

アルミニウム線材のねじり疲労強度と繊維組織との関係

稲 数 直 次* 山 本 久*

Naotsugu Inakazu and Hisashi Yamamoto: On the Correlation between Torsion Fatigue Strength and Fiber Texture for Aluminium Wire. In order to find the correlation between the torsion fatigue strength and the process of fiber texture changes in drawn aluminium wire, measurements of fatigue strength were carried out on the wires of various drawing ratios, and the orientation changes during fatigue were investigated by means of X-ray pole figure determination.

It was found that the orientation $\{112\}\langle 111 \rangle$ developed by drawing up to a reduction of approximately 72 per cent and the orientation near $\{110\}\langle 111 \rangle$ developed by drawing up to approximately 82 per cent were the stable orientations for the torsion fatigue.

The $\langle 111 \rangle$ single fiber texture developed by drawing up to approximately 93 per cent was accompanied with the stable orientations $\{110\}\langle 111 \rangle$ and $\{112\}\langle 111 \rangle$.

It was shown that all the orientations were accompanied with the stable end orientation $\{110\}\langle 111 \rangle$ except for the orientations $\{112\}\langle 111 \rangle$ and $\{001\}\langle 100 \rangle$.

From a consideration of the torsion fatigue properties, it was concluded that the specimen drawn by a reduction in area up to approximately 82 per cent, had the highest endurance limit.

Therefore, the wire, in which the $\langle 100 \rangle$ fiber component decreases and the stable end orientation $\{110\}\langle 111 \rangle$ is developed during fatigue, is expected to be a better material with torsion fatigue resistivity.

(Received July 9, 1974)

I. 結 言

さきに著者らは、アルミニウム線材の線引加工歴に伴う繊維組織の形成過程について調べた⁽¹⁾。その結果、約72%の加工で $\{112\}\langle 111 \rangle$ および $\{110\}\langle 001 \rangle$ 近傍成分が、約82%加工で $\{110\}\langle 111 \rangle$ 近傍成分が、さらに約93%の加工で $\langle 111 \rangle$ 単一繊維組織が形成される、という繊維組織の変化の過程を見出した。今回は上記の加工歴を有する線材を繰返しねじり疲労試験に供し、疲労の蓄積度合によって、また繰返し応力の変化によって、それぞれの加工歴に応じて有する初期方位がいかなる方向へすべり回転を起すかを、極点図によって検討した。なお種々の疲労試験の形式が存在するなかで、繰返しねじり疲労試験を選んだ理由は、線材にかかる現実の疲労形態が、コイル状の線材を引張り、圧縮または曲げなどの負荷様式が局部的には繰返しねじりに統一されるということに着目したからである。その結果、最終安定方位と初期方位およびねじり疲労強度との相関関係が得られたのでここに報告する。

II. 試料および実験方法

1. 供 試 料

試料は市販されている純アルミニウム線材を用いた。この素材はプロペルチ法による連続铸造で得られ、熱間で三方向圧延され十分焼鈍されたものである。また素材の太さを種々変えることによって線引加工後の最終線材径を2.8

mmφに統一した。なおこの素材は前報⁽¹⁾で用いたものと同一であり、主な不純物としてFe: 0.115, Si: 0.026, Zn: 0.004, Cr: 0.003%などを含む。

2. 実験方法

線引加工は既報⁽²⁾に示されたものと同一装置を用い、各回断面減少率20%、線引速度20 m/minで、最終減面率93%まで行なった。ねじり疲労試験は定荷重方式により、最大荷重±15 kg、最大振幅±18.4°、繰返し数は毎分1000回転で両振りねじりを与えることによって行なった。ねじり角はその線材の持つ剛性率によって変化するが、ねじり試験中に実測されるようになっている。なおねじりを受ける試験片の有効長さは65 mmである。破壊時期の判定は次のように行なった。本試験機においてはねじり角に限度があり、非常に大きなねじり応力がかかった場合線材は弾性限を越えて大きく塑性変形するため疲労試験が無意味になりき裂の成長を待たずに停止する。き裂が発生成長する段階においては材料の実質的な剛性の低下がなくともき裂発生により見掛け上の低下が起こり、所定のねじり角の範囲を越えるため疲労試験は停止する。なおねじり角の限界を除去した場合でも±18.4°のねじり角に達した試験片は早晩破断現象をきたし上記の破壊寿命と大差は生じない。上記の時期をもって破壊時期と定めた。X線回折用試片の作成は前報と同様に、疲労試験に供された棒状試料を電解研磨して表層部を落とし、現出した表面が縦断面になるように長手方向に切り出した。したがって縦断面は線材の半

