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、処理のために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し回数 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 に対して破壊せぬ最大応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応力の種類に引張-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、曲げ応力の加はる場合以外は極めて稀であるから、曲げ応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応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応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 Kastron, 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)。

繰返振り及び板材の繰返曲げ試験を目的として設計された試験機で、試験片に荷重するにはクランク装置を應用して機械的に行ひ、一方試験片に加はる應力の大きさは試験片の一端に連結した應力棒の振り角度から算出する様になつてゐる。即ち第2図に於て主電動機 M の生ずる回轉運動はエキセントリック C によつて往復運動になり、これが試験片 S を取附けられた 摺り G を左右に揺動せしめ、ために試験片は G, G の中心を結ぶ線上に於て振りモーメントを受けることになる。亦同図の右方にあるのは應力計でこの應力計の中心に鋼製の應力棒が取附けられ、その一端 J は固定、他端 K は球軸受によつて保持せら

第1図 試験機の外觀

第2図 試験機機構の説明図

れ、且 摺り G に連結されてゐるため、エキセントリックにより生じたる振りモーメントは試験片を通じて應力棒に傳はり、この應力棒の自然振動の週期は試験片に與へられる振動のそれと異なる如く設計されてゐるからこの應力棒の振り角を顕微鏡 m で測定すると、予め應力棒に静的振りモーメントを與へて求めたる所のモーメントと顕微鏡の読みの関係から試験片に加はる振りモーメントが測定出来る。

2. 容量

最大振り角	±20°
最大振りモーメント	±0.3 m-k (静的モーメントを重ねる時は ±0.6 m-k)
試験片の大きさ	厚さ 1.0 mm (鋼) 曲げの場合 2.0 mm (軽合金) 振りの場合 直径 4.0 mm (鋼) 6.0 mm (軽合金)

3. 應力計の検定及び試験片に加はる應力計算方法 應力計の検定に際しては應力計側の 摺り G の所定の孔に検定用

レバーを挿入し、重錘皿にのせる重錘を次第に増して應力棒の振れを顕微鏡 (1/100 mm 単位) で測ると振りモーメントと顕微鏡読みの関係は第3図の如くなる。次に試験片にかゝる曲げ應力を計算するには試験片を通じて振れる應力棒の振れ角を顕微鏡の読みにより測定し、第3図に依てそれに相當する曲げモーメント M を見出すと

$$f = M/Z$$

茲に f = 試験片にかゝる見かけ上の曲げ應力 kg/mm^2

Z = 両摺りを結ぶ中心線上に於て計算する断面係数 mm^3 となる。

3. 試験片形状と疲強度の関係

実験の目的は一つの試

第3図 應力計の検定曲線

第4図 試験片の形状

材に就て見かけ上の最高疲強度を示すやうな形状を求めるのであるが、更にこの場合には次の2条件をも満足する様を考慮する必要がある。

即ち第一は試験機の容量を考慮する事、第二は試験片は両摺りの中心を結ぶ線上で破断する事である (應力はこの線上に於て計算するから)。故に例へば平行部を持つ試験片はより高き疲強度を示すかも知れぬが、筆者等の経験によると第2の条件を

第1表 試験片の化学成分並に機械的諸性質

化 学 成 分					熱処理	弾性限度 kg/mm^2	耐 力 (0.2%) kg/mm^2	引張力強さ kg/mm^2	伸 %	弾性係数 kg/mm^2	ヴィカース 硬 (10 kg)
Cu	Mn	Mg	Fe	Si							
3.88	0.47	0.48	0.43	0.35	500°C 焼入時効	5.6	32.0	41.2	16	7.280	130~134

昭和15年2月]

満たさない様であるから適當でない。

さて試材は軽合金を対象として第1表(前頁)に示す如き化学成分及び機械的性質を有する チュラルミン板(厚さ2mm)を選び、その形状は最初に⁽⁶⁾第4図に於て $B=20$ mm として

第5図 試片の丸味半径と疲強度の関係

第7図 異なる R を有する試片の破断状況

(6) カールシエク会社の型録には $B=40 \sim 30$ mm, $R=16 \sim 25.5$ mm とあるがこの形にすると破断箇所が不定である。

$R=1.5, 2.5, 5, 10, 15$ 及び 20 mm とし、その結果 $R=15$ mm の場合が最高疲強度を示したから次に $R=15$ mm と

第6図 試片の丸味半径と疲強度の関係

第8図 試片の巾と疲強度の関係

第9図 試片の巾と疲強度の関係

して、 $B=10, 15, 20, 25$ 及び 30 mm となる形状に就て試験した(試片は何れも板の圧延方向に於て採取した)。その試験結果は第2表に示し、亦同結果から繰返し数 10^7 に対する疲強度を求めると第3表の如くなる。第5図、第8図は繰返し応力と繰返し数との関係を示し、第6図は繰返し応力-繰返し数- R の関係を、亦第9図は繰返し応力-繰返し数- B の関係を3座標軸で表はす。更に第7図は R を異にせる各試片の破断箇所を示してゐる。

