アルミニウム合金棒材の回転曲げ疲労試験

竹 内 勝 治*

ROTATING BEAM FATIGUE TEST OF Al ALLOYS

KATSUZI TAKEUCHI

The endurance tests were carried out with Ono's rotary bending machine. The results of these tests were indicated on each figure and studied the relation between fatigue strength at 10,000,000 cycles and tensile properties.

(Received July 22, 1955)

1. 緒 言

アルミニウム合金は航空機材料として使用される場合が多いので疲労に関する資料は重要であり、多くの研究結果が発表されている。

戦後における特徴として我が国でも米国規格に依る材料が使用されるようになって来た為に、戦前の日本航空機規格に示された合金と類似の成分のもあり又若干成分範囲の変つたものも認められる。故にこの米国規格に依るものに就いて疲労曲線を求め耐疲労性を検討しておく必要があるので、主要な実用アルミ合金棒材に就いて試験を行つた。

2. 試料及び試験方法

供試材の各成分は Table. 1 に示す如く実用アルミ合金13種で、16.7mmφより26mmφまでの押出し又は抽伸材であり、各処理後の機械的性質はTable. 2に示す。

Table. 1 Chemical Compositions of Specimen (percent)

Specimen	Cu	Mg	Mn	Si	Fe	Cr	Ti	Zn	Pb	Bi	Al
2 S	0.04	—	0.02	0.17	0.28	—	—	—	—	—	99.49
3 S	0.02	—	1.21	0.21	0.56	—	—	—	—	—	Bal.
11 S	5.59	Tr	0.04	0.14	0.30	—	—	0.01	0.30	0.35	〃
14 S	4.36	0.36	0.80	0.94	0.28	Tr	—	〃	—	—	〃
17 S	3.87	0.38	0.49	0.51	0.53	〃	—	0.08	—	—	〃
A17 S	2.56	0.24	0.02	0.25	0.25	0.04	0.02	0.07	—	—	〃
24 S	4.48	1.44	0.62	0.22	0.30	Tr	0.01	0.06	—	—	〃
25 S	4.61	0.02	0.83	0.80	0.34	〃	〃	Tr	—	—	〃
52 S	0.08	2.34	0.02	0.13	0.16	0.25	—	0.04	—	—	〃
56 S	〃	5.30	0.13	0.14	0.34	0.11	0.01	0.01	—	—	〃
61 S	0.28	1.04	0.03	0.59	〃	0.27	0.05	0.06	—	—	〃
63 S	0.04	0.59	0.01	0.38	0.29	0.06	0.01	0.01	—	—	〃
75 S	1.65	2.56	0.03	0.19	0.31	0.28	0.05	5.60	—	—	〃

疲労試験は小野式回転曲げ疲労試験機で行い繰返数は毎分1,700回である。疲労試験片は Fig. 1 に示す如き標準寸法のもので、平行部は旋削加工後 #400番エメリー研磨紙で研磨後バフ仕上とした。試験は繰返数10,000,000回における疲労強度を測定した。以下に示す S-N 線図は縦軸に応力振巾、横軸に対数目盛で繰返数を示す。

3. 試験結果及び考察

試験結果は各材質別に Fig. 2 より Fig. 14 に示す。以下得られた結果に就いて検討すると、

1. 一般に Duralumin 系合金は押出しの特性等があるが、熱処理後の機械的性質が影響を受ける事がある。従つて工場における製造条件に依つては17Sの場合 T_4 処理後の抗張力が 40kg/mm^2 から 50kg/mm^2 の範囲に変動する場合も認められる。Fig. 15 はこれらのものに就いての回転曲げ疲労試験の資料をまとめて耐力、抗張力と疲労強度 (10^7) との関係を図示したものである。この図より

(1) 耐力と疲労強度との比は耐力が減少すると1に近づくが耐力が高くなると比は一定になる傾向がある。

(2) 抗張力と疲労強度の比は抗張力が変わつても殆ど変化せず大凡0.33の比を保持している事が認められる。

なお抗張力等が高く疲労強度の高いものは疲労曲線の傾きが鋭くなる傾向があるが、抗張力 49.4kg/mm^2 、耐力 33.4kg/mm^2 伸19%のものに就いて回転曲げ疲労を行つた結果では各疲労強度が 10^5 で 27.9kg/mm^2 、 10^6 で 21.5kg/mm^2 、 10^7 で 16.5kg/mm^2 、 2×10^7 で 15.5kg/mm^2 示しこの繰返数附近より疲労曲線の傾きは殆ど水平に

* 住友金属工業株式会社伸銅所技術部研究課
Sumitomo Metal Ind. Co., Ltd.

