超降伏域即ち $r_j < r < r_0 (=1 \text{ cm})$ における應力は公式 (54) 及び (55) にて $\tau_z' = \alpha r$ とすれば次の如く示される。

$$\tau_z' = \frac{\alpha r}{2a} \left(1 - \frac{\varepsilon_k - a\sigma_k}{\sqrt{\varepsilon_x'^2 + \alpha^2 r^2}} \right) = \frac{3}{62} \times 10^4 r \left(1 + \frac{4.2}{\sqrt{1+9r^2}} \right) \quad (72)$$

$$\sigma_x' = \frac{\varepsilon_x'}{a} \left(1 - \frac{\varepsilon_k - a\sigma_k}{\sqrt{\varepsilon_x'^2 + \alpha^2 r^2}} \right) = \frac{1}{31} \times 10^4 \left(1 + \frac{4.2}{\sqrt{1+9r^2}} \right) \quad (73)$$

又 振りモーメント M_t と引張力 P とを求めると次の如くである。

$$\begin{aligned} M_t &= \int_0^{r_j} 2\pi r^2 \tau_z dr + \int_{r_j}^{r_0} 2\pi r^2 \tau_z' dr \\ &= \int_0^{0.5773} \frac{2\pi \times 3000 r^3 dr}{\sqrt{1+9r^2}} + \int_{0.5773}^1 \frac{3\pi}{31} \\ &\quad \times 10^4 r^3 \left(1 + \frac{4.2}{\sqrt{1+9r^2}} \right) dr = 2044.1 \text{ kg-cm} \end{aligned} \quad (74)$$

$$P = \int_0^{r_j} 2\pi r \sigma_x dr + \int_{r_j}^{r_0} 2\pi r \sigma_x' dr$$

$$\begin{aligned} &= \int_0^{0.5773} \frac{4000 \pi r dr}{\sqrt{1+9r^2}} + \int_{0.5773}^1 \frac{2\pi}{31} \times 10^4 r \left(1 + \frac{4.2}{\sqrt{1+9r^2}} \right) \\ &= 3171.25 \text{ kg} \end{aligned} \quad (75)$$

第 7 図は應力 τ_z と σ_x の分布状態を示す。

6. 結 び

本文には 振り と軸方向の引張を受ける軟鋼円棒の塑性変形状態を述べてあるが、筆者の主眼とする処は寧ろその予備計算法である。塑性変形が生ずるときに主應力の方向が一定しない場合には、如何にして問題を解くかといふことが未だ発表されてゐない。それが本文の前半に説かれてあつて、これを用ふれば、未解決の塑性問題が多く解かれることと思ふ。

(昭和 14 年 10 月 11 日受付)

第 7 図

高力アルミニウム合金の疲強度に及す アルマイトの影響に就て⁽¹⁾

(昭和 14 年 9 月 27 日 第 358 回講演會に於て講演)

正 員 五十嵐 勇⁽²⁾ 准 員 深井 誠吉⁽³⁾

1. 緒 言

航空機材として最も重要な地位を占める アルミニウム合金は腐蝕に対して非常に弱い。純アルミニウムが大气中で酸化される事は周知の如くであるが、純アルミニウムに他の種々なる元素を添加して デュラルミン、超デュラルミン及び ESD の様な強力合金になると腐蝕の影響は益々少くなるから強力合金の研究と防蝕の研究は離す事の出来ない問題である。さ

て、アルミニウム合金の防蝕法としては種々なる方法があるが、これを大別すると純化学的方法によるものと電気化学的方法(別名陽極酸化法)の二つになり、その中で比較的に実

用化されてゐるのは後者であるが、一般に陽極酸化法に依て処理した アルミニウム合金の表面は酸化皮膜の生成に依て腐蝕液との接触を断たれる以外に酸化皮膜を着色する事によつて美化される長所を持ち、更に酸化皮膜が非常に硬いため耐摩耗性を増すと謂はれる。

筆者等は軽合金材料の製作に従事する者であるが、陽極酸化皮膜の生成が表面硬度を増加する点に注目し、その硬化のために 曲げ による疲強度を増加するならば、陽極酸化処理

は防蝕と疲強度に好影響を與へるであらうと考へて本研究に着手した次第である。

2. デュラルミン、超デュラルミン及び 25 S の疲強度に及すアルマイトの影響に就て

第 1 表 試材の化学的成分、熱処理及び機械的諸性質

試 材	化学的成分					熱 処 理	耐力 (0.2) kg/mm ²	引張 強さ kg/mm ²	伸 %	硬 度
	Cu	Mn	Mg	Fe	Si					
デュラルミン	3.76	0.46	0.40	0.44	0.33	500°C W.Q.A.	25.1	42.4	23	125
超デュラルミン	4.30	0.58	1.31	0.36	0.18	495°C W.Q.A.	29.1	47.8	22	133
25 S	4.43	0.80	—	0.35	0.84	520°C—W.Q. 150°C—24hT.	22.6	38.1	23	122