次に板厚と疲強度の関係であるが、これは前実験同様なる焼

第2表 疲試験結果

I. 丸味の半径 R の変化による影響

試片マーク	厚さ×巾 mm	顕微鏡 の読み 1/100mm	曲げ応力 kg/mm ²	繰返回数	摘要
-------	------------	-----------------------	----------------------------	------	----

(1) $R=1.5$ mm の場合

R 1.5—13	2'00×20'00	221/221	14'1/14'1	138 100	
17	2'00×19'97	169/172	10'8/11'0	320 900	
7	2'02×19'97	142/144	8'8/ 9'0	722 600	
6	2'02×20'00	113/114	7'1/ 7'1	9 470 400	
18	2'00×20'03	88/ 89	5'6/ 5'7	13 278 500	未断

(2) $R=2.5$ mm の場合

R 2.5—6	2'00×19'96	239/240	15'3/15'4	141 500	
12	"	195/196	12'5/12'6	277 200	
4	"	168/169	10'8/10'9	397 400	
5	2'01×19'96	150/151	9'5/ 9'6	1 410 000	
9	"	134/135	8'5/ 8'6	2 996 300	

(3) $R=5$ mm の場合

R 5—10	2'02×20'05	257/261	16'0/16'3	140 600	
4	2'02×19'95	188/191	11'8/12'0	425 700	
11	2'01×20'04	154/155	9'8/ 9'9	3 655 500	
3	2'01×19'96	144/146	9'2/ 9'3	781 600	
2	2'02×19'98	127/130	7'9/ 8'1	6 408 200	

(4) $R=10$ mm の場合

R 10—9	2'00×20'13	238/241	15'1/15'3	254 800	
11	"	196/197	12'3/12'4	388 100	
7	2'03×20'14	166/171	10'3/10'6	584 900	
1	"	152/153	9'4/ 9'5	1 203 200	
6	"	145/148	9'1/ 9'3	2 821 100	
3	2'01×20'14	124/127	7'8/ 8'0	9 699 100	未断

(5) $R=15$ mm の場合

R 15—9	2'02×20'26	246/252	15'6/16'2	232 600	
11	2'01×20'30	206/209	12'9/13'1	589 000	
14	2'00×20'27	179/182	11'5/11'7	1 263 900	
2	2'01×20'30	178/182	11'1/11'3	2 263 100	
7	2'02×20'32	167/169	10'3/10'4	10 017 800	未断
8	2'00×20'25	162/164	10'3/10'5	15 357 300	"

(6) $R=20$ mm の場合

R 20—2	2'02×20'30	247/248	15'6/15'7	225 500	
3	"	224/227	13'9/14'0	436 500	
5	2'01×20'30	197/202	12'3/12'6	579 100	
6	2'02×20'30	175/180	10'8/11'2	825 500	
4	2'00×20'30	150/150	9'4/ 9'4	5 585 400	

II. 巾 B の変化による影響

試片マーク	厚さ×巾 mm	顕微鏡 の読み 1/100mm	曲げ応力 kg/mm ²	繰返回数	摘要
-------	------------	-----------------------	----------------------------	------	----

(1) $B=10$ mm の場合

B 10—7	2'00×10'30	139/140	17'8/18'0	162 500	
8	"	115/119	14'8/15'3	349 200	
4	2'01×10'27	99/ 99	12'2/12'2	448 600	
6	2'02×10'35	80/ 81	10'1/10'3	1 129 450	
9	2'00×10'30	66/ 69	8'4/ 8'7	9 135 100	未断

(2) $B=15$ mm の場合

B 15—9	2'01×15'07	201/202	17'1/17'2	167 900	
6	1'99×15'15	176/178	15'2/15'3	229 800	
5	2'01×15'15	142/150	12'0/12'7	761 100	
4	2'01×15'17	121/124	10'1/10'4	1 326 700	
8	1'99×15'15	101/101	8'6/ 8'6	9 694 000	未断

(3) $B=20$ mm の場合

前記 1 の (5) $R=15$ mm の場合と同じ

(4) $B=25$ mm の場合

B 25—5	2'00×25'27	286/286	14'7/14'7	322 000	
3	"	271/273	13'9/14'0	349 200	
2	2'01×25'34	230/231	11'7/11'8	533 900	
6	2'00×25'27	217/219	11'2/11'3	1 597 900	
7	2'01×25'30	198/200	10'1/10'2	1 265 200	
1	2'00×25'34	172/176	9'3/ 9'1	2 227 100	
9	2'00×25'31	151/153	7'8/ 7'9	10 155 600	未断

(5) $B=30$ mm の場合

B 30—8	2'01×30'04	287/289	12'5/12'6	529 100	
3	2'00×30'03	230/235	10'0/10'2	2 496 200	
7	2'00×30'00	230/231	10'0/10'0	1 192 800	
2	"	215/215	9'3/ 9'3	7 613 700	
4	2'01×30'04	202/205	8'7/ 8'9	9 965 800	未断