* 大阪府立大学工学部(College of Engineering, University of Osaka Prefecture, Sakai)

径方向に対して垂直な面になる。また横断面は縦断面試料の長手方向に対して垂直な面である。なお線材のワイヤ軸のまわりにねじりがかかったとき、丸棒の外表面に描かれた微小正方形は、ねじりにより菱形に変形することから棒の表面層は単純剪断の状態にある。したがって表面層のある点での応力は直交 2 平面上の互いに共役な一組の剪断応力のみによって与えられる⁽³⁾。ゆえにこの変形表面層部分を展開して考えると、せん断力は円周方向に τ_s 、軸方向に τ_a とに分けられこの 2 つの力は $\tau_s = \tau_a$ でつり合っている。したがって展開表面層部では τ_s と τ_a との合力としてワイヤ軸に対して左右 45° 方向に引張りが交互に働くことになる。また疲労試験中は、疲労限界以下の極く低い応力は別として、疲労線図に示される程度の応力はすべて弾性変形であるとはいいい切れず、わずかながら塑性的変形を伴うことに留意しなければならない。したがって上記 45° 方向の引張りには塑性的変形が伴い、その結果結晶はすべり回転を起こすことになる。このように繰返しねじりがかかることによって引張りが交互に働く様子や X 線回折用試片の切出し方を Fig. 1 に示す。X 線の観察はディフラクトメータ法を用い $\text{CoK}\alpha$ の細束 X 線で透過法および反射法で (111) 極点図を作成した。

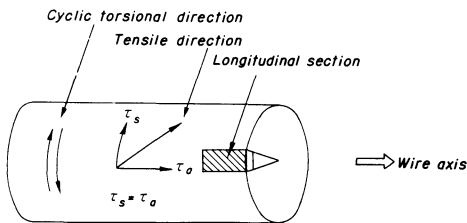


Fig. 1 Sectioning procedure.

III. 実験結果および考察

ねじり疲労試験に供した試料は減面率 72, 82, 93% の 3 種類である。これらの試料はすべてワイヤ軸に平行な方向に疲労き裂が発生した。その疲労線図を Fig. 2 に示す。縦軸は繰返しねじり応力を、横軸は疲労まですなわちき裂発生による見掛け上のねじり剛性低下のため疲労試験が停止した時点の繰返し数を表わしている。この図からわかるこ

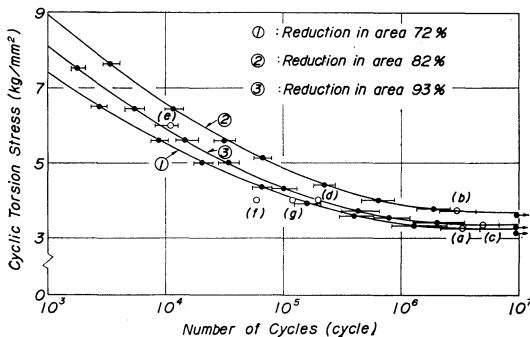


Fig. 2 Torsion fatigue curves for various reductions in area of drawn aluminium wire.