W.Q.A. は焼入、時効、T. は焼戻、引張試片の $d=10 \text{ mm}$

G.L. = $4\sqrt{A} \approx 35 \text{ mm}$, 硬度はヴィカース硬度 (5 kg)

(1) On The Influence of Almite Treatment on Fatigue Strength of Some Aluminium Alloys. (2) Isamu IGARASHI, Member, The Research Laboratory of Copper Works of Sumitomo Metal Industries. 住友金属工業会社銅研究所研究部。
(3) Seikiti FUKAI, Associate Member, The Research Laboratory of Copper Works of Sumitomo Metal Industries. 住友金属工業会社銅研究所研究部。

1. 試材 鍛造用アルミニウム合金を研究の対象としてデュラルミン、超デュラルミン及び 25S の 3 種を選択した。何れも $18\phi \times 4000$ 抽伸棒で、その化学的成分、熱処理並に機械的諸性質は第 1 表に示す。

[第 6 卷 第 22 号 (第 1 部)]

2. 試験方法 先づ上記の試験材料から引張試験片、硬度試験片、シャルピー 及び アイゾット試験片、及び小野式曲げ疲試験片を採取した。但し小野式試験片の形状は標準形状

とした⁽⁴⁾。而してこれ等の試験片はその表面を出来得る限り丁寧に仕上げた後、その全重量と大きさを測定した。陽極酸化処理法としては理研アルマイト法により、その処理条件は下に示す。即ち

第2表 アルマイトによる試片寸法及び重量の変化

試 材	寸 法 の 変 化				重 量 の 変 化			
	処理前 mm	処理後 mm	差 mm	変化率 %	処理前 g	処理後 g	差 g	変化率 %
デュラルミン	9.997	10.003	+0.006	+0.06	61.427	61.594	+0.167	+0.27
超デュラルミン	9.986	9.990	+0.004	+0.04	62.249	62.284	+0.035	+0.056
25 S	9.986	9.991	+0.005	+0.05	63.065	63.077	+0.012	+0.019

処理方法	理研アルマイト法
酸濃度	約 3%
電 流	D.C 及び A.C 半分 宛合計 130A/m ²
電 圧	D.C—28~30 V A.C—85~90 V
液 温	22~25°C
液中保持時間	1 h
水 洗	30°C 温水にて 20 mm
蒸気処理	3 atm にて 約 20mm
表面に	バフ はかけぬ。

第3表 疲 試 験 結 果

試 片 マ ー ク	平 行 部 径 mm	最大繰返應力 ±kg/mm ²	繰返回数	摘 要
--------------	---------------	-------------------------------	------	-----

(a) デュラルミン (処理しないもの)

D—2	9.920	22	115 000	未 断
3	9.985~9.990	20	447 400	
1	9.980	17	1 382 500	
5	9.970	15	4 594 100	
4	9.980	14	9 004 200	
7	9.980~9.985	13.5	16 500 300	

(b) 同 上 (処理したもの)

d—6	9.980	22	95 900	未 断
2	9.985~9.990	20	206 000	
1	"	18	241 100	
4	9.980	16	609 900	
3	9.985~9.990	14	1 323 200	
7	10.000~10.005	13	2 837 600	
5	9.970	12	13 005 500	

(c) 超デュラルミン (処理しないもの)

T—7	9.990	26	200 300	未 断
4	9.990~10.000	24	397 600	
1	9.990~9.995	22	785 700	
8	9.990	21	961 100	
6	10.000	20	1 563 400	
2	10.010	19	3 865 500	
5	9.990~9.995	18	5 300 600	
3	9.970~9.985	17	10 835 500	
9	10.000	16	15 578 000	

(d) 同 上 (処理したもの)

t—1	10.000	26	89 000	未 断
2	9.990	24	154 000	
3	9.980	22	300 700	
4	9.980	21	345 600	
6	9.990	20	791 100	
5	10.010	19	792 700	
7	9.990	18	1 830 800	
8	9.980	17	2 012 500	
9	9.990	16	5 007 700	
10	9.980	15	9 453 900	

(e) アルミニウム合金 R₂ (処理しないもの)

R—10	10.010~10.015	22	197 100	未 断
15	10.000~10.005	20	334 400	
13	9.995~10.000	18	974 800	
12	10.005~10.010	18	1 279 400	
11	10.000	16	2 457 800	
16	10.015	14	13 849 200	