第3表 R 及び B の影響

(1) R の影響 (但し $B=20$ mm)		(2) B の影響 (但し $R=15$ mm)	
R mm	疲強度 kg/mm ²	B mm	疲強度 kg/mm ²
1.5	7.1	10	8.5
2.5	7.7	15	8.7
5	8.0	20	10.6
10	8.3	25	8.0
15	10.6	30	9.0
20	9.0		

第5表 疲試験結果

試片 マーク	厚さ×巾 mm	顕微鏡 の読み 1/100 mm	曲げ応力 kg/mm ²	繰返回数	摘要
-----------	------------	------------------------	----------------------------	------	----

(1) $t=1.0$ mm の場合

t 1.0—2	1'01×20'17	77/77	19'9/19'9	227 300	
4	1'01×20'20	68/72	17'4/18'3	231 700	
7	"	61/64	15'9/16'4	568 000	
6	1'01×20'21	61/62	16'1/16'3	601 500	
5	1'01×20'20	54/56	14'3/14'6	908 500	
8	1'00×20'19	54/54	14'2/14'2	2 181 500	
9	1'01×20'20	52/53	13'4/13'8	2 134 200	
1	1'01×20'11	48/49	12'7/12'9	14 800 300	未断

(つ×く)

第4表 厚さを異にする各試材の化学成分並に機械的諸性質

板厚 mm	化 学 成 分 %					弾性限度 kg/mm ²	耐 力 (0.2%) kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	伸 %	ヴィカース硬度 (10 kg)
	Cu	Mn	Mg	Fe	Si					
1.0	3.93	0.45	0.42	0.33	0.48	5.1	26.2	41.0	21	120~121
1.4	3.80	0.47	0.47	0.30	0.42	3.8	30.1	41.5	19	123~124
1.6	"	0.48	0.46	0.28	0.44	5.0	30.0	43.8	20	128~126
1.8	3.84	0.47	"	0.33	0.42	5.1	31.1	42.1	18	124~126
2.0	3.88	"	0.48	0.35	0.43	5.6	32.0	41.2	16	130~134

昭和 15 年 2 月]

試片 マーク	厚さ×巾 mm	顕微鏡 の読み 1/100mm	曲げ応力 kg/mm ²	繰返回数	摘要
(2) $t=1.4$ mm の場合					
t 1.4-7	1.39×20.20	151/153	20.7/21.0	258 100	
6	1.38×20.20	144/151	19.9/20.9	177 400	
11	1.38×19.90	137/138	19.2/19.5	291 800	
1	1.39×20.20	130/130	17.7/17.7	326 800	
18	1.39×19.87	114/118	15.7/16.2	563 300	
13	1.39×19.88	106/112	14.8/15.6	916 500	
20	1.37×19.90	98/102	13.8/14.3	2 806 800	
16	1.37×19.88	91/91	12.9/12.9	2 071 000	
5	1.38×20.19	88/91	12.2/12.5	11 486 800	未断

(3) $t=1.6$ mm の場合

t 1.6-20	1.63×20.15	205/213	20.6/20.7	246 400	
8	1.65×20.16	180/183	17.3/17.6	507 000	
2	1.65×20.18	165/167	16.1/16.3	797 100	
30	1.63×19.87	143/147	14.1/14.5	1 776 300	
7	1.65×20.17	133/133	12.7/12.7	6 649 700	
15	1.65×20.16	127/129	12.2/12.4	9 406 100	未断

(4) $t=1.8$ mm の場合

t 1.8-8	1.80×20.30	253/255	20.2/20.4	159 700	
5	1.80×20.09	215/219	17.3/17.6	312 000	
1	1.81×20.10	182/187	14.5/14.9	724 000	
6	1.81×20.08	155/158	12.3/12.6	2 182 200	
4	1.81×20.11	147/150	11.8/12.1	13 512 300	未断

(5) $t=2.0$ mm の場合

第2表 1-(5) の結果に同じ。

第6表 t の影響 (但し $B=20$ mm, $R=15$ mm)

t mm	疲強度 kg/mm ²
1.0	12.6
1.4	12.3
1.6	"
1.8	11.9
2.0	10.6

入時効せる デュラルミン板 を選び、前実験結果に基づいて $B=20$ mm, $R=15$ mm とし、 $t=1.0, 1.4, 1.6, 1.8$ 及び 2.0 mm の各に就て疲強度を求めた。(但しこの場合は板の厚さが変わる故に他の機械的諸性質にも多少の相異は免れ得なかつた。)

各試材の化学成分及び他の機械的諸性質は第4表に示す如く、亦疲試験結果は第5表、第6表、第10図、第11図に示す(試片はどれも圧延方向に於て採取した)。第12図は各試片の顕微鏡組織で図に見る如く結晶粒の大きさが比較的揃つてゐる。