とは線引加工が進むにしたがって疲労寿命および疲労限は 82% 試料で最大値を示しその後は逆に低下する結果が得られた。

この疲労線図に基づいて極点図を作成した。まず上記 3 種類の加工歴を有する試料について、疲労限近傍の繰返しねじり応力による疲労試験を行ない、Fig. 2 に示された (a), (b), (c) 点で疲労停止した試料について極点図を作成した。つぎに線引加工歴を 93% に一定にして、繰返しねじり応力を 4.0, 6.0 kg/mm² に変化させて疲労した試料すなわち (d), (e) 点について調べた。また、加工歴を 93% および繰返しねじり応力を 4.0 kg/mm² に一定にして、疲労停止時点 (d) を 100% として疲労開始から全寿命の 30, 60% 時点での疲労途中の試料 (f), (g) 点について同じように極点図を作成した。上記 3 種類の加工歴を有する線材の疲労試験前の (111) 極点図は前報⁽¹⁾ですでに報告したが、比較の意味でもう一度付記する。加工歴 72% 試料の場合、{112}<111> 成分、(110)[001] 成分ならびにこの成分の近傍で (230)[001] 成分であることが確認されている。加工歴 82% 試料の場合、<111> 軸を含むものとして {110}<111> 成分と中間方位の (718)[111], (314)[111] 成分が、<100> 軸を含むものとして (110)[001], (001)[100] 成分が認められる。加工歴 93% 試料の場合、ワイヤ軸に垂直な方向の特定方位が存在せずワイヤ軸のまわりに均一に分布するところの <111> 単一繊維組織になっている。

疲労線図中の (a) 試料は、加工歴 72% の繰返しねじり応力 3.25 kg/mm² のもとで繰返し数 3.3 × 10⁶ 回で疲労停止したもので、この (111) 極点図を Fig. 3 に示す。初期方位

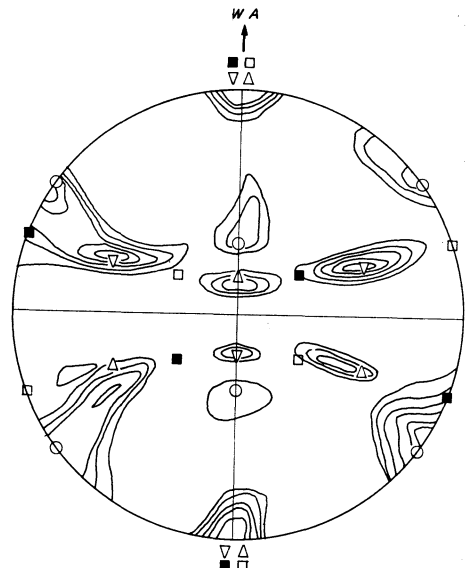


Fig. 3 (111) pole figure for the fiber texture of aluminium drawn to 72% reduction in area and then fatigued 100% ($\tau = 3.25$ kg/mm², $N = 3.3 \times 10^6$).

の $\{112\}\langle 111 \rangle$ 成分は残留し、理想位置に集積している。さらに $(110)[001]$ 成分が $\langle 111 \rangle$ 方向に大きく分散していることがわかる。ここで疲労試験前の試料のもつ方位、すなわち初期方位との関係を比較検討してみる。まず線材に繰返しねじり応力をかけることで試料表層部はワイヤ軸に対して左右 45° の方向に引張りを交互に受けることになる。したがって所定の初期方位が左右 45° の繰返し引張りを受けたときの結晶方位のすべり回転を (001) 標準ステレオ投影図上で解析してみる。Fig. 4 は加工歴 72% 試料中の初期方位のすべり回転の様子を示す。ここで、すべり面

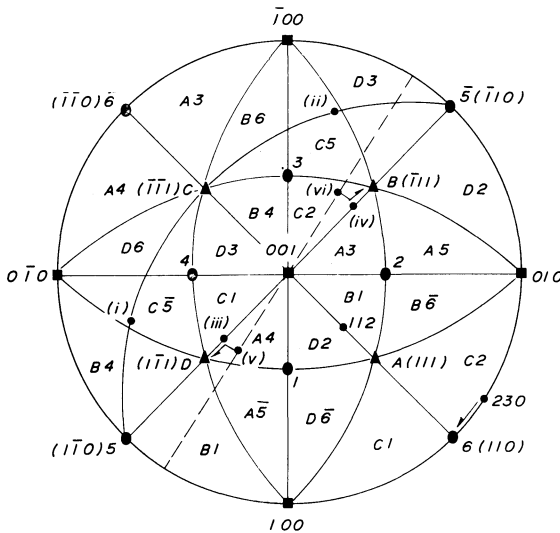


Fig. 4 Standard stereographic projection illustrating derivation of torsion fatigue fiber texture of 72% drawn aluminium wire.

