                        | 23     | 12.1                       |
| 40          | デュラルミン  | 1    | 37.3                        | 24     | 8.2                        |
|             |         | 2    | 38.9                        | 26     | 9.5                        |
|             |         | 3    | 38.7                        | 25     | 8.7                        |
|             | 超デュラルミン | 1    | 49.0                        | 20     | 11.4                       |
|             |         | 2    | 49.9                        | 20     | 11.8                       |
|             |         | 3    | 49.9                        | 21     | 11.4                       |

試験方法 (1) は連続海水中に浸漬, (2) は海水中に浸漬後大氣中に放置すること隔日, (3) は海水中に浸漬, 大氣中に放置, 次に浸漬直前表面の生成物を機械的に除去することを隔日に繰返す。

デュラルミン及び超デュラルミンの機械的性質は, 短期間に於ても海水のために著しい影響をうける。材質内部への侵蝕は結晶粒の境界に沿ひて進行し, 疲勞に依る割れは蝕孔に始り結晶を横切て進む。腐蝕期間に對する疲勞強度の減少は最初急にして, 次第に緩慢となる。

腐蝕に依る疲勞強度の變化は重量並に他の機械的性質の變化に比して,

頗る明瞭で短期間の腐蝕試験結果は疲労強度の變化に良く現はれる。以上の如く腐蝕に依る疲労強度の低下は大きいから、この低下を防ぐために保護被覆物を塗布しての研究も行はれてゐる。I. G. Gerard 及び H. Sutton<sup>(79)</sup>等は種々の被覆物に就て實驗を行つてゐる。試験片に油脂を塗布しても腐蝕の影響を減することは出来ないのみか、疲労強度が却つて減少する傾向さへも認められる。鍍金に依る表面被覆に於てもカドミウム鍍金では大いした効果を示さない。これ等の被覆物は一回の繰返し荷重で試験片の表面から離れて何等効果を示さなかつたものと解釋される。然しながら亜鉛鍍金したものは甚だ有効であつたと述べてゐる。

#### (h) 表面處理の影響

表面處理は前項の腐蝕の問題と關聯性があつて、該處理に依て耐蝕性に富むものを得ようと試みられてゐる。チュラルミンの表面に電氣化學的方法で被膜を生成せしめて、耐蝕性を附與せしめた場合の疲労強度に及ぼす影響を調べることも大切な問題の一つであらう。先づこの目的に對してチュラルミンの表面に硬質クロム鍍金が H. Wiegand<sup>(80)</sup>に依て行はれ、繰返し回数  $10^6$  で疲労強度を求めてゐる。

試験片の機械的性質は次の如くである。

|     |                      |
|-----|----------------------|
| 抗張力 | 51kg/mm <sup>2</sup> |
| 降伏點 | 37kg/mm <sup>2</sup> |
| 伸   | 10%                  |

第 42 表は結果を示す。クロム鍍金に依り疲労強度は著しく低下する。この原因は鍍金の際の水素の吸収に依るためであるが、熱處理しても回復は望めない。又高温で使用される部分では、クロム鍍金した部分は熱膨脹係數の相違に依り、二次的の疲労破壊の危険がある。アルマイト處理は

關しては五十嵐及び深井兩氏<sup>(81)</sup>の研究がある。デユラルミン及び超デユラルミンにアルマイト處理を施すと、その疲勞強度、降伏點、抗張力及びアイゾット値は減少し、硬膜及びシャルピー値は増加する。特に疲勞強度に及ぼすアルマイト處理の影響を示せば第 45 表の如くである。