(f) 同 上 (処理したもの)

r—4	10.000	20	237 400	未 断
6	"	18	382 100	
5	"	16	1 018 700	
1	"	15	2 323 700	
2	9.990	14	4 915 700	
3	10.000	13	8 107 700	
7	9.985	12.5	12 500 200	

各試片は上記の処理をした後再び重量及び寸法を測定し、然る後小野式疲試験片及び引張試験片はその掴み部分を所定の寸法に旋削した。

3. 実験結果 (a) 寸法及び重量の変化

処理の前後における寸法差は引張試験片及び小野式疲試験片はその平行部径を、衝撃試験片は縦横両面に於て、亦硬度試験片はその高さに於て 1/100 mm 単位の マイクロ・メータ で測定した。亦重量差は処理した後附着した夾雑物を丁寧に除き、1/10 000 g 単位の天秤で測定し小数第 4 位を四捨五入した。而してこれ等測定結果の代表的なる物として小野式疲試験片 8~10 本の平均値を第 2 表に示す。

(b) 疲強度の変化

試片にかかる 曲げ應力 の計算は処理せざる以前の直径によつて行つた。その結果は第 3 表及び第 1 図の如くなり、繰返回数 10⁷ に対する繰返應力を求めると第 4 表の如くなる。

第1図 試片の疲強度に及すアルマイトの影響

第4表 アルマイトによる疲強度の変化

試 片	デュラルミン	超デュラルミン	R ₂
処 理 前 ±kg/mm ²	13.9	16.9	14.1
処 理 後 "	12.2	14.9	12.8
減 少 率 %	-12.2	-11.8	-9.2

(4) 五十嵐、深井、日本機械学会論文集、5、18、(昭 14-2)、36。

(c) 他の機械的諸性質の変化

引張試験片の平行部径は 10 mm で伸は $G.L = 45\sqrt{A} = 35$ mm に就て測定、試験機は 10 t アムスラー型油圧式を使用した。亦衝撃試験機は シャルビー、アイゾット 共に 30 kg-m の容量であり、ヴィカース硬度は 5 kg, ロックウェル硬度は B スケール、100 kg を用ひた。実験結果を一括すると第 5 表及び第 2 図の如くなる。

第 2 図 実験結果の総括

3. 酸化皮膜の厚さと疲強度の係に就て

前記実験の結果によると アルマイト法 により生成された酸化皮膜は表面硬度を増加せしめるが、疲強度を減少せしめるので次には酸化皮膜の厚さを種々変化させて疲強度に及ぼす影響を調べた。一般に アルマイト法 に於て電流の強さ、電圧及び処理時間を変化させると試片の表面に生ずる酸化皮膜の厚さは変わるが、茲では処理時間を 1/2, 1, 2 及び 3 h としその他の条件は前実験と同じくした。

1. 試材 試材としては焼入、时效した デュラルミン 18φ×4 000 抽伸棒を選んだ。その 化学的成分 並に機械的諸性質は第 6 表に示してある。

2. 試験方法 上記試材から小野式疲試験片と引張試験片を採取し、これ等を アルマイト したのであるが、その処理時間は 1/2, 1, 2 及び 3 h の 4 種としその他の条件は大

略前に同じにした。唯、硫酸の濃度は前実験よりも幾分濃い様であつたし、亦液温も 24~27°C の範囲であつた。

3. 実験結果

(a) 試験片の表面状態

第 3 図 (つゞく)

第 5 表 アルマイトによる機械的諸性質の変化

試 材	処理の有無	耐 力 (0.1%) kg/mm ²	耐 力 (0.2%) kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	伸 %	シャルビー 値 kg-m/cm ²	アイゾット 値 kg-m/cm ²	ヴィカース 硬 度	ロックウェ ル 硬 度
デュラルミン	無	24.5	25.1	42.7	23	3.4	2.8	125	68.7
	有	21.3	21.7	39.1	25	3.8	2.6	127	66.3
	変 化 率	-13.1	-13.5	-8.4	+8.7	+11.8	-7.2	+1.6	-3.6
超デュラルミン	無	27.8	29.1	47.8	22	2.5	1.6	133	73.5
	有	27.5	28.5	46.5	23	2.6	1.2	137	72.2
	変 化 率	-1.1	-2.1	-2.7	+4.6	+4.0	-25.0	+3.0	-1.8
アルミニウム合金 R ₂	無	21.3	22.6	38.1	23	3.5	2.7	122	65.8
	有	20.7	22.3	37.4	22	4.0	2.6	125	65.2
	変 化 率	-2.8	-1.3	-2.6	-4.4	+14.3	-3.7	+2.5	-0.9