を A~D, すべり方向を 1~5 とする。初期方位 $(112)[\bar{1}\bar{1}1]$ 成分の場合をまず考えると、図中 (112) に圧縮応力軸が、 $C(\bar{1}\bar{1}1)$ にワイヤ軸が存在し、左右 45° の引張り軸は $(1\bar{1}0)-(\bar{1}\bar{1}1)-(\bar{1}10)$ の大円上の点 (i), (ii) にくる。したがって各すべり系の中で最も大きな分解せん断応力を有するすべり系として $C5$ および $C\bar{5}$ が考えられる。このすべり系が交互に働くことになるが、これは同一すべり面上ですべり方向が 180° 異なるすべり系のため初期方位の移動は起こらない。つぎに $(110)[001]$ 成分の場合は、 (110) に圧縮応力軸が、 (001) 極にワイヤ軸が存在し、左右 45° の引張り軸は $(1\bar{1}0)-(001)-(\bar{1}10)$ の大円上の点 (iii), (iv) にくる。したがって繰返し引張り応力がかかるにつれ $A4$ および $C1$ と $A3$ および $C2$ のすべり系が活動して、引張り軸 (iii) は $D(1\bar{1}1)$ へまた (iv) は $B(\bar{1}\bar{1}1)$ へすべり回転を起こすことになる。つぎに $(230)[001]$ 成分の場合は、 (230) に圧縮応力軸が、 (001) 極にワイヤ軸が存在し、左右 45° の引張り軸は破線で描かれた大円上の点 (v), (vi) にくる。したがって引張り応力がかかるにつれ左 45° 方向に対しては 1 次すべり系として $A4$, 2 次すべり系として $C1$ が、また右 45° 方

向に対しては 1 次すべり系として $C2$, 2 次すべり系として $A3$ がそれぞれ活動する。その結果、引張り軸点 (v), (vi) は矢印で示すように (001) 極を中心に時計方向に回転し、最終的に点 (v) は $D(1\bar{1}1)$ へまた (vi) は $B(\bar{1}\bar{1}1)$ へすべり回転を起こす。なお圧縮応力軸は同時に (110) 極へ回転を起こすことになる。

以上のようなすべり回転は、Fig. 3 に得られた極点図と良く一致する。すなわち $(112)[1\bar{1}\bar{1}]$, $(112)[\bar{1}\bar{1}1]$ 方位は所定の位置に強い集積を残している。また $(110)[001]$ 成分と、 $(230)[001]$ 成分は $(110)[1\bar{1}1]$, $(110)[\bar{1}\bar{1}1]$ 方位へそれぞれ回転を起こしている。

次に加工歴 82% の (b) 試料について (a) 試料と同様に、ねじり疲労による初期方位のすべり回転を標準投影図上で検討してみる。この試料はねじり応力 3.75 kg/mm^2 のもとで繰返し数 3.0×10^6 回で疲労停止したもので、この (111) 極点図を Fig. 5 示す。 $\{110\}\langle 111 \rangle$ 方位が分散した