第 44 表 疲勞強度に及ぼすクローム鍍金の影響

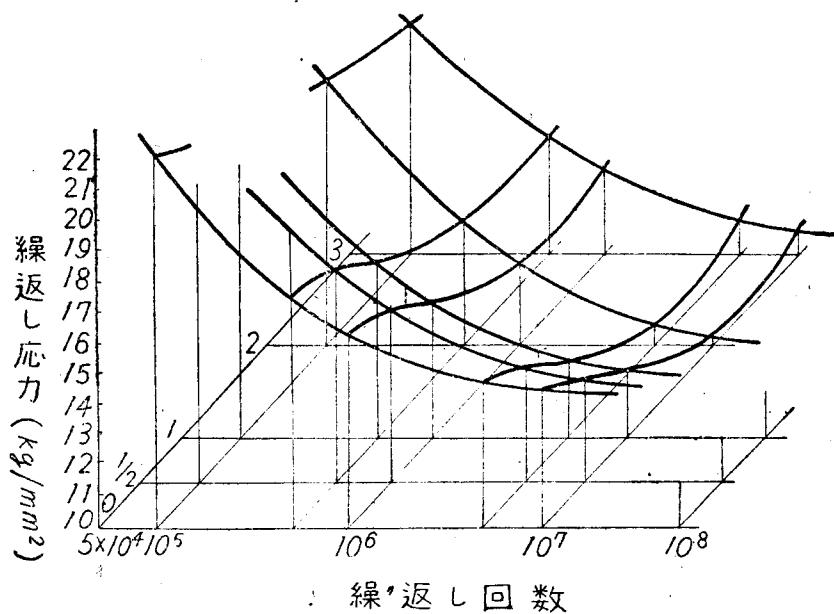
| クローム鍍金處理         | 熱 所 理    | 疲勞強度<br>kg/mm <sup>2</sup> |
|------------------|----------|----------------------------|
| クローム鍍金せず         | な し      | ± 14.5                     |
| 硬質クローム鍍金         | な し      | ± 11.5                     |
| クローム鍍金せず         | 170° 2時間 | ± 15.0                     |
| 硬質クローム鍍金         | 170° 2時間 | ± 12.5                     |
| クローム鍍金の厚さ 0.02mm |          |                            |

第 45 表 疲勞強度に及ぼすアルマイト處理の影響

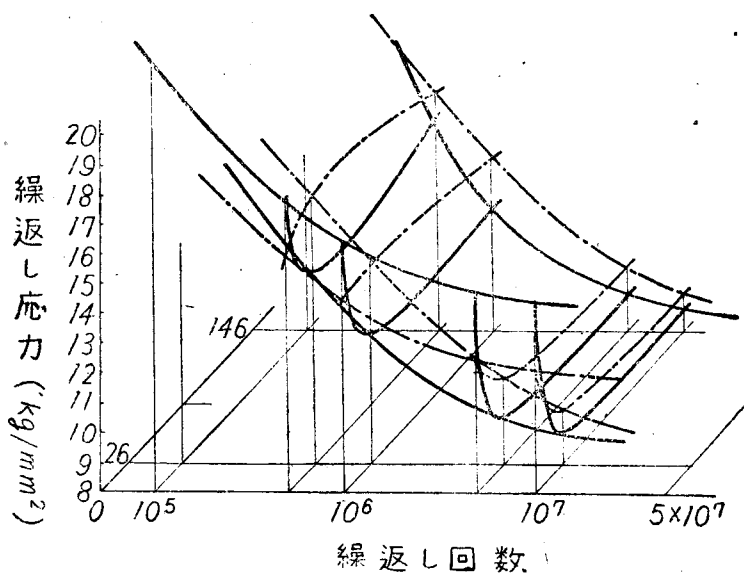
| 材 質     | 疲勞強度 kg/mm <sup>2</sup> |       |
|---------|-------------------------|-------|
|         | 處 理 前                   | 處 理 後 |
| デユラルミン  | 13.9                    | 12.2  |
| 超デユラルミン | 16.9                    | 14.9  |

アルマイトの厚さと疲勞強度との關係を示せば第 147 圖の如くで、疲勞強度は處理時間に比例して減少するが、處理時間が 3 時間になると略々一定となる。アルマイトの厚さは 1 時間で 1/100mm となり、それから後は處理時間の増加に比例して厚くはなるが、増加の割合は減少して 3 時間處理で 17/1000 mm となる。第 148 圖は耐腐蝕疲勞性に及ぼすアルマイトの影響を示すものである。