[第 6 卷 第 22 号 (第 1 部)]

第3図 処理時間と試片の表面状態の関係 (×100)

第3図にこれ等各試験片の表面(疲試験片の平行部)の顕微鏡写真を示す。図に明らかなる如く 1/2 h 処理すると試片の表面は軽くエッチングされたと同程度なる顕微鏡組織を現はし、所々に小さな蝕孔が見られる。1 h になると蝕孔は稍大きくなるが、それと同時に或一定の方向(抽伸の方向の如く見受けられる)に結ばれる傾向が見られる。2 h 処理すると蝕孔は 1 h の時以上に大きくならないが、蝕孔の数を増すと共に大きな蝕孔の外に小さな蝕孔が無数に生じてゐる事が目に著しく、更に 3 h 処理した後になると、これは 2 h 処理した物と大差はないが、蝕孔の数も多少は増加したのに加へて、よく注意して見ると試片表面の抽伸方向に細い黒線が無数に生じて写真全体が前よりも著しく暗くなつた様に思はれる。

(b) 酸化皮膜の厚さ

試験片の断面を丁寧に研磨し、顕微鏡で見たのが第4図である。同図の下半分の白く見えてゐる部分が試材であり、亦上半分は研磨の必要上から用いた所の ウッドメタル でその間の黒い線が酸化皮膜である。(一番上の処理せぬ前の写真と比較対照すると一層明瞭に區別されやう。) 物指を用ひて図上の皮膜の厚さを測定すると下の様になる。

1/2 h	処理	0.4/100 mm
1	〃	1.0/100 〃
2	〃	1.7/100 〃
3	〃	1.9/100 〃

(c) 寸法並に重量の変化

前実験と同様なる方法に依て測定した、疲試験片 5~6 本に就てその平均値を示すと第7表の如くである。

昭和 15 年 2 月]

第6表 試片の化学成分並に機械的性質

化 学 成 分 %					耐 力 (0.2 %) kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	伸 %
Cu	Mn	Mg	Fe	Si			
4.07	0.62	1.35	0.32	0.20	24.9	39.3	27

$$(d=10 \text{ mm } G.L.=4\sqrt{A}\approx 35 \text{ mm})$$

第7表 処理時間と試片の寸法並に重量変化の関係

処理 時間 h	寸 法 の 変 化				重 量 の 変 化			
	処理 前 mm	処理 後 mm	差 mm	変化率 %	処理前 g	処理後 g	差 g	変化率 %
1/2	9.988	9.994	+0.006	+0.06	61.158	61.198	+0.040	+0.065
1	9.996	9.996	0	0	61.050	61.098	+0.048	+0.078
2	9.988	9.999	+0.011	+0.11	61.076	61.085	+0.009	+0.002
3	9.990	9.994	+0.004	+0.04	61.127	61.175	+0.048	+0.078

第4図 (つゞく)

第4図 処理時間と酸化皮膜の厚さの関係(×100)

(d) 疲強度の変化

新型小野式繰返曲げ試験機による試験結果は第8表及び第5図、第6図の如く、亦これ等の結果から繰返数 10^7 に対する繰返応力を求めると第9表のようになる。

(e) 他の機械的諸性質の変化

前実験と同様 引張強さ、伸、硬度等の変化の割合を求めるに第10表の如く亦これを図示すると第7図の如くなる。

4. 酸化皮膜の有無と腐蝕疲強度の関係に就て

前2回に互る実験結果より推察すると陽極酸化処理は処理時間の長短によつてかなり廣範圍の相異を示すとは云へ、実験の範圍内に於てはその硬度及び伸を増し疲強度、耐力、及び引張強さを減少せしめ全体的に見て機械的諸性質を向上せしめる物とは考へられぬ。併し乍ら元末陽極酸化処理法の

第5図 処理時間と疲強度の関係

第一目的は母材の腐蝕防止である。故に以下 デュラルミン材の耐腐蝕疲性に及す アルマイト処理法の影響に就て述べる。

1. 試 材 試材としては焼入時効した デュラルミン $18\phi \times 4000$ 抽伸棒を選んだ。その化学的成分並に機械的諸性質は第6表に示してある。