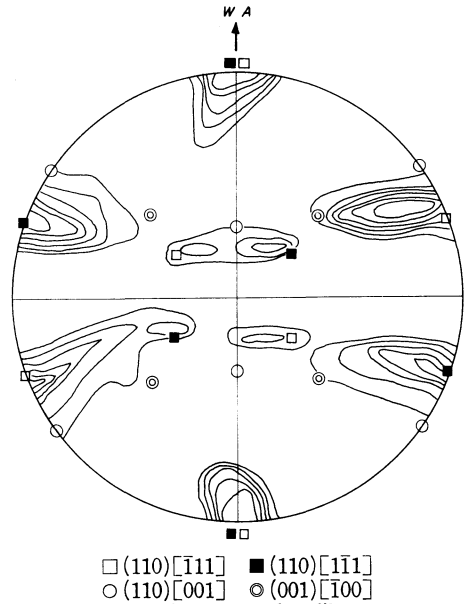


Fig. 5 (111) pole figure for the fiber texture of aluminium drawn to 82% reduction in area and then fatigued 100% ($\tau=3.75 \text{ kg/mm}^2$, $N=3.0 \times 10^6$).

ような形で強く残存している。したがって、すそ拡がり部分では $\{112\}\langle 111 \rangle$ および $(718)[\bar{1}\bar{1}1]$ や $(314)[1\bar{1}\bar{1}]$ の中間方位もすそ拡がりに含まれる。また $\langle 100 \rangle$ 繊維軸が大きく減少していることがわかる。この試料の疲労試験前の初期方位は $\langle 111 \rangle$ 軸を含むものとして $\{110\}\langle 111 \rangle$ 成分と中間方位の $(718)[\bar{1}\bar{1}1]$, $(314)[1\bar{1}\bar{1}]$ 成分と $\langle 100 \rangle$ 軸を含むものとして $(110)[001]$, $(001)[100]$ 成分が認められる。これらの初期方位に対して、ねじり応力がかかったときのすべり回転を標準ステレオ投影図上で解析したのが Fig. 6 である。初期方位 $(110)[\bar{1}\bar{1}1]$ 成分の場合、図中 (110) に圧縮応力軸が、 $B(\bar{1}\bar{1}1)$ にワイヤ軸が存在する。左右 45° の引張り軸は点 (i), (ii) にくる。したがって左 45°

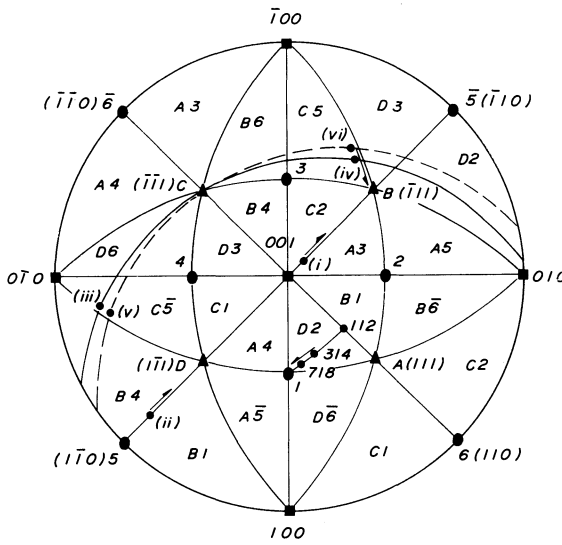


Fig.6 Standard stereographic projection illustrating derivation of torsion fatigue fiber texture of 82% drawn aluminium wire.

方向に対しては、A3, C2 のすべり系が、右 45° 方向には B4, B1 のすべり系が活動することになる。その結果、引張り軸(i)は B(111)極へ(ii)は D(111)極へ向ってすべり回転を起こすことになる。中間方位(718)[111]成分の場合、(718)に圧縮応力軸が、C(111)にワイヤ軸があり、左右 45° の引張り軸は点(iii), (iv)にくる。したがって左 45° 方向には C5 が、右 45° 方向には C5 のすべり系が活動する、これらは同一すべり面上ですべり方向が相反するすべり系であるが、分解せん断応力の差によって右 45° 方向に対してのみ C5 のすべり系が活動し、その結果引張り軸(iv)は B(111)極へすべり回転を起こすことになる。(314)[111]成分の場合を同様に、(314)に圧縮応力軸、C(111)にワイヤ軸があり、左右 45° の引張り軸は点(v), (vi)にくる。したがって左 45° 方向には C5 が、右 45° 方向には C5 のすべり系が活動し、分解せん断応力の差で C5 のすべり系が働き、その結果引張り軸(vi)は B(111)極へ向ってすべり回転を起こす。なお圧縮応力軸は(101)極へ移動することになる。(001)[100]成分の場合は、(001)に圧縮応力軸、(100)にワイヤ軸があり、左右 45° の引張り軸は

Table 1 Expected orientation changes during cyclic torsion fatigue.