同一期間の腐蝕に對して處理した試験片は處理しない試験片に比して蝕孔の數少く、又腐蝕期間の増加に依る蝕孔の増加の割合も極めて低い。疲



第 147 圖 疲労強度とアルマイトの厚さの関係



第 148 圖 腐蝕疲労強度に及ぼすアルマイト処理の影響

疲労強度の減少率は処理した試験片の減少率は処理しない試験片に比して非常に小さく、処理のために起る減少率を加算しても尚処理したものが優秀な結果を示してゐる。

## 第十四章 チュラルミンの點熔接

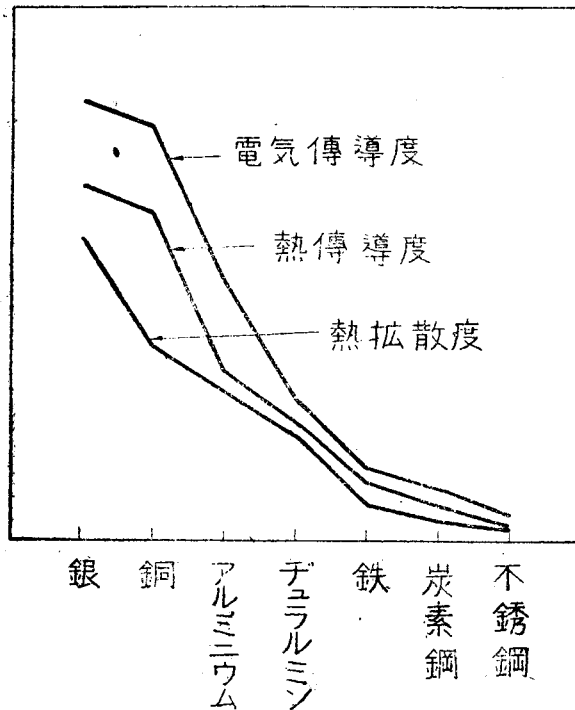
最近に至つては抵抗熔接法を使用する方が、銲接よりも製作費も少く組立速度も早いと云ふ利點が認められ、全金屬製機體の製作に抵抗熔接の利用が有望視されるに至つたのである。然しながらアルミニウム合金は冶金的及び物理的の諸性質が他の金屬と相違するから技術的に、或は設備に充分の注意を拂はなければならぬ。點熔接に於て考慮を拂ふべき諸點を列擧すれば次の如くである。

- a) 熔 接 電 流
- b) 熔 接 時 間
- c) 電極に加ふべき壓力
- d) 電 極 の 形 狀
- e) 被熔接面の状態
- f) 被熔接材の厚さ
- g) 母材の組成及び熱處理状態

等であつて、この内の一つが變化しても強さは變化するものであるが、これ等變數の強度に及ぼす影響を決定すれば、保證度も熔接強度も充分なものが得られるわけである。以上の七項目の内熔接装置に關する變數は、熔接電流、熔接時間、電極に加ふべき壓力及び電極の形狀等で、母材に關する變數は、被熔接面の状態、被熔接材の厚さ及び母材の組成と熱處理状態等である。

(1) デュラルミンの熔接性

一般に熔接に密接な関係のある性質は、第一に電気傳導度、第二は熱擴散度である。各材料に就ての電気傳導度、熱擴散度及び熱傳導度の關係を示せば第 149 圖<sup>(82)</sup>の如くである。鐵に比してアルミニウム及びデュラル

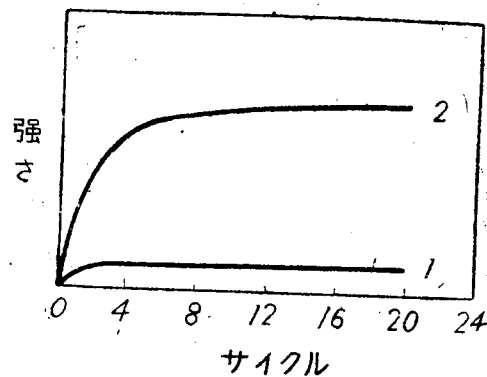


第 149 圖 各材質の電気傳導度、熱傳導度及び熱擴散度の關係

ミンの電気傳導度及び熱傳導度が著しく大きい。デュラルミンの電気傳導度は大きいから、鐵及び鐵合金に對する熔接條件では發熱が不足で熔接は不可能である。又熱擴散度が大きいから發熱時間を長くしても熔接部の溫度は母材に傳導する方が多くて熔接は行はれない結果となる。以上のことからデュラルミンの抵抗熔接に於ては板の厚さ及び材質の種類に依つて異なるも、短時間に最大電流を通することが必要な條件である。