2. 試験方法 上記試材より小野式疲試験片及び引張試験

第8表 疲 試 験 結 果

試片 マーク	平 行 部 径 mm	最大繰返応力 ± kg/mm²	繰返回数	備 考
(a) 処理せざるもの				
DF-7	9.985	23	86 600	
6	"	20	257 500	
60	"	19	252 100	
80	9.995	18	482 700	
10	9.985	17	476 800	
30	9.980	16	504 000	
11	"	"	2 752 700	
3	"	15	2 068 700	
40	9.995	14.5	9 057 200	未 断
20	9.980	14	14 589 900	"
(b) 1/2 h 処理したもの				
D2F-1	9.990	18	332 200	
3	9.970	16	973 100	
6	10.000	15	1 723 400	
4	"	14	3 044 300	
5	9.980	13	12 177 300	未 断
(c) 1 h 処理したもの				
D6F-4	10.000	17	357 200	
5	9.990	15	1 115 900	
1	"	13	912 400	
3	10.000	12.5	4 139 600	
2	"	12	13 932 700	未 断
(d) 2 h 処理したもの				
D7F-4	9.980	16	234 400	
5	"	14	591 200	
2	9.990	12	1 052 300	
3	"	11	4 068 900	
6	10.000	10	13 284 200	未 断
(e) 3 h 処理したもの				
D5F-4	9.990	16	200 800	
1	"	15	242 400	
6	"	13	556 100	
2	10.000	12	2 505 700	
3	9.980	11	6 723 600

第6図 処理時間と疲強度の関係

[第6巻第22号(第1部)]

片を採取し、各その半数は前実験と同様な条件でアルマイトし(但し処理時間=1 h), 然る後処理した物と処理せぬ物とを一括して次に示す如き条件で腐蝕した。

第 9 表 処理時間と疲強度の関係

処理時間 h	疲 強 度 ±kg/mm ²	変化率 %
0	14.5	—
1/2	13.4	-7.6
1	12.1	-16.5
2	10.3	-28.5
3	10.8	-25.5

(処理時間=0 は処理せざる事を意味す)

第 10 表 処理時間と機械的諸性質の関係

処理時間 h	耐 力 (0.2%) kg/mm ²	変化率 %	引張強さ kg/mm ²	変化率 %	伸 率 %	変化率 %	ショア 硬度	変化率 %
0	24.9	—	39.3	—	27	—	22	—
1/2	20.5	-17.7	35.5	-9.7	29	+7.4	23	+4.6
1	19.4	-22.1	34.9	-11.2	28	+	24	+9.1
2	19.6	-21.3	34.8	-11.5	28	+3.7	24	+
3	20.2	-18.9	35.6	-9.4	29	+7.4	24	+

但し引張試験片の $d=10$ mm $G.L.=4\sqrt{A}=35$ mm

第 7 図 実験結果の総括

腐蝕液 6% 食塩水に 3% の過酸化水素水を 24 h
毎に全容積の 1/100 宛添加
腐蝕期間 26 h 及び 146 h

斯くして一定期間腐蝕されたる試験片は先づ腐蝕液中より取出して水洗したる後硬毛ブラシでその表面の腐蝕生成物を出末得る限り丁寧に除去し、第一に重量の変化を測定した。更に小野式疲試験片に於ては腐蝕部分の不平等から起る振動を防止するため、試片を旋盤に取付け平行部をサンドペーパーで軽く研磨し(研磨後の写真を第 8 図(c)及び(f)に示す。然る後その疲強度を求めた。

3. 実験結果 (a) 腐蝕期間中における気温、液温及び湿度の変化

腐蝕試験は昭和 14 年 6 月 19 日午後 1 時から始め同月 25 日午後 3 時迄続けられた。そしてその間毎日午前 8 時、午後 1 時及び午後 5 時の 3 回に互つて気温、液温及び関係湿度を測定した。参考のために期間中における平均値と最高、最低値を第 11 表に示す。

第 11 表 腐蝕期間中における気温、液温及び湿度

	気 温 °C	液 温 °C	湿 度 %
平 均 値	30.5	28.9	85
最 高 値	32.0	29.6	93
最 低 値	28.6	28.5	80

昭和 15 年 2 月]

第 8 図 (つづく)

第 8 図 試験片の腐蝕状態

(b) 試験片の腐蝕状態

第 8 図に示す。同図 (a) は腐蝕前の試験片で平行が鋭く光つてゐるのは (左端から 2 番目、4 番目等) 処理しない試験片で、その他は処理した物である。次に (b) は 26 h 腐蝕した後の状態で、(c) はその表面に附着せる腐蝕生成物を除去した様を示す。図に明らかなる如く アルマイト しない試験片の表面には無数の小蝕孔がその全面に互つて存在し、而もこれ等の蝕孔は抽伸方向に結ばれて 1 本の黒線を形造りつゝある。斯かる状態は筆者等の従来経験によると⁽⁵⁾かなり腐蝕の進行した段階と推察される。次に アルマイト せる試験片に於ては僅かに数箇の蝕孔を認め得るに過ぎないが、その一つ一つの大いさ、形状等は処理せぬ物に良く似てゐる。(e) は 146 h 腐蝕した状態、(f) は同じく腐蝕生成物を除去した様を示す。