Reduction	Initial orientation	Tensile direction	Slip system	cos φ cos λ	End orientation	
72%	(112)[111]	Left 45°	C 5	0.500	(112)[111]	
		Righth 45°	C 5	0.500		
	(112)[111]	L. 45°	C 5	0.500	(112)[111]	
		R. 45°	C 5	0.500		
	(110)[001]	L. 45°	A 4 C 1	0.364 0.364	(110)[111]	
		R. 45°	A 3 C 2	0.364 0.364	(110)[111]	
(230)[001]	L. 45°	A 4(Primary) C 1(Secondary)	0.400 0.266	(110)[111]		
	R. 45°	C 2(Primary) A 3(Secondary)	0.400 0.266	(110)[111]		
82%	(110)[111]	L. 45°	A 3 C 2	0.446 0.446	(110)[111]	
		R. 45°	B 4 B 1	0.435 0.435	(110)[111]	
	(718)[111]	L. 45°	C 5	0.455	(101)[111]	
		R. 45°	C 5	0.464		
	(314)[111]	L. 45°	C 5	0.474	(101)[111]	
		R. 45°	C 5	0.483		
	(001)[100]	L. 45°		C 2	0.410	Spread
				A 4	0.410	
C 1		0.410				
A 3		0.410				
R. 45°		B 4	0.410	Spread		
		D 2	0.410			
		B 1	0.410			
		D 3	0.410			

($\bar{1}\bar{1}0$)と($\bar{1}10$)にくる。したがって、左 45° 方向に対して C2, A4 および C1, A3 のすべり系が、右方向に対して B4, D2 および B1, D3 のすべり系が等価で存在する。それ故それぞれ交又すべりを誘発し、方位の分散が起こる。 $\{112\}\langle 111\rangle$, $(110)[001]$ 成分に関しては前述した通りである。上記のようなすべり回転は Fig.5 に見られるように良い一致を示している。すなわち $\{110\}\langle 111\rangle$ 方位に強い集積が認められる。 $(001)[\bar{1}00]$ 成分は分散を起こし、 $\{110\}\langle 111\rangle$ 方位のすそ拡がり部分で合体している。なお以上のすべり回転の様子を Table 1 にまとめた。

次に加工歴 93% の(c)試料について検討する。この試料はねじり応力 3.4 kg/mm^2 のもとで繰返し数 5×10^6 回で疲労停止したもので、この(111)極点図を Fig.7 に示す。 $\{110\}\langle 111\rangle$ 方位が強い集積を示し同時にすそ拡がりを起こしている。また $\{112\}\langle 111\rangle$ 方位もわずかに認められる。この試料の疲労試験前の初期方位は、ワイヤ軸に垂直な方向の特定方位が存在しないため、ワイヤ軸のまわりに(112)から(110)までのあらゆる面が均一に分布するところの $\langle 111\rangle$ 単一繊維組織⁽¹⁾になっている。このような繊維組織に対して、ねじり応力をかけたときのすべり回転を考察する。この種の繊維組織に対しては、上述してきた種々の方位のすべり回転を総合して考察するとともに、ねじり応力を変えることによる方位の変化ならびに疲労の蓄積度合なども併せて検討すれば総合的に把握できる。この種の試料はすべて加工歴 93% のものを使用した。ねじり応力の変動については、試料(c)にひきつづき試料(d)が $\tau=4.0 \text{ kg/mm}^2$ 、試料(e)が $\tau=6.0 \text{ kg/mm}^2$ 、の場合でそれぞれ繰返し数 2.0×10^5 , 1.1×10^4 回で疲労停止したものである。これらの(111)極点図を Fig.8, 9 に示す。Fig.8