なり繰返数 10^8 において 15kg/mm^2 の疲労強度を保持し得た例も認められた事を附記する。

2. 24S も前項の 17S と同様な傾向を有するもので戦前は S D の疲労強度 (10^7) は 16kg/mm^2 と称されていた。故に Fig. 8 に示す T_4 の繰返数 10^7 における疲労強度 19kg/mm^2 は高いようにも考えられるが、機械的性質と疲労強度 (10^7) とに就いて検討した結果は Fig. 16 に示す如くで耐力、抗張力と疲労強度との関係は 17S にお

けるのと同様な傾向が認められた。この Fig. 15 及び Fig. 16 に依り 17S 及び 24 に就いて機械的性質を測定すれば繰返数 10^7 回における疲労強度がある程度推察できるものと考ええる。

3. Fig. 9 に示した 25S- T_6 材の疲労強度は繰返数 10^7 において 16.5kg/mm^2 を示しているが抗張力が 50kg/mm^2 近い値を示しているので得られた疲労強度が高いものと考えられる。

Table. 2 Mechanical Properties of Specimen

Alloy	Size mm	Treatment	Mechanical Properties				
			Elastic limit kg/mm^2	Yield strength (0.2% offset) kg/mm^2	Tensile strength kg/mm^2	Elongation %	Rockwell hardness
2 S	20 ϕ drawn	0	—	2.5	8.0	49	—
		25%red	—	9.5	10.2	28.5	—
3 S	16.7 ϕ drawn	0	—	6.3	12.8	3.6	—
		30%red	10.6	16.4	17.2	16.5	—
11 S	26 ϕ	T_8	18.0	30.3	40.2	13	F 93.0
14 S	18.5 ϕ drawn	T_4	22.3	33.2	48.3	18	B 65.0
		T_6	37.7	45.9	50.8	11	B 76.5
17 S	20 ϕ drawn	0	7.0	9.2	22.2	18	F 54.0
		T_4	18.5	24.6	41.0	23	B 63.0
A17 S	20 ϕ drawn	0	3.6	5.5	16.2	32	(H B 39.0)
		T_4	12.8	15.9	29.1	"	F 75.0
24 S	"	0	8.2	10.5	22.8	20	F 57.0
		T_4	33.5	42.0	58.6	17	B 77.5
25 S	17 ϕ extruded	0	5.3	9.0	18.6	24.5	F 54.0
		T_4	17.1	23.2	40.1	14	F 81.5
		T_6	21.6	31.9	49.5	16	F 96.5
52 S	17 ϕ drawn	0	7.5	9.6	19.3	32	F 40.0
		30%red	16.0	25.1	27.1	13	F 72.0
56 S	"	0	14.9	15.1	30.2	33	F 65.5
		30%red	22.6	37.6	41.8	12	F 89.0
		stabilized	18.0	27.5	37.3	18	F 86.0
61 S	20 ϕ extruded	0	5.8	7.8	15.1	26	(H B 37.0)
		T_4	9.1	12.6	23.6	29.5	F 64.0
		T_6	23.8	28.1	31.0	17.5	F 88.5
63 S	"	0	1.6	3.6	9.8	41	(H B 26.0)
		T_4	5.0	7.7	18.1	36	F 45.0
		T_5	8.9	13.0	18.2	24.5	F 44.5
		T_6	17.3	21.1	25.3	22	F 73.5
75 S	"	0	8.2	13.0	24.1	18	F 58.5
		T_4	34.6	44.2	61.3	12.5	B 77.0
		T_6	44.8	58.4	65.0	12	B 90.0

Fig. 1 Form and dimensions of fatigue-test specimen

Fig. 2 S-N curves of 2S Al alloy

Fig. 3 S-N curves of 3S Al alloy

Fig. 4 S-N curves of 11S-T₈ Al alloy

Fig. 5 S-N curves of 14S Al alloy

Fig. 6 S-N curves of 17S Al alloy

Fig. 7 S-N curves of A17S Al alloy

Fig. 8 S-N curves of 24S Al alloy

4. Al-Mg 合金においては加工状態で常温に長期に亘り放置すると抗張力は殆ど変らないが耐力が徐々に低下し伸びが増加する傾向にあるといわれ、この為に安定化処理を施す事が推奨されている。Fig. 11は56S 30%抽伸材に就いて175°C × 3 h の安定化処理を施した例を示したのであるが、抽伸の儘のものと比較してみると疲労曲線の形状等より安定化処理を施す事は耐疲労性に有利

な事が認められ、なおこの事実は本報告には示さないが52等に就いても認められた。

5. 機械的性質と疲労強度との関係を示した例は数多く見受けられるのであるが各実験結果より抗張力と繰返し数 10^7 回における疲労強度との関係を求めると Fig. 17 の如くで、これより抗張力と疲労強度との関係の概略が示される。

Fig. 9 S-N curves of 25 S Al alloy

Fig. 10 S-N curves of 52 S Al alloy

Fig. 11 S-N curves of 56 S Al alloy

Fig. 12 S-N curves of 61S Al alloy

Fig. 13 S-N curves of 63S Al alloy

Fig. 14 S-N curves of 75S Al alloy

Fig. 15 Relation between fatigue strength (σ_w) at 10,000,000 cycles and tensile properties of 17S-T4 Al alloy

Fig. 16 Relation between fatigue strength (σ_w) at 100,000,000 cycles and tensile properties of 24S-T4 Al alloy

Fig. 17 Relation between rotating beam fatigue strength (at 10^7 cycles) and tensile strength of Al alloy

4. 結 語

実用アルミ合金棒材13種に就いて回転曲げ疲労性を求

め、併せて機械的性質と疲労強度 (10^7) との関連性に就いて二、三の例を示した。

* 昭和29年11月軽金属研究会第7回秋季大会にて発表