第 9 図 腐蝕疲労試験結果

第 12 表 腐蝕による重量変化

試験条件	重量変化			
	腐蝕前 g	腐蝕後 g	差 g	変化率 %
アルマイトせず 26h 腐蝕	60.393	60.388	-0.006	-0.011
〃 146h 〃	59.980	59.930	-0.050	-0.083
アルマイトす 26h 腐蝕	55.351	55.385	+0.031	+0.056
〃 146h 〃	55.382	55.374	-0.008	-0.014

(5) 五十嵐、深井、鉄と鋼、第 24 年、第 5 号、(昭 13-5)。

同図を見ると アルマイト しない試験片の表面に附着せる腐蝕生成物は 26 h の場合に比して著しく多くなり、而も次第に累積して前図では白色であつた生成物は漸次茶褐色に変色し、更にその生成物を除いた表面を見ると前図に於ては抽伸方向に並んで一直線を為した蝕孔は順次横に擴りつゝある如く見受けられる。この事実から蝕孔は奥深く進むよりも寧ろ皮相に於て擴がる物と推察される。他方 アルマイトした試験片に就て云ふと蝕孔の数は次第に増加し、而も各蝕孔は大きくなりつゝある。

(c) 試験片の重量変化

引張試験片は省略して小野式疲試験片 6~10 本に就ての平均値を示すと第 12 表の如くなる。

(d) 疲強度の変化

小野式による疲試験結果を第 13 表及び第 9 図に示しその

第 13 表 疲試験結果

試験マーク	平行部径 mm	最大繰返應力 ±kg/mm²	繰返回数	備考
(a) アルマイトせず 腐蝕せぬ物				
DF-7	9.985	23	86 600	
6	〃	20	257 500	
60	〃	19	252 100	
80	9.995	18	482 700	
10	9.985	17	476 800	
30	9.980	16	504 000	
11	〃	〃	2 752 700	
3	〃	15	2 068 700	
40	9.990	14.5	9 057 200	未 断
20	9.980	14	14 589 900	〃
(b) 同上 26 h 腐蝕した物				
D3F-1	9.965	16	259 600	
3	9.975	13	1 221 600	
2	9.970	12	860 200	
5	9.950	10	1 279 500	
6	9.960	9	12 130 800	未 断
4	〃	8	10 233 300	〃
(c) 同上 146 h 腐蝕した物				
D4F-1	9.975	16	395 100	
4	9.970	14	518 100	
3	9.950	12	904 500	
2	9.970	10	4 741 300	
5	〃	9	4 475 500	
6	〃	8.5	10 059 900	未 断
(d) アルマイトす 腐蝕せぬ物				
D6F-4	10.000	17	357 200	
5	9.990	15	1 115 900	
1	〃	13	912 400	
3	10.000	12.5	4 139 600	
2	〃	12.0	13 932 700	未 断
(e) 同上 26 h 腐蝕した物				
D8F-2	9.990	17	319 200	
6	10.000	16	1 141 800	
1	〃	14	1 191 700	
3	10.010	12	3 253 700	
4	10.000	11	3 848 400	
5	10.010	10	8 761 500	
(f) 同上 146 h 腐蝕した物				
D9F-5	10.000	18	352 000	
6	10.010	16	440 300	
4	〃	14	932 700	
7	10.000	12	4 578 100	
1	9.980	11	2 607 900	
2	10.000	10	6 139 500	
3	10.000	9.5	6 778 100	

(平行部径は腐蝕後研磨した状態に於て測定す)

[第 6 巻 第 22 号 (第 1 部)]

結果から繰返数 10^7 に対する繰返応力を求めると第 14 表の如くなる。亦第 10 図は繰返応力-繰返回数-腐蝕期間の関係を示す。

第 14 表 腐蝕による疲強度の変化

試 験 条 件	疲 強 度 kg/mm ²	I に対する 減少率 %	σ に対する 減少率 %
1 アルマイトせず腐蝕せず	14.5	—	—
2 " 26 h 腐蝕す	9.1	37.2	—
3 " 146 h "	8.8	39.3	—
4 アルマイトす 腐蝕せず	12.2	15.9	—
5 " 26 h 腐蝕す	9.9	31.7	18.9
6 " 146 h "	9.3	35.9	23.8