では $\{110\}\langle 111\rangle$ 成分が強く集積している。またこの方位と $\{112\}\langle 111\rangle$ 方位との中間方位も見られる。Fig.9 では、 $\{110\}\langle 111\rangle$ ならびに中間方位が認められるが、まだ疲労試験前に見られるような初期方位が強く残存している。以上3つのねじり応力を変化させたときの極点図の変動を比較検討する。ねじり応力の変化の影響は応力が大きければ変形量も増大するが、本実験で用いた応力の差異程

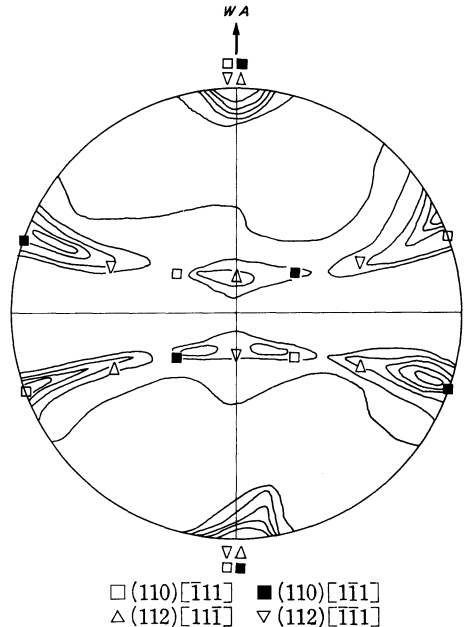


Fig.8 (111) pole figure for the fiber texture of aluminium drawn to 93% reduction in area and then fatigued 100% ($\tau=4.0 \text{ kg/mm}^2$, $N=2.0 \times 10^5$).

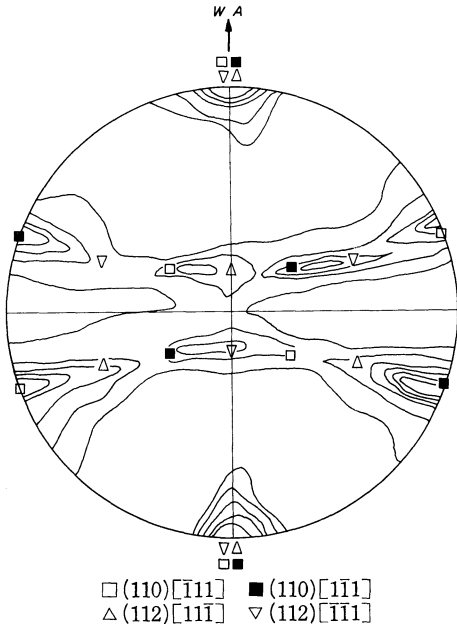


Fig.7 (111) pole figure for the fiber texture of aluminium drawn to 93% reduction in area and then fatigued 100% ($\tau=3.4 \text{ kg/mm}^2$, $N=5.0 \times 10^6$).

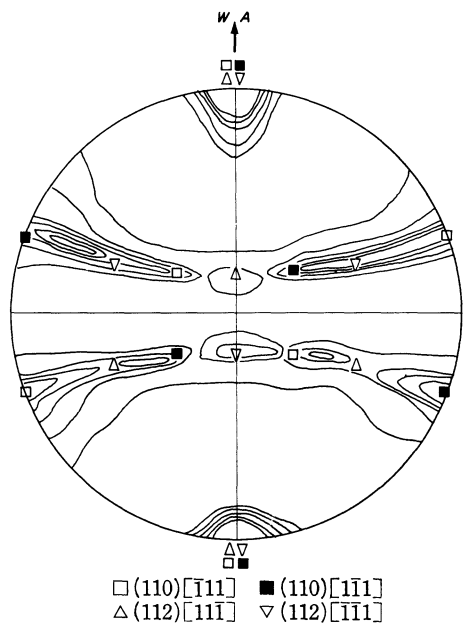


Fig.9 (111) pole figure for the fiber texture of aluminium drawn to 93% reduction in area and then fatigued 100% ($\tau=6.0 \text{ kg/mm}^2$, $N=1.1 \times 10^4$).