## (2) 電流通過時間の影響

アルミニウム合金は通常 60 サイクルの交流電源を用いた場合 30 サイクル以内の短時間で熔接されるが、この時間は母材の厚さに関係する。超デュラルミン合せ鋼に就ての電流通過時間と強さとの関係は第 150 圖<sup>(83)</sup>の如くで、時間を増すと強さは急激に増加するも、或點で略々一定となりそれ以上時間を増しても強さは増加しない。その他の條件は次の如くである。



第 150 圖 超デュラルミン合せ鋼の強さと電流通過時間

### 曲 線 (1)

- a) 厚さ 0.5mm
- b) 熔接電流 9,200A
- c) 電極壓力 90kg

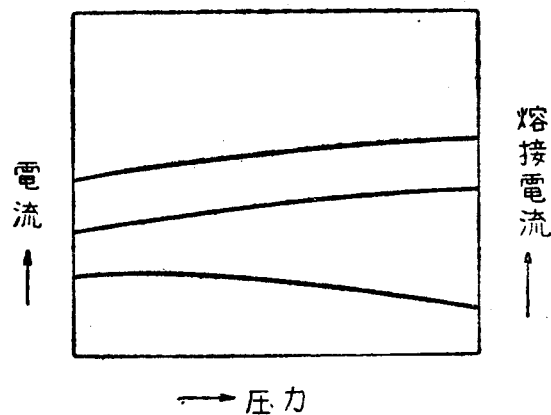
### 曲 線 (2)

- a) 厚さ 1.3mm
- b) 熔接電流 25,400A
- c) 電極壓力 360kg



### (3) 熔接電流及び電極壓力の影響

デュラルミンの點熔接に於て良好な結果を得るためには、熔接電流と電極壓力とを適當に組合せなければならぬ。一方熔接部の強さを決定する主要な點は電流であつて、壓力の方は強さにも影響を與へるが、特に熔接部の外觀と組織に著しい影響を與へる。第 151 圖<sup>(83)</sup>に於て熔接電流が比較



第 151 圖 剪斷應力、壓力及熔接電流との關係

的小さいときは、壓力の増加と共に強さは減少するが、電流が大きくなると壓力の増加に依て強さも幾分増加する傾向がある。熔接電流の或範圍では、強さ及び壓力との間に一定の所があつて、最も良好な結果が得られるのはこの範圍である。

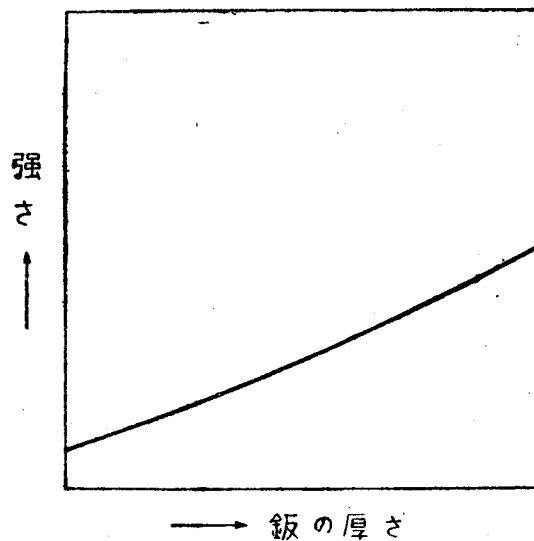
熔接部の外觀には前述の如くに電極壓力が影響する。熔接電流を小にして壓力を大にすると熔接部の仕上りは立派であるが、強さが減少する傾向がある。電流及び壓力を適當に調節して熔接部の鑄物狀組織が、鋁の表面に現はれないことが必要である。

熔接用電極の先端は電氣傳導度の關係から銅合金が廣く用ひられ、その組成は銅にカドミウム 1%内外を添加したものが多い。熔接を行つてゐる

と母材のアルミニウムが電極に附着して来る。この附着の起る原因は電極と鋸との接觸點に於ける部分的發熱に基くもので、鑄造組織が表面に現はれぬときでも、この現象は起るものである。この傾向は熔接の回數が増すと益々甚しくなる。アルミニウムの附着は電流の最初の半波に於て、接觸面積が極めて小さく、電流密度が大きいため生ずる現象で、壓力を増すか、或は熔接電流を減少すれば、或程度の附着は防止出来るも、熔接部分の強さを低下せしめる懼れがある。電極が汚れると電氣傳導度及び熱擴散度を減じ、汚れは加速度的に大となり、終りには爆發的電弧發生の現象を起すし、一方鋸に汚れが発生して耐蝕性を減ずるから 20~30 點に一回毎に細い研磨紙で清淨にする必要がある。