斯くしてこれ等実験の結果から前記の目的に適合する形状を求めると $B=20$ mm, $R=15$ mm, $t=1.0$ mm となるが(厚さと疲強度の関係に就ては何れ稿を改めて報告する事とならうが)、板厚が薄くなると試験機の機構上から生ずる所の軸方向に働く圧縮応力の影響が大きくなつて見かけ上の疲強度を高めると思考されるから正確なる実験値を求めるためには試験機の容量の許す限り厚い試材を選ぶ方がよく、結局軽合金用標準試験片形状としては $B=20$ mm, $R=15$ mm, $t=2.0$ mm が最も適當であらう。

第10図 試片の厚さと疲強度の関係

第11図 試片の厚さと疲強度の関係

4. 試験片の表面条件と疲強度の関係

試験片の表面仕上方法の相異や表面硬化の有無が疲強度にかなり大きな影響を與へる事は今更述べる必要もないが、板材の場合は棒材の場合よりも大きい影響がある様に思はれる。即ち棒材は多くの場合旋削又は成形を行つてから使用するから仕上方法の相異と云ふよりも寧ろ仕上程度の影響が問題になる。これに反して板材は外皮を削る事なく提供のまゝで使用する場合が多いから製造方法の相異、表面処理の相異等も鋭敏に影響する物と考へられる。実験は焼入時効したデュラルミン板(厚さ 2.0 mm 及び 1.6 mm) 同じく焼入時効せる超デュラルミン板(厚さ 2.0 mm)から何れも板の圧延方向に於て標準形状の試験片を採取し、その1組は提供のまゝで、又他の1組はその表面を厚さ $1/100 \sim 3/100$ mm だけ紙鉋及び黄銅磨きで磨いた状態に於て試験した。第7表は試材の化学成分並に他の機械的性質を示し、第8表は疲試験結果、亦第9表(28頁)は繰返数 10^7 に対する疲強度を、第13図(26頁)は繰返応力-繰返回数線図、第14図(26頁)は試片の表面状態の相異を示す。而してこれ等の実験結果から試片の表面を極く僅かの厚さだけ磨くと疲強度は著しく増加する事が解つた。

5. 数種の軽合金及び銅合金に就ての実験結果

さて以上述べ来つた所によつて本試験機の使用に就ての概念を掴み得たから、次にデュラルミン、超デュラルミン、超々デュラルミン「ESD」アルミニウム合金 SA 3, 同 SA 2-B, マグネシウム合金 AZM, 同 E₂, 7-3 黄銅、4-6 黄銅、磷青

[第6巻 第22号 (第1部)]

第 12 図 厚さを異にする各試片の顕微鏡組織 (×100)

第 7 表 試材の化学成分並に機械的諸性質

試 材	表面条件	化 学 成 分 %					耐 力 (0.2%) kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	伸 %	ヴィカー ス硬度 (10 kg)
		Cu	Mn	Mg	Fe	Si				
デュラルミン (厚さ 2.0 mm)	提供のまゝ 表面を磨く	3.85 "	0.46 "	0.48 "	0.33 "	0.44 "	25.2 25.3	40.8 40.5	18 "	125 127
デュラルミン (厚さ 1.6 mm)	提供のまゝ 表面を磨く	3.80 "	0.48 "	0.46 "	0.28 "	0.44 "	30.0 28.1	43.8 43.7	20 21	129 128
超デュラルミン (SDH)	提供のまゝ 表面を磨く	4.21 "	0.60 "	1.39 "	0.31 "	0.16 "	36.2 36.1	49.2 49.4	20 "	136 137
超デュラルミン (SDR)	提供のまゝ 表面を磨く	4.25 "	0.58 "	1.36 "	0.34 "	0.22 "	38.8 38.4	48.8 49.0	18 17	138 "

第 8 表 疲 試 験 結 果

試 片 マ ー ク	厚さ×巾 mm	顕微鏡 の読み 1/100 mm	曲げ應力 kg/mm ²	繰返回数	摘要
(1) デュラルミン (厚さ 2.0 mm) の場合					
(a) 工場提供のまゝ					
D-22	2.01×20.28	287/294	18.2/18.6	312 400	
21	"	259/269	16.4/17.1	377 950	
7	2.01×20.30	247/250	15.7/15.9	520 200	
15	"	222/224	14.1/14.3	690 900	
9	2.01×20.29	201/204	12.8/13.0	1 162 700	
6	2.01×20.30	184/187	11.6/11.8	1 829 000	
11	"	172/175	10.9/11.1	8 563 500	未断
12	"	168/170	10.7/10.8	12 754 000	"
(b) 表面を磨く					
D-5	2.00×20.30	296/303	18.8/19.3	248 700	
20	"	262/265	16.7/16.9	337 900	
1	2.00×20.29	248/252	15.7/15.9	479 100	
4	2.00×20.30	223/226	14.2/14.4	732 800	
18	"	206/207	13.2/13.3	695 800	
8	"	188/194	12.0/12.4	1 998 800	
14	"	188/190	12.0/12.2	7 494 800	
(2) デュラルミン (厚さ 1.6 mm) の場合					
(a) 工場提供のまゝ					
第 5 表 (3) に同じ。					