(e) 他の機械的性質の変化

引張試験の結果を第 15 表に示し、この結果と疲試験の結果を一緒にして第 11 図に示す。同図右側は腐蝕期間と機械的諸性質の変化率の関係を示すものであるが、更に同図中の点線で腐蝕期間零の時の値は アルマイト のみによる変化率を表はしてゐる。

第 10 図 腐蝕期間と疲強度の関係

5. 実験結果の総括

以上 3 項目に互る実験結果を総括すると、

1. 高力アルミニウム合金の疲強度に及ぶアルマイトの影響 (a) デュラルミン、超デュラルミン 及び 25 S にアルマイト処理を施すとその疲強度、耐力、引張強さ、アイ

ゾット値は減少し、伸、硬度及び シャルピー値は増す。

(b) 疲強度の減少率は デュラルミン と 超デュラルミン は殆ど同程度で、前者が 12.2%，後者が 11.8% (何れも 10^7 の繰返数に於て)、25 S は最も少く 9.2% であつた。而してこれ等の値は デュラルミン を除いては他の抗張的諸性質の減少率よりも大きく、従て アルマイト による機械的性質の変化は疲強度に対して最も明瞭に現はれると云ひ得る。

(c) 以上を通覧して、多少の例外はあるが、一般に アルマイト処理は 高力アルミニウム合金 の機械的諸性質を向上せしめぬ。

2. 酸化皮膜の厚さと疲強度の関係 (a) デュラルミンの疲強度は処理しない時に 14.5 kg/mm²、2 h 処理すると 10.3 kg/mm² に減少し、その間は概ね処理時間に比例して減少する。併し更に処理時間を増して 3 h としても大した変化はない。

(b) 耐力、引張強さ、伸、硬度は 1 h 迄はかなり急激に変化するが (前 2 者は減少、後 2 者は増加)、それ以上長時間に亘つて処理しても大した変化はない。

(b) 酸化皮膜の厚さは 1 h で約 1/100 mm になり、それから後は処理時間の増加につれて厚くなるが増加の割合は減少し、3 h 処理して 1.7 mm となつた。亦 1 h 以上処理すると試片の表面は荒されて美しさを失ふ。

第 11 図 実験結果の総括 (点線は処した物)

3. 耐腐蝕性に及ぶアルマイトの影響 (a) 同一期間の腐蝕に対して処理せる試片は処理せざる試片に比して蝕孔の数が少く、亦腐蝕期間の増加による蝕孔の増加の割合も極めて低い。

(b) 処理せざる試片の耐力、引張強さ及び伸が腐蝕によつてかなり減少せしめられるのに比して処理せる試片のそれ

第 15 表 腐蝕による引張性質の変化

試 験 条 件	耐 力 (0.2%) kg/mm ²	変 化 率 %		引張強さ kg/mm ²	変 化 率 %		伸 %	変 化 率 %	
		I に対して	σ に対して		I に対して	σ に対して		I に対して	σ に対して
1 アルマイトせず 腐蝕せず	24.9	—	—	39.3	—	—	27	—	—
2 " 26 h 腐蝕す	24.2	-2.8	—	39.2	-0.3	—	24	-11.1	—
3 " 146 h "	22.5	-9.7	—	36.1	-8.2	—	21	-22.2	—
4 アルマイトす 腐蝕せず	19.6	-21.3	—	34.9	-12.2	—	29	+7.4	—
5 " 26 h 腐蝕す	19.5	-21.7	-0.5	"	"	0	"	"	0
6 " 146 h 腐蝕す	18.9	-24.1	-3.6	34.3	-12.7	-1.7	"	"	"

$$d=10 \text{ mm} \quad G.L.=4\sqrt{A}=35 \text{ mm}$$

昭和 15 年 2 月]

等は腐蝕によつて殆ど影響を受けぬ。併しこれ等の性質は処理する事によつて激しく減少せしめられるために処理と腐蝕の両影響の和に於ては処理せる試片の減少率は処理せざる試片のそれよりも僅かに大きかつた。

(c) 然るに疲強度の減少率に於ては処理せる試片の減少率は処理せざる試片のそれに比して断然小さく、処理のため起る減少率を加算しても尚処理せる物の方が優秀である。併しこれ等両者の疲曲線の傾度を比較対照する時は上述の優劣が絶対的のものではない事が理解されやう。

6. 参考文献

- (1) 小久保、アルミニウム合金の表面処理法、33 頁。
- (2) Shoji, Setoh & Akira Miyata; 万国工業會議論文 paper, No. 727, (1929).
- (3) 瀬藤、宮田、理研彙報、11 輯 2 号、(1932), 317.

