試験片の大きさ、表面仕上及び砂吹きが デュラルミン及び 超デュラルミンの疲強度に及ぶ影響に就て⁽¹⁾

(昭和 13 年 11 月 5 日 応用力学講演會に於て講演)

正 員 五十嵐 勇⁽²⁾ 准 員 深井 誠吉⁽³⁾

摘 要

小野式 繰返彎曲試験機を用ひて、軽合金疲試片の大きさ及び表面仕上程度が疲強度に及ぶ影響を研究し、試片の標準寸法及び標準仕上方法を決定した。尚、砂吹きが疲強度に及ぶ影響も見た。

1. 緒 言

同じ材料を同じ試験機で試験した場合に於ても疲強度が異なることは周知の如く、今試みに デュラルミン に就て二三の結果を摘録すれば第 1 表の様になる。

而してかゝる差異を生ずる原因としては、種々なる因子が考へられるが、試験片の大きさ及び表面仕上方法等もその中の重要なもの、一つではあるまいか。茲に筆者等は軽合金に

就てその試験片形状及び表面仕上を如何にしたら最高の疲強度が得られ、且実際問題としても適當であるかに就て試験し、その標準寸法、標準仕上寸法を決定し、併せて 砂吹き による影響を研究しようとした。

2. 試 料

供試材料は デュラルミン 及び 超デュラルミン であつて工場に於て熱処理した直径 25 mm 抽伸棒より採取、その成分

第 1 表 デュラルミン 棒材の 疲強度 (材料は 12~30 mm 焼入時効したもの)

疲 強 度 kg/mm ²	機 械 的 性 質			成 分 %					試 験 機	実 験 者
	引張強さ kg/mm ²	伸 %	硬 度 ブリネル	Cu	Mn	Mg	Si	Fe		
9.8 (4×10 ⁸)	35.8	16	100	3.25	Tr	0.70	0.28	0.28	R. R. Moore's	R. R. Moore D. J. McAdam { W. D. Boone & H. B. Wishart H. J. Gough Alcoa Cö. Alcoa Cö. H. J. Gough Wagner Wagner Wagner Jünger Lehr Ludwick
12 (10 ⁸)	42.9	20.5	118	4.0	0.5	0.5			Farmer's	
12 (5×10 ⁷)				4.24	0.71	0.56	0.24	0.59	高 速 彎 曲	
15.2 (1×10 ⁷)	44.2	15	106	4.25	0.64	0.64	0.22	0.82	Wöhler's	
10.6 (5×10 ⁸)	33.8	23	80	4.0	0.5	0.5			R. R. Moore's	
9.9 (5×10 ⁸)	35.8	16	100	4.0	0.5	0.5			R. K. Moore's	
15 (1.2×10 ⁷)	47.1	16	118	4.18	—	0.66	0.19		R. R. Moore's	
12 (2×10 ⁷)	47.5	15		4.0	0.5	0.6	0.4		Rotary Bending	
11 (2×10 ⁷)	41.0	21		4.0	0.5	0.6	0.4		Rotary Bending	
12 (2×10 ⁷)	42.7	19.5		4.0	0.5	0.6	0.4		Rotary Bending	
12 (2×10 ⁸)	38.3	12							Rotary Bending	Jünger
14 (2×10 ⁸)	40.0	15							Rotary Bending	Lehr
14 (2×10 ⁸)	40.8	18							Rotary Bending	Ludwick
14.7 (10 ⁷)	41.6	25	96	3.69	0.45	0.44	0.33	0.48	小 野 式	住友伸銅所
13.5 (10 ⁷)	40.8	26	103	3.74	0.44	0.46	0.35	0.36	小 野 式	住友伸銅所
14.2 (10 ⁷)	39.2	24	98	3.76	0.46	0.43	0.38	0.33	小 野 式	住友伸銅所

第 2 表 試材の成分並に機械的性質

材 質	成 分 %					機 械 的 性 質				
	Cu	Mn	Mg	Si	Fe	降伏点 0.2%- kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	伸 %	ブリネル硬度 10/500/30	ロックウエル硬度 B 100 kg
デュラルミン	3.74	0.45	0.46	0.35	0.36	25.1	40.8	26	103	65
超デュラルミン	4.40	0.59	1.45	0.11	0.26	30.8	48.7	24	118	78