昭和 15 年 2 月]

(b) 表面を磨く

t 16-14	1'60×20'17	204/205	20'7/20'8	280 600	
13	1'60×20'16	190/194	19'4/19'8	520 800	
17	"	174/177	17'7/18'0	814 700	
21	1'60×20'15	160/164	16'2/16'6	2 282 800	
26	1'60×19'86	140/143	14'3/14'6	5 298 400	
23	1'60×20'15	140/140	14'2/14'2	7 841 800	
10	1'60×20'17	129/131	13'2/13'4	10 109 100	未断

(3) 超デュラルミン (SDH) の場合

(a) 工場提供のまゝ

$H-6$	2'01×20'20	288/291	18'4/18'6	203 600	
1	2'02×20'20	239/248	15'1/15'6	268 100	
10	2'00×20'20	235/236	15'2/15'2	340 000	
2	2'01×20'21	204/209	13'0/13'3	365 700	
5	2'02×20'20	191/193	12'0/12'1	760 300	
7	"	177/180	11'2/11'4	2 765 600	
3	2'00×20'20	169/169	11'0/11'0	10 251 700	未断

(b) 表面を磨く

$H-8$	2'00×20'20	286/291	18'4/18'7	227 500	
4	2'00×20'18	238/243	15'4/15'7	342 300	
12	2'00×20'20	237/241	15'4/15'6	381 200	
9	2'00×20'19	232/233	15'0/15'1	403 300	
14	2'00×20'20	218/221	14'1/14'3	491 800	
15	"	200/203	12'9/13'1	2 013 800	
16	2'00×20'25	192/187	12'0/12'4	13 877 200	未断

銅、特殊磷青銅に就て疲試験を試みた。勿論試片は板の圧延方向にとり、その形状は $B=20$ mm, $R=15$ mm, $t=2.0$ mm としたが、唯表面条件だけは実際構成物体として使用する

第 13 図 試片の表面条件と疲強度の関係

(4) 超デュラルミン (SDR) の場合

(a) 工場提供のまゝ

$R-3$	2'01×20'33	301/307	19'1/19'5	98 400	
1	"	268/268	17'0/17'0	192 900	
2	"	229/231	14'5/14'6	325 300	
4	2'02×20'35	175/176	11'0/11'1	1 425 900	
6	2'02×20'33	160/164	10'0/10'3	6 273 000	
5	2'02×20'34	153/157	9'7/9'9	14 539 900	未断

(b) 表面を磨く

$R-10$	2'00×20'35	311/316	20'2/20'5	136 700	
12	2'00×20'26	260/268	16'3/16'8	548 900	
14	2'00×20'35	226/230	14'5/14'7	2 090 700	
13	2'00×20'23	211/213	13'6/13'7	5 302 900	
15	"	207/207	13'3/13'3	3 606 300	
11	2'00×20'35	194/195	12'4/12'5	17 702 700	

る事を考慮して工場提供のまゝとした。第 10 表(28 頁)は疲試験結果、第 11 表(29 頁)は各試材の化学成分、並に機械的諸性質を示し、亦第 15 図～第 17 図は繰返し力と繰返し回数の関係を示す。

5. 総 括

筆者等は シェンク式振動疲試験機 を使用して非鉄合金板

第 15 図 銅合金板の疲曲線

提供のまゝ 表面を磨く 提供のまゝ 表面を磨く 提供のまゝ 表面を磨く
デュラルミン (厚さ 2 mm) 超デュラルミン (SDH) 超デュラルミン (SDR)

第 14 図 試片の表面状況

材の 繰返し曲げ疲試験 を行つた。先づ第一に試験の標準を決定するために見かけ上の最高疲強度を示す様な試験片の形状を定め、次にその結果に基づいて二三銅合金、アルミニウム合金 及び マグネシウム合金 に就て試験した。尙板材に於てはその表面条件が疲試験結果にかなり大きい影響を及す事も見出した。

而してこれ等の実験結果を簡単に摘記すると次の様になる。即ち (1) 試験片の形状は軽合金を対象とし、且試験機の容量も考慮し

第 16 図 アルミニウム合金の疲曲線

て $R=15\text{ mm}$, $B=20\text{ mm}$, $t=2.0\text{ mm}$ 前後が最も適當である。

(2) 試験片の表面条件は疲強度にかなり大きな影響を與へ、

第 17 図 マグネシウム合金の疲曲線

チュラルミン

超チュラルミン (SDH)

超チュラルミン (SDR)

第 18 図 (つゞく) (×100)

ESD

アルミニウム合金 SA 3

アルミニウム合金 SA 2-B (軟化状態)

アルミニウム合金 SA 2-P (常温加工)