#### (4) 鋸の厚さの影響

第 152 圖 (83) は電極端、熔接時間及び熔接電流を一定にした場合の超チユラルミン合せ鋸の厚さと強さとの關係を示すものである。鋸の厚さが増



第 152 圖 超チユラルミンの合せ鋸の厚さと強さとの關係

すと強さが増大する。熔接される鋁の厚さが薄いと、厚いものに比して電流密度が大で、その部分の單位體積當りの發熱は多くなつて表面に鑄物組織が発生する。従つてこれを防止するには、電極壓力を大にするか、或は電極端を平端にする。實際問題として鋁の厚さの相違するものを熔接する場合も起り得るので、かゝる場合には電極の形狀を變へるか、或は電極の材質を變へるかの二つの方法が考へられてゐる。即ち厚鋁の方には平端な電極を用ひ、その材質は電氣傳導度及び熱擴散度大きい合金を使用して、厚鋁の方の發熱を廣範圍に分散し、且つ電極及び母材への冷却作用を促進して、熔接部の面積を増大せしむることも一つの對策である。

#### (5) Weibel 法

點熔接法とは別に、デュラルミンの薄鋁の熔接に使用される方法である。この方法は瓦斯熔接方法でもなく、又抵抗熔接方法にも屬さないもので、特に厚さ 0.2~1.5mm 鋁の熔接に適すると云はれてゐる。熔接用具は低壓の交流を通ずる二つの炭素電極より出來て居り、この兩電極は熔接開始前に短絡せしめて赤熱に加熱し、然る後に熔接せんとする部分に沿ひて移動せしめる。被熔接部は瓦斯熔接の場合と同様に、その縁を豫め折り曲げて置く。熔接電壓は 4~8v であるから電孤の發生は認められない。従つて母材は主に加熱された電極に依て熔融され、熔けた部分は瓦斯熔接の如く繼目に向つて流込む機構の熔接法である。電極の直徑は 14mm で、内側に於て 3mm ばかり平端になつてゐて、兩電極の角度は約 20° である。二次回路に於て材料を狭めずに、電極を短絡せしめて生ずる電流は 50~225A であるが、實際操業に於ては電流は約二倍になつてゐる。この方法で得た熔接部分の強度は極めて良好で、且熔接部分の耐蝕性も瓦斯熔

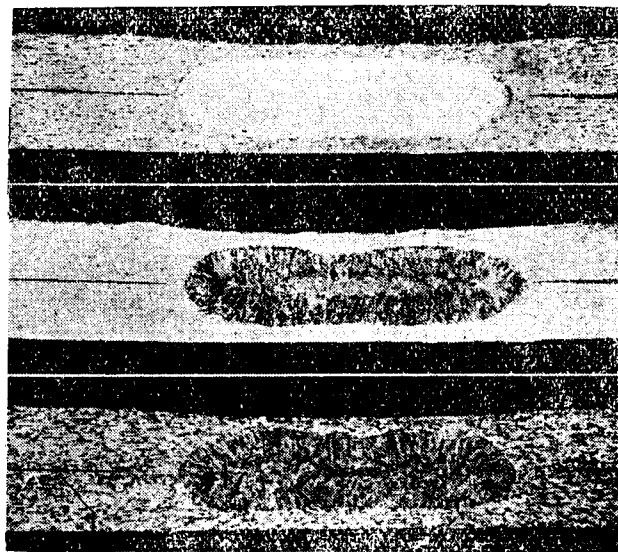
接の場合と大體同様であると報告されてゐる。

### (6) 材質に及ぼす影響

第44表<sup>(84)</sup>は瓦斯熔接に依る場合の結果であるが、熔接に依り抗張力は約20%前後低下するが、再熱處理に依り略々熔接前の抗張力に回復する。腐蝕試験に於ても再熱處理に依て耐蝕性は改善される。熔接部分の組織は第153圖<sup>(85)</sup>の如くで、圖の上部は熔接のままの組織で腐蝕すると中央の如くなる。さらに500°に加熱すると母材と略々同様な組織を呈して來る。