(1) On the Influence of Size, Surface Finish and Sand-Blasting of Specimen on the Results of Fatigue Tests of Duralumin and Super-Duralumin. (2) Isamu IGARASHI, Member, The Research Laboratory of Copper Work of Sumitomo Metal Industries. 住友金属工業會社伸銅所研究部。 (3) Seikiti FUKAI, Associate Member, The Research Laboratory of Copper Work of Sumitomo Metal Industries. 住友金属工業會社伸銅所研究部。

並に機械的性質は第 2 表に示す。

3. 試 験

試験片形状は第 1 図に示す如き形状を有し、試験機は小野式繰返彎曲試験機 (1 700 rev/min) を用ひた。

[第 5 卷 第 18 号]

(1) 試験片の大きさの影響 掘み部分の直径を D (mm) として

$$R \approx K \frac{D}{d}$$

茲に d = 平行部の直径 (mm),

R = 隅肉の半径 (mm),

K = 定数にして従来筆者等の

使用する寸法 ($R=10$, $d=10$) より求めた。

第 1 図 試験片形状

(2) 試験片の表面仕上の影響 試片の寸法は $d=10$,

$R=10$, $D=15$ (試片 No. 1) とし、次の 4 種の仕上方法を試みた。

(a) 仕上方法 No. 1 (基準仕上方法)

i) 先づ右突切りバイトを用ひ旋盤の回転数 215 rev/mn, 切込み 2 mm, 送り 0.75 rev/mn に於て 16 mm 直径迄旋削する。

第 2 図 形状の影響 (デュラルミンの場合)

第 4 図 表面仕上の影響 (デュラルミンの場合)

第 3 図 形状の影響 (超デュラルミンの場合)

第 5 図 表面上の影響 (超デュラルミンの場合)

第 3 表 平行部径を異にする試片の引張強さ試験結果

平行部径 mm	引張強さ kg/mm²	伸 %
デュラルミンの場合		
10	40.6	26 (G. L. = $4\sqrt{A} \approx 35$)
8	41.2	26 (G. L. = $4\sqrt{A} \approx 28$)
5	37.4	27 (G. L. = $4\sqrt{A} \approx 18$)
超デュラルミンの場合		
10	48.7	24 (G. L. = $4\sqrt{A} \approx 35$)
8	48.2	23 (G. L. = $4\sqrt{A} \approx 28$)
5	46.8	25 (G. L. = $4\sqrt{A} \approx 18$)

なる関係を満足する様な d 及び R を有する試験片を作つた。即ち

試片 No. 1 (基準寸法)	$d=10$ mm, $R=10$ mm
試片 No. 2	8 mm, 13 mm
試片 No. 3	5 mm, 20 mm

工作方法並に表面仕上寸法は、標準仕上方法 (後述) を採用した。而して同時に疲試験片と同じ形状を有する抗張試験片各 3 本宛を旋削した。尙 $d=13$, $R=8$ なる寸法を有する疲試験片は、試験機の容量不足のため試験することが出来なかつた。

昭和 14 年 2 月]

第 4 表 砂吹きした試験の引張試験及び硬度試験結果

耐力 0.2%-kg/mm²	引張強さ kg/mm²	伸 %	ヴィカース硬度 5 kg
デュラルミンの場合			
23.4	39.3	25	137
超デュラルミンの場合			
31.5	49.0	21	164

ii) 平行部を i) 同様な回転数、送り、切込み約 1mm で旋削すること 4 回程で $d \approx 10.3$ mm とする。

iii) 掘み部分を i) 同様な回転数、送り、切込み 0.25 mm で旋削すること 2 回 $D \approx 15.00 \pm 0.03$ mm とし、然る後所定の寸法に仕上げる。

iv) 平行部は隅肉の半径に等しい丸味を持つ成形バイトを用ひ、回転数 76.7 rev/mn (削り速度 $V \approx 2.4$ m/mn), 送り 0.75 rev/mn, 切込み 0.08 mm にて 2 回旋削し、その後理研コランダム布 B-8 及び B-0 を石油に浸したもので仕上研磨を行ひ、 $d=10.00 \pm 0.01$ mm とする。

(b) 仕上方法 No. 2 (研磨機仕上方法)

i) 仕上方法 No. 1 に同じ。

- ii) 仕上方法 No. 1 と同様にして $d=10.5 \text{ mm}$ とする。
 iii) 仕上方法 No. 1 に同じ。
 iv) 研磨機にて $d=10.00 \pm 0.01 \text{ mm}$ に仕上げる。
 (c) 仕上方法 No. 3 (荒旋削仕上方法)
 i) 仕上方法 No. 1 に同じ。
 ii) 仕上方法 No. 1 に同じ。
 iii) 回転数 215 rev/mn ($V=6.8 \text{ m/mn}$), 送り 1.5 rev/mn , 切込み $0.08 \sim 0.10 \text{ mm}$ で仕上方法 No. 1 と同じ成形バイトを用ひ、2 回旋削を繰返し $d=10.00 \pm 0.03 \text{ mm}$ に仕上げた儘とする。
 (d) 仕上方法 No. 4 (極上仕上方法)