試片の表面を極く僅か (0.01~0.03 mm) 紙鈔や 黄銅磨き で磨くと疲強度は 8.2~26.7% 増加する事が解つた。故に材料本来の性質を比較検討せんには出来るだけ良好なる表面条件に於て試験せねばならぬが、板材は棒材と異なり工場提供のまゝで構成物体に使用される事が多いから、使用状態に則した値を求めるためには提供されたまゝで試験する必要がある。

(3) 銅合金、アルミニウム合金及び マグネシウム合金 の 13 種類に就て疲試験を行ひ、且他の機械的諸性質を調べた。

(追記) 本機は シェンク型疲試験機としては極めて古い型に属し、或はカール・センク會社に於て試作品の中に数へられる物であるかも知れぬ。それ故に機械の外観も頗る不恰好であり、亦機械その物としても使ひ難い点が多々あつた

第 18 図 各種試片の顕微鏡組織 (×100)

が最近の會社の型録や亦本邦に於て製作されてゐる物はこれ等の欠点を除いて頗る使い易い様に改良されてゐる。第 1 図に掲げた写真等も最近の發賣の物と比較すると随分異なつてゐると思はれるので一言断つておく。

第 9 表 表面条件が疲強度に及ぼす影響

試 材	表面条件	疲 強 度 kg/mm ²	疲強度の増加 率 %
デュラルミン (厚さ 2.0 mm)	提供のまゝ	11.0	8.2
	表面を磨く	11.9	
デュラルミン (厚さ 1.6 mm)	提供のまゝ	12.3	13.0
	表面を磨く	13.9	
超デュラルミン (SDH)	提供のまゝ	11.1	12.6
	表面を磨く	12.5	
超デュラルミン (SDR)	提供のまゝ	10.1	26.7
	表面を磨く	12.8	

第 10 表 各試材の疲試験結果

試片の厚さ×巾 mm	顕微鏡の読み 1/100mm	曲げ應力 kg/mm ²	繰返回数	摘要
(1) デュラルミン				
2.01×20.28	287/294	18.2/18.6	312 400	
"	259/269	16.4/17.1	377 950	
2.01×20.30	247/250	15.7/15.9	520 200	
"	222/224	14.1/14.3	690 900	

試片の厚さ×巾 mm	顕微鏡の読み 1/100 mm	曲げ應力 kg/mm ²	繰返回数	摘要
2.01×20.29	201/204	12.8/13.0	1 162 700	
2.01×20.30	184/187	11.6/11.8	1 829 000	
"	172/175	10.9/11.1	8 563 500	未断
"	168/170	10.7/10.8	9 754 000	"

(2) 超デュラルミン (SDH)

2.02×19.98	252/255	16.1/16.3	469 500	
2.02×19.99	236/238	15.0/15.1	606 400	
2.02×20.00	237/237	15.0/15.0	449 700	
2.03×20.30	228/230	14.1/14.2	573 100	
2.02×20.31	221/221	13.8/13.8	823 000	
2.03×20.03	210/211	13.1/13.2	5 276 700	
2.02×20.02	196/199	12.4/12.6	3 166 300	
2.02×19.98	189/192	11.1/12.1	7 972 600	
2.02×19.98	182/184	11.5/11.6	16 354 600	未断

(3) 超デュラルミン (SDR)

2.02×20.30	247/252	15.5/15.8	250 000	
2.02×20.35	227/230	14.2/14.4	341 000	
2.02×20.31	208/210	13.0/13.1	454 600	
"	176/179	11.1/11.3	1 231 000	
2.01×20.28	168/173	10.7/11.0	3 901 900	
2.02×20.30	158/160	9.9/10.0	9 915 300	未断

(4) 超々デュラルミン (ESD)

2.03×20.15	303/306	19.0/19.2	265 400	
2.03×20.13	264/270	16.7/17.1	394 000	
2.03×20.15	238/241	15.0/15.2	670 500	
2.02×20.15	233/234	14.7/14.8	453 500	

試片の厚さ×巾 mm	顕微鏡の読み 1/100 mm	曲げ應力 kg/mm ²	繰返回数	摘要
2'01×20'15	224/225	14'4/14'5	1 016 500	
2'02×20'15	226/228	14'3/14'4	1 351 300	
"	223/224	14'1/14'2	1 583 600	
2'03×20'17	219/223	13'8/14'1	3 677 200	
2'02×20'15	213/215	13'4/13'6	9 035 700	

(5) アルミニウム合金 (SA 3)

2'00×20'22	165/170	10'6/10'9	27 500	
2'00×20'30	140/143	9'0/9'2	293 500	
2'00×20'25	132/132	8'5/8'5	298 300	
"	122/122	7'8/7'8	459 000	
2'00×20'22	117/120	7'5/7'7	635 500	
2'00×20'25	107/108	6'9/7'0	1 653 800	
2'00×20'22	98/98	6'3/6'3	7 718 400	未断
2'00×20'30	81/82	5'2/5'3	6 732 700	"

(6) アルミニウム合金 (SA 2-B 圧延状態)