第46表 デュラルミンの材質に及ぼす影響

| 合 金            | 供給状態 | 熔接せぬもの                    |        | 熔接状態の抗張力kg/mm <sup>2</sup> |      |
|----------------|------|---------------------------|--------|----------------------------|------|
|                |      | 抗張力<br>kg/mm <sup>2</sup> | 伸<br>% | そのまま                       | 再熱處理 |
| デュラルミン         | 熱處理  | 44.7                      | 16.9   | 34.8                       | 43.5 |
| デュラルミン<br>合せ 鋳 | 熱處理  | 43.3                      | 17.4   | 32.5                       | 43.0 |



第 153 圖

組織の變化する範圍は熔接方法で相違するが、變化した組織の範圍が小さい程、その部分に電位差に依る腐蝕が集中されるものと想はれるから、點熔接の場合には特に注意を要するわけである。

## 第十五章 デュラルミンの機械加工

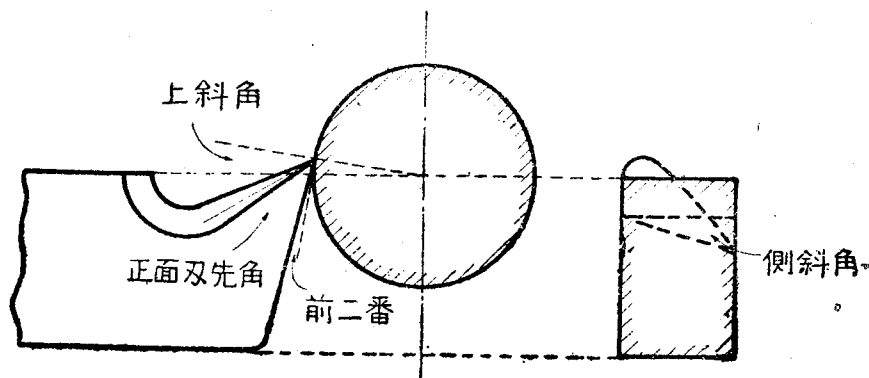
アルミニウム合金の機械加工性に及ぼす主要な点を挙げると次の如くである。

- (a) 穿孔に對する抵抗が低いこと。
- (b) 弾性率が  $7,000\text{kg/mm}^2$  内外で、摩擦係数が比較的高い。
- (c) 熱傳導度が高く膨脹係數が大きい。
- (d) 衝撃値が比較的低い。

以上の諸點から考へて木材切削に使用される工具がアルミニウム合金には適すると云へる。機械加工すべき合金の硬度と刃先角との關係は第47表の如くである。上斜角、正面刃先角及び側斜角の關係を圖示すれば、第

第 47 表 硬度と刃先角との關係

| ブリネル<br>硬 度 | 上 斜 角<br>a | 正面刃先面<br>b | 前 二 番<br>c | 側 斜 角  |
|-------------|------------|------------|------------|--------|
| <50         | 45~54°     | 30~35°     | 6~10°      | 10~20° |
| 50~80       | 35~49°     | 35~45°     | 6~10°      | 10~20° |
| >80         | 30~39°     | 45~50°     | 6~10°      | 10~20° |



第 154 圖

154 圖の如くである。

焼入時効した合金の加工性は良好となるが、幾分工具の寿命は悪くなる。これに反し熱処理を行はない合金の切削抵抗は少ないが、粗面になり易い。

工具の摩耗に影響する条件は、切削速度、工具の形状、合金の種類、冷却及び潤滑剤の効率、工具の材質等である。アルミニウム合金では切削速度は非常に速く、鑄鐵の仕上時間に比較すると 1/5 程度に短縮出来る。第 48 表に切削速度を示す。

第 48 表 切 削 速 度

|           | 切 削 速 度<br>m/min |
|-----------|------------------|
| フライス盤 粗 削 | 400~1,200        |
| 仕 上       | 600~1,700        |
| 旋 盤 粗 削   | 200~ 500         |
| 仕 上       | 600~1,200        |
| 鋸 盤       | 2,000~4,000      |
| ボール盤 シグなし | 200~ 400         |
| シグあり      | 100~ 200         |
| リ - マ     | 20~ 60           |
| 中 ぐ り     | 30~ 50           |
| ね ぢ 切     | 10~ 40           |