第 7 図 砂吹きの影響 (デュラルミンの場合)

第 8 図 砂吹きの影響 (超デュラルミンの場合)

(A) 砂吹き前 (B) 砂吹き後 (C) 砂吹きした後コランダム布で磨いた表面

D はデュラルミン、SD は超デュラルミンを示す

第 9 図 砂吹きした試片の写真

- i)~iv) 仕上方法 No. 1 に同じ。
 v) 顕微鏡試片の研磨に使用する羅紗布に黄銅磨き (ルビー印) を付けて極く入念に仕上げたもの。

而して上記 4 種の仕上方法は、何れも試片軸に直角な方向に行つた。

(3) 砂吹きの影響 標準仕上を行つた試片 No. 1 の掴み部分に布を巻いて保護した上で、當所鑄造工場備附の砂吹き機械 (砂の大きさ 40 mesh, 吹口の風圧 14 kg/mm^2 , 吹口より加工物表面迄の距離約 100 mm , 噴射時間約 30 s/本 に

第 5 表 砂吹きによる試片の重量変化

直径の変化		重量の変化	
砂吹き前 mm	砂吹き後 mm	砂吹き前 g	砂吹き後 g
デュラルミンの場合			
10.00	10.03~10.04	85.6700	85.6600
超デュラルミンの場合			
10.00	10.03~10.05	85.6425	85.6290

第 6 表 疲強度に及ぶ試験片の大きさ表面仕上及び砂吹きの影響

	試験片 No.	疲強度 kg/mm²	引張強さ kg/mm²	伸率 %	硬さ	疲強度の変化	(疲強度) 引張強さ
デュラルミンの場合	大いさの影響						
	試片 No. 1	13.5	40.8	26	103 (HB)	1.00	0.33
	試片 No. 2	13.3	41.2	26	—	0.98	0.32
	試片 No. 3	12.5	37.4	27	—	0.93	0.33
	表面仕上の影響						
	仕上方法 No. 1	13.5	40.8	26	103 (HB)	1.00	0.33
	仕上方法 No. 2	13.8	—	—	—	1.03	—
	仕上方法 No. 3	13.8	—	—	—	1.03	—
	仕上方法 No. 4	14.5	—	—	—	1.08	—
	砂吹きの影響						
	砂吹き前	13.5	40.8	26	120 (HU)	1.00	0.33
	砂吹き後	15.0	39.3	25	141 (HU)	1.11	0.38
超デュラルミンの場合	大いさの影響						
	試片 No. 1	17.0	48.7	24	118 (HB)	1.00	0.35
	試片 No. 2	16.7	48.2	23	—	0.98	0.35
	試片 No. 3	15.2	46.8	25	—	0.89	0.33
	表面仕上の影響						
	仕上方法 No. 1	17.0	48.7	24	118 (HB)	1.00	0.35
	仕上方法 No. 2	16.6	—	—	—	0.98	—
	仕上方法 No. 3	15.8	—	—	—	0.93	—
	仕上方法 No. 4	16.6	—	—	—	0.97	—
	砂吹きの影響						
	砂吹き前	17.0	48.7	24	137 (HU)	1.00	0.35
	砂吹き後	18.3	49.0	21	164 (HU)	1.08	0.38

(疲強度は繰返数 10^7 に対する繰返応力)

デュラルミン

超デュラルミン

仕上方法 No. 1 (標準仕上方法)

仕上方法 No. 2 (研磨機仕上方法)

仕上方法 No. 3 (荒旋削仕上方法)

仕上方法 No. 4 (極上仕上方法)

第 6 図 試片表面の顕微鏡写真 (×100)

昭和 14 年 2 月]

デュラルミン

超デュラルミン

(A) 砂吹き前

(B) 砂吹き後

(C) 砂吹き した後コランダム布にて磨いた表面

第 10 図 砂吹き した試片表面 (×100)

デュラルミン

超デュラルミン

第 11 図 砂吹き した試片断面の顕微鏡組織 (×100)