2'02×19'94	245/248	15'7/15'9	132 300	
2'02×19'97	225/229	14'4/14'7	462 000	
2'02×19'99	207/210	13'3/13'5	458 700	
"	196/197	12'5/12'6	1 197 600	
2'02×19'97	185/188	12'0/12'2	12 265 900	未断
2'01×20'01	166/169	10'7/10'9	9 870 000	"
2'01×19'98	150/152	9'7/9'8	8 282 900	"

(7) アルミニウム合金 (SA 2-B 軟化状態)

2'02×19'65	212/215	13'8/14'0	15 900	
2'01×19'67	208/210	13'5/13'7	37 800	
2'02×19'67	192/198	12'5/12'8	32 300	
2'02×19'65	181/182	11'7/11'8	157 300	
"	151/151	9'9/9'9	389 900	
"	145/150	9'4/9'7	683 300	
2'02×19'66	139/141	9'0/9'2	863 400	
2'02×19'67	131/134	8'5/8'7	3 453 800	
2'02×19'65	125/125	8'1/8'1	10 650 300	未断
"	111/111	7'2/7'2	8 194 700	"

(8) マグネシウム合金 (AZM)

2'01×20'20	150/152	9'6/9'7	496 300	
2'01×20'15	143/145	9'1/9'3	491 900	
2'00×20'18	123/124	7'9/8'0	956 300	
"	121/121	7'8/7'8	2 120 800	
2'01×20'13	114/114	7'3/7'3	794 400	
2'00×20'15	113/114	7'3/7'4	11 763 250	
2'01×20'13	111/112	7'1/7'2	8 647 100	未断
2'01×20'14	96/97	6'1/6'2	9 364 900	"

(但し試片は圧延方向に直角なる方向に採取)

(9) マグネシウム合金 E₂

2'00×19'97	161/161	10'5/10'5	45 200	
2'00×19'99	130/133	8'5/8'7	155 000	
2'01×19'99	109/111	7'0/7'1	828 700	
2'00×20'00	101/102	6'6/6'7	7 878 600	
2'01×19'98	97/97	6'3/6'3	9 474 300	
2'00×19'99	92/93	6'0/6'1	4 331 900	
"	92/92	6'0/6'0	10 570 400	未断

(但し試片は圧延方向に直角なる方向に採取)

(10) 7-3 黄銅

2'01×20'20	274/274	17'4/17'4	945 000	
2'01×20'22	240/244	15'2/15'5	1 356 200	
2'01×20'18	215/223	13'7/14'1	2 157 300	
2'00×20'15	212/212	13'7/13'7	2 483 500	
2'00×20'21	191/192	12'3/12'4	4 736 500	
2'01×20'21	183/184	11'6/11'7	4 929 100	
2'01×20'16	166/167	10'5/10'6	13 096 600	未断

(11) 4-6 黄銅

2'01×19'98	274/277	17'5/17'7	987 500	
2'01×19'99	217/218	13'7/13'8	3 243 000	
2'00×19'97	193/194	12'5/12'6	5 415 500	
2'01×20'00	183/185	11'5/11'6	9 454 400	

第 11 表 各試材の化学成分、熱処理及び機械的諸性質

試 材	熱 処 理	成 分 %										耐 力 (0.2%) kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	伸 %	疲強度 kg/mm ²
		Cu	Mn	Mg	Fe	Si	Al	Zn	Cr	Su	P				
デュラルミン	500°C 焼入、時効	3.85	0.46	0.48	0.44	0.33	R					25.2	40.8	18	11.0
超デュラルミン (SDH)	495°C 焼入、時効	4.23	0.61	1.45	0.31	0.14	"					27.7	47.8	20	11.8
同 上 (SDR)	495°C 焼入、時効、加工	4.53	0.60	1.44	0.29	0.16	"					37.4	48.0	17	10.4
超々デュラルミン (ESD)	470°C 焼入、127°C 焼戻	2.00	0.58	1.57	0.32	0.15	"	8.04	0.19			53.6	58.7	12	13.5
アルミニウム合金 (SA 3)	500°C 水冷		1.35	0.60	0.35	0.21	"					9.3	17.3	21	6.1
アルミニウム合金 (SA 2-B)	410°C 軟化			2.98	0.32	0.20	"					7.8	20.8	22	8.3
同 上	380°C 軟化、常温加工			"	"	"	"					31.1	3.3	5	12.1
マグネシウム合金 (AZM)	300°C 軟化		0.31	R	0.03	0.02	6.76	1.05				22.0	30.6	14	7.2
同 上 (E ₂)	同 上		0.60	"	"	0.04	0.48	0.07				18.7	22.0	2	6.2
7-3 黄銅	圧延のみ	70.29						29.70				30.4	40.1	49	10.9
4-6 黄銅	"	60.23						39.76				30.1	44.1	38	11.5
磷青銅	"	93.72							6.04	0.24			62.8	17	17.0
特殊磷青銅	"	94.74			1.29	0.53				3.29	0.15		64.5	10	16.8