双先角を 54° 以上になると切込みが深くなつて、切屑が汚くなるし、被加工材が硬い様に作用して疵の原因となるから、双先角は 54° 以下の場合が普通である。然しながら作業の都合上双先角を 54° 以上にする場合には、炭化タングステンでチツプしたものを使用する。この炭化物工具は一般に脆いから双先角を 65° より小さくしてはいかぬ。双物先端の表面、ドリル、

リーマ、ミリングカッター等の溝は良く磨いて屑は逃げ易いことが大切で、特に硬い合金を削る場合には潤滑剤を使用する。切削剤の主なる要素は工具の先端を長く保護すると共に、表面仕上げを高級にすることである。切削剤は潤滑及び冷却の二つの効果を兼ねるもので、石鹼水、パラフィン油及びパラフィン油とラード油との混合物が使用される。特に優秀な仕上面を必要とする場合には加里石鹼とアルコールとの混合物を約 40 %の水で稀釋したものが良いと云はれてゐる。

#### ミリング用工具

ミリングカッターの最も適當な型は植齒式のものである。この式のものゝは切削速度が大きいこと、又正しい切削角度を保たしめ得る利點がある。

又圓筒型ミリング工具では  $20\sim 40^\circ$  の螺旋齒のものを使用すると、これが側斜角となつて、切削の逃げを良くする。この螺旋齒の軸に對する推進力を減ずるために反對方向に作用する二個のカッターを組合せて使用する場合もある。

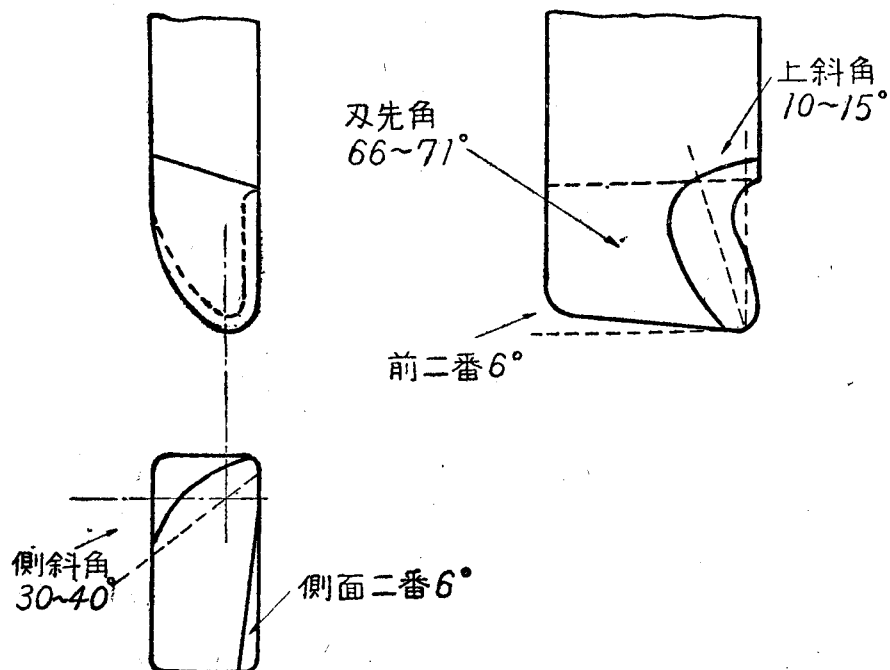
#### 旋盤用工具

旋盤用工具としては高速度鋼、或はウイデア等のものが適し、双先の形狀から見れば荒仕上げ及び仕上げにも双先の丸くなつたものが良い。幅の廣い工具を用ふる場合に上斜角を大きくとると、ガタを生じ、これと反對に上斜角を全然なくすると切削速度が減少する。第 155 圖にアルミニウム合金に適した工具の形狀を示す。