- (4) 瀬藤、宮田、理研彙報、11 輯 3 号、(1932), 483.
- (5) F. Keller & G. W. Wilcox; Metals & Alloys, 10, 6, (1939), 187.
- (6) H. Fisher; Z. für Metallkunde, 29, (1937), 319.
- (7) P. Brenner u. H. U. v. Vogel; Aluminium, 19, (1937), 696.
- (8) H. Röhrig u. E. Käpernick; Metallwirtschaft, 17, 24, (1938), 665.
- (9) I. G. Gerard & J. I. Sutton; Inst. Metals, J., 56, 1, (1935), 29.
- (10) D. J. McAdam; Am. Soc. Test. Mat. Proc. 27, II, (1927), 102.
- (11) Gough & Sopwith; Iron & Steel Inst. J., 127, 1, (1933), 301.

(昭和 14 年 11 月 13 日受付)

討

質問 (竹中二郎君)⁽¹⁾ 私の処でしました 高力アルミニウム合金の疲試験で繰返回数が 7×10^7 程度ではまだ疲限度が現はれませんでした、疲限度は如何にお決めになりましたか。

議

應答 (深井誠吉君) 私の言葉が不明瞭であつたために御迷惑をおかけ致したと思ひますが、私は疲強度と申し上げました筈で、繰返数 10^7 に対して破壊せん最大應力を以て決定致しました。

軽合金板材の疲試験に就て⁽²⁾

(昭和 14 年 11 月 11 日 應用力学講演會に於て講演)

正員 五十嵐 勇⁽³⁾ 准員 深井 誠吉⁽⁴⁾

1. 緒 言

合金板材の疲試験に就ては古くから幾多の文献がある⁽⁵⁾とは云へ、棒材のそれに較べると非常に尠く、果して板材の疲強度が必要なりや否やは暫くおいても、筆者等の如く材料試験に従事する者にとつてこの問題は興味ある物の一つである。

さて一般に棒材の疲試験に於てはその應力の種類に引張-圧縮、曲げ、捻廻及びこれ等 3 種の組合せによる物等があるが、板材の場合に於ては実際の構成物体を目標にして考へると、曲げ應力の加はる場合以外は極めて稀であるから、曲げ應力による疲強度を求めておくや或程度迄充分と云ふことになる。従て板の疲試験機の多くは曲げ應力による型式であり、従来は アプトン・ルイス型 及びこれに幾分の改良を加へた型が多用されて来た。而して以下述べんとする シェンク 型振動疲試験機 は約 10 年前、独逸カールシェンク會社から発売された 繰返曲げ 及び 捩り應力を加へ得る比較的新しい型の試験機であるが、本邦における使用台数は極めて少く、従てその使用方法に対しても疑問が多く、亦得られた結果も頗る少い現状である。茲に筆者等は同試験機によつて、板状試験片の繰返曲げ試験結果に及す種々なる影響の中で試験片の形状と厚さ及び表面条件の影響を調べ、且それ等の結果を基として航空機用軽合金板の疲強度を求めんとした。以下順を追つて説明せん。

2. 試験機の概要

1. 構造 (第 1 図に試験機の全貌を示す) 本機は棒材の

[第 6 卷 第 22 号 (第 1 部)]

(1) 東京帝国大学。
 (2) On The Fatigue Test of Light Alloy Sheets.
 (3) Isamu IGARASHI, Member. The Research Laboratory of Copper Works of Sumitomo Metal Industries. 住友金属工業會社伸銅所研究部。
 (4) Seikiti FUKAI, Associate Member. The Research Laboratory of Copper Works of Sumitomo Metal Industries. 住友金属工業會社伸銅所研究部。
 (5) H. W. Gillett & E. L. Mack, Am. Soc. for Test. Mat. Proc., 24, II, (1924), 476.
 J. R. Townsend & C. H. Greenall, Am. Soc. for Test. Mat. Proc., 29, II, (1929), 353.
 R. L. Templin, Am. Soc. for Test. Mat. Proc., 33, II, (1933), 364.
 矢野勝、三菱航空機研究報告、材試 No. 564, (昭和 12 年)。
 遠藤貞一、島崎修二、愛知時計電機機報、1, 5, (昭和 12 年), 403.
 Walther Saran, Engg., 133, June 24, (1932), 731.
 Paul Brenner u. Hans Kostron, Deu. L. A. Luftwissen, 5, 1, (1938), 15.
 B. Price & W. Bailey, Am. Inst. Mining & Metal. Engr. Trans., 124, (Metal Division), (1937), 271.
 C. H. Greenall & G. R. Gohn, Am. Soc. for Test. Mat. Proc., 37, II, (1937), 160.
 森口繁一、日本航空學會誌、6, 49, (昭和 14 年)。