て平行部に噴砂を行ひ、併せて引張試験片にも同様操作を行つた。

4. 試験結果

第 3~6 表及び第 2~11 図に示す。

これ等の結果に明らかな如く

1) 試片の d/D が小さくなると疲強度は減少するが、同時に引張強さも減少し、疲強度/引張強さの比は略等しくなる。

2) 砂吹きは試片の表面を粗としてこれに起因する所謂ノッチエヘクトのために疲強度を低下せしめるが、その反面表面の硬化はこれを補つて尚余りあり、疲強度に於て約 10% 増加を示す。而して試片の直径が大きくなるのは表面が粗になり、ために見かけ上の増加を来したに過ぎない。何故なれば重量は減少してゐるからである。又疲強度は高められるのに引張強さは変化せず、伸の減少することから考へて表面の硬化層は極く僅かであらう。

尚これ等の試験に於て次の諸点は興味ある問題である。

1) 荒旋削仕上方法にて作られた試片は隅肉の仕上が困難であるため、この部から破断した物が多かつた。然し試片を回轉する際の振動は他の仕上方法によるものと何等変らなかつた。

2) 砂吹きした試片は平行部断面が偏円になること第 5 表の如く、これに起因する振動のため疲強度はある種の影響を受けるであらう。

3) 第 4 表に示される硬さは砂吹きした試片の表面を約 0.02 mm 厚さだけコランダム布で磨き取つた後で試験した値である。尚砂吹きによる疲試験片全体の重量変化の一例を示すと第 5 表の如くである。

5. 総括

筆者等は最高の疲強度を得んために試験片の形状及び表面仕上方法の影響を研究し、併せて砂吹きによる影響を研究した。実験の範囲に於て次のことが云へよう。

(1) 大きさに就て

i) d 及び R は $R = K(D/d)$ なる関係を満足する様に決定すると疲強度に及ぶ影響は少いが、 d が小さくなると疲曲線は水平になる傾向がある。実際問題としては棒材ならば直径 16~20 mm の試材から $D=15$ mm, $d=8\sim 10$ mm, $R=10\sim 15$ mm (これは小さい方が工作し易い) を選ぶとよい。

ii) $d=5$ mm は工作上から云つても困難であるし、又試材の眞の性質を表はし難い。

(2) 表面仕上方法に就て

i) 従来當室で行つてゐる方法 (標準仕上方法) は、実際に則した方法と見てよからう。

ii) 研磨機仕上及び荒旋削仕上は軽合金に於ては適當でなく、又極上仕上にする必要もあるまい。

iii) 表面仕上の精粗は疲強度を変化せしめると同時に疲曲線の形状を変へる。

(3) 砂吹きに就て

i) 砂吹きは試片の表面を硬化し、引張強さは変化しないが伸は減少し、疲強度は高められる。

尚、二三試験に際しての注意を述べると

i) 一定容量の機械に於ては、試片の d/D を小さくして應力に対する荷重を小さくし、回轉部の運動を円滑にし、併せて試片と握みの間に起る迂りを防止すること。

ii) 表面仕上の精粗は疲強度に相當の影響を與へるが、それよりも隅肉を滑かに仕上げることに試片断面を眞円にすること及び平行部と握み部の円中心線が一致することに留意して、試片の不均衡から起る振動を防止す可きである。

6. 参考文献

- 1) Eden. Rose and Cunnningham, Engg., **92**, (1911), 575.
- 2) H. F. Moore and J. B. Kommers, An Investigation of The Fatigue of Metals, Univ. of Illinois Bulletin, Rep. 124, (1921).
- 3) H. F. Moore and J. M. Jasper, An Investigation of The Fatigue of Metals, Univ. of Illinois Bulletin Rep. 136, (1923).
- 4) Norman Thomas, Engg., **116**, (1923), 446.
- 5) J. Selawgn Caswell, Engg., **136**, (1933), 154.
- 6) P. F. Poster, The Book The Mechanical Test of Metals and Alloys, (1936), 174.
- 7) 西原利夫、渡邊輝雄、櫻井忠一、機械學會論文集、**1**, 3, (1935), 189.
- 8) 長澤雄次、中島飛行機研究報告、**1**, 1, (1936), 1.
- 9) E. Siebel und W. Leyensetter, V. D. I., Z., **80**, (1936), 697.
- 10) P. C. Lea, Engg., **142**, (1937) 87, 141.
- 11) J. H. Frye and G. L. Kehe, Am. Soc. Metals, Trans. **26**, 1, (1938), 192.

(昭和 13 年 11 月 14 日受付)