#### 型削盤及び平削盤用工具

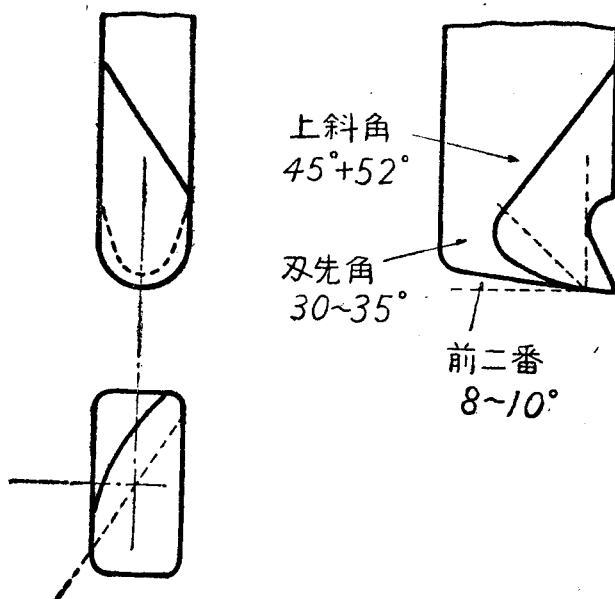
大體旋盤用工具と同様であるが、旋盤用工具より側斜角が大きい。荒仕上げ用の工具はその側面で多くの切削りをなすものであつて、第 156 圖に示す様に先の丸い形のものである。仕上げ用工具は強靱である必要はない





第 155 圖

ので、上斜角及び側斜角を大にすることが出来る。これ等の角度が大きくなると、破損し易くなるから戻り行程の際充分な注意が必要となる。



第 156 圖

### タツピング及びネヂ切り用工具

鋼或は眞鍮用のタツプは上斜角がないから、アルミニウム合金には絶対に不適當で、適當なタツプは $40\sim 45^\circ$ の切削角度をもつものが良い。山の反対側はタツプを戻すときのつまりを避けるために、圓弧状か、切込みをつける。匠線溝タツプは効果的で、適當な斜面角を與へることが出来る。ダイスの場合も同様で切削面に上斜角をつけ、反対側は圓弧状とするのが良い結果を與へる。

### ドリル及びリーマ工具

穿孔は普通の方法で良いが、高速度回轉のものが必要とされる。ポイントアングルは鋼の場合よりも大きく、 $130\sim 140^\circ$ とすべきで、送りも2~3倍にとる。同一消費の馬力に對して鋼の3~4倍の容積を送り得るが、常に冷却及び潤滑劑を必要とする。リーマは匠線溝型のものが良く、材質は他の場合と異り炭素鋼が最適のものであると云はれてゐる。

### 鋸 及 び 鑿

鋸は交互にふりかへた齒で上斜角 $15\sim 25^\circ$ のものが適し、上斜角が大きいから確實な送り装置が必要である。鋸及び切斷面の小さいものに對しては高速度の帶鋸、又は丸鋸が使用され、大きな押出棒、鍛造品及び鑄物には低速度の丸鋸が一般に使用される。何れの場合にも切削劑を使用し、齒は凡て荒いものが良い。

鑿は細目のものは不適當で、大きな滑らかな機械切りの齒をもつ特殊な鑿が必要である。目つまりは20%の苛性曹達の温水溶液中に浸して取除く。

參 考 文 獻

- (1) 水谷, 橋本, アルミニウム, 1 (1941), 41.
- (2) 山口, 金相學
- (3) Jh. Rummel. W. Esmarch, K. Beuther, Metallwirt., 46 (1940), 1029.
- (4) W. Meiligenstaedt, Z. Metallk., 31 (1939), 209.
- (5) 大日方, 日本金屬學會誌, 6 (1942), 318.
- (6) E. R. Mort, Metal Jnd., 58 (1941), 522.
- (7) 山口, 太田, 日本金屬學會誌, 6 (1942), 5.
- (8) 森永, 須田, 日本金屬學會誌, 7 (1943), 114.
- (9) G. Tamman, Z. Metallk., 21 (1929), 277.
- (10) 橋口, 日本金屬學會誌, 6 (1942), 67.
- (11) W. Claus, Metallwirt., 16 (1937), 917.
- (12) P. Brenner, W. Roth. Z. Metallk., 32 (1940), 10.
- (13) 田邊, 東海林, 鑄物, 12 (1941), 383.
- (14) W. Roth, Z. Metallk., 33 (1951), 13.
- (15) A. v. Zeerleder, Technologie des Aluminium u. seiner Legierungen, (1938).
- (17) 五十嵐, 小玉, 住友報告, 4 (1941), 335.
- (18) 大日方, 森永, 日本鑛業會誌, 57 (1941), 473.
- (19) 森永, 未發表
- (20) M. Hansen, G. Moritz, Aluminium., 23 (1941), 14.