但し伸は G.L.=50 mm に就て計測せるもの、疲強度は繰返数 10⁷ に対するもの

昭和 15 年 2 月]

(12) 磷青銅

2'00 × 10'92	246/249	29'4/29'8	422 600	
2'00 × 10'90	217/217	25'8/25'8	901 300	
2'00 × 10'88	197/200	23'5/23'8	1 229 600	
2'01 × 10'87	163/169	19'5/20'1	2 242 800	
2'00 × 10'90	146/153	17'5/18'2	7 197 100	
2'00 × 10'93	133/138	16'0/16'5	15 478 400	未断

(但し試片の $R=16$ mm, $B=10$ mm)

(13) 特殊磷青銅

2'00 × 10'09	250/255	32'5/33'7	208 200	
2'00 × 10'02	216/223	28'1/29'0	437 800	
2'00 × 10'08	184/188	24'0/24'5	908 400	
2'01 × 10'08	158'162	20'6/21'2	2 814 100	
2'01 × 10'07	146/147	19'0/19'3	1 494 500	
2'00 × 10'01	136/137	17'8/17'9	8 379 400	
2'00 × 10'00	129/135	16'8/17'5	4 170 400	
2'01 × 10'02	127/129	16'5/16'7	13 745 700	未断

(但し試片の $R=16$ mm, $B=10$ mm)

(昭和 14 年 12 月 9 日受付)

← 討 議 →

質問 (池田正二君)⁽¹⁾ 試験片は中央に於て断面積が最小になつてゐる理想的に取付けられるならばこの最小の断面の所に計算上の應力が作用する筈であります。

問題はこの試験片の取付けであります。試験片の両端にある孔が正確に寸法通りに穿けられてゐないと計算上の應力の値は極めてあやしいものとなる恐れがある様に思はれます。この孔の穿けられる場合には、ジグ 何かを用ひられ必ず寸法に間違のない様になつてゐるのでしょうか。

應答 (深井誠吉君) 試験片の工作に就きまして、孔の径は取附用ボルトの径よりも $1/16$ in 位大きくする必要があります。何故ならば試片に所定の曲げ應力を與へるためには應力計側の 握み の 振れ角 よりも電動機側の 握み の 振れ角 が大きく、従て理論上では加應力時に於て両 握み の ボ

ルト 間を結ぶ弾性曲線の長さは加應力前 (両 握み が水平位置にある時) の長さよりも短くなり、もし試片の孔とボルトの径が同一寸法にして、亦その間隔も同一寸法ならば試片はボルトと試片の接触箇所にて軸方向の應力を受けその点に高應力集中が起り試片全体を 握み で取附ける事の意義がなくなります。故に試片は成形に當つては孔の間隔を正しくする事よりもその全長 90 mm と断面積が最小なる箇所の位置とを正確にケガキし、亦両 握み を水平の位置において時における 握み の両端の長さを正しく 90 mm に作つておき、握み の上に試片を載せた時その両端が正しく 握み の端と一致してゐるや否やを確かめ、然る後 ナット を締めると試片の中心は 握み の中心線と必ず一致すると思ひます。

任意の質量力又は慣性力の作用する場合 の二次元問題とその應用(第1報)⁽²⁾

(昭和 14 年 12 月 8 日 第 362 回講演會に於て講演)

正 員 溝 口 孝 喜⁽³⁾

摘 要

二次元問題に於て任意の質量力又は慣性力 (以下總て質量力と称す) が作用し、平衡を保つてゐる場合に就き論じ、直角座標、極座標各場合における應力函数を求め、該函数の充す可き基礎微分方程式を導き、且その應用に就て論じたものであるが第 1 報にては専ら基礎理論に就て述べる。

1. 二次元應力問題

1. 直角座標 平面を xy 面とし、 z をこれに垂直な方向とする。本題の場合でも二次元應力としての應力、歪等に関する定義は質量力無き場合と同一とする。即ち第 1 図に於て、

(1) 鉄道省鉄道大臣官房研究所。

(2) Two Dimensional Problem under any Body, Force or Inertia Force and its Application (1st Report).

(3) Kôki Mizoguchi, Member, The Tôyô Kôdô Kôgyô K.K. 東洋高圧工業會社。

σ_x, σ_y : 夫々 x, y 方向の直應力にして引張を正とする。

$\sigma_z=0$ (z 方向の直應力)

τ_x : xy 面内の剪断應力にして、その正の方向は一般従來の慣例に従ひ第 1 図に示せる方向とする。

$\tau_x=\tau_y=0$ (夫々 xy 面に垂直な方向の剪断應力)

f_x, f_y : 夫々 x, y 方向の單位容積に作用する質量力にして各軸の方向を正の方向とする。

然るとき、 x -軸及び y -軸の方向の力の平衡を考へれば夫夫次式を得る。

[第 6 卷 第 22 号 (第 1 部)]