度では、さほど大きな変形量の差は生じないものと思われる。むしろオーダーを異にする程の疲労停止時の繰返し数の差異の方にその影響が現われるものと考えられる。最も高い応力の場合、繰返し数はわずか 1.1×10^4 回で停止する。したがってワイヤ軸に対して $\pm 45^\circ$ の引張りを受ける頻度は最も少ないため初期方位を強く残存することになる。それに対して最も低い応力の場合、引張りを受ける頻度は約 500 倍も多いため、初期方位のワイヤ軸まわりの圧縮応力軸面の $\{112\}$ から $\{110\}$ にわたる連続性がくずれ、前述した繊維組織から、 $\{110\} \langle 111 \rangle$ や $\{112\} \langle 111 \rangle$ などに集積が見られるようになる。中間の応力状態では $\{110\} \langle 111 \rangle$ 成分と中間方位が認められるが、比較的集積の弱いレベルでの初期方位も残存している。以上から考えられることは、疲労の蓄積とともに初期方位としてワイヤ軸のまわりに無秩序に $\{112\}$ から $\{110\}$ までのあらゆる面が存在していたものが、ある特定な面に集積の度合いが大きくなり、ワイヤ軸まわりの連続性が薄れてくることである。 $\langle 111 \rangle$ 繊維組織が現存する中で特定な面の集積としては、 $\{110\} \langle 111 \rangle$ 、 $\{112\} \langle 111 \rangle$ が考えられる。これらの方位は初期方位として存在する場合も集積点の移動はなく、多少の分散が見られる程度である。このことは Fig.5 でも見られる通りであり、Fig.8 の中間成分が繰返し数が増加することによって、Fig.7 のごとくほとんど $\{110\} \langle 111 \rangle$ および $\{112\} \langle 111 \rangle$ に集積している事実からも、これらの方位は最終安定方位であることがわかる。

上記の様子を一層確かめる意味で、ねじり応力を $\tau = 4.0 \text{ kg/mm}^2$ で一定にし、試料(d)の状態を疲労 100% として、全寿命の 30% 時点(f)と 60% 時点(g)の疲労途中の様子を調べた。そのときの $\{111\}$ 極点図を Fig.10, 11 に示す。Fig.10 は全寿命に対して 30% 疲労状態を示す。この時点ではまだ初期方位が強く残存している。Fig.11 の 60% 疲労状態では $\{112\} \langle 111 \rangle$ 成分の特定方位が認められるようになる。そして 100% 疲労状態で Fig.8 に見られるように特定方位として $\{112\} \langle 111 \rangle$ 方位以外に $\{110\} \langle 111 \rangle$ 成分が強く集積しはじめる。その後は上述したように繰返し数が増加するにつれて中間方位が減少し、最終的に $\{110\} \langle 111 \rangle$ と $\{112\} \langle 111 \rangle$ 方位成分のみになる。以上極点図上でねじり疲労に伴うすべり回転を考察してきたが、最後にねじり疲労強度と初期方位ならびに最終安定方位との関係を検討してみる。Fig.2 に示されたように加工歴 82% の線材が最も寿命ならびに疲労限ともに良好であった。この試料の初期方位は、 $\langle 111 \rangle$ 方位とわずかに $\langle 100 \rangle$ 方位が認められるところの二重繊維組織であるが、なかでも特に $\{110\} \langle 111 \rangle$ 近傍成分が強くまた中間成分もかなり存在している。この初期状態からねじりによる引張りが加わった場合すでに述べたすべり回転によって $\{110\} \langle 111 \rangle$ 方位が強く残存し、また $\langle 100 \rangle$ 軸成分が減少し中間成分をそのすそ拡がりの中に包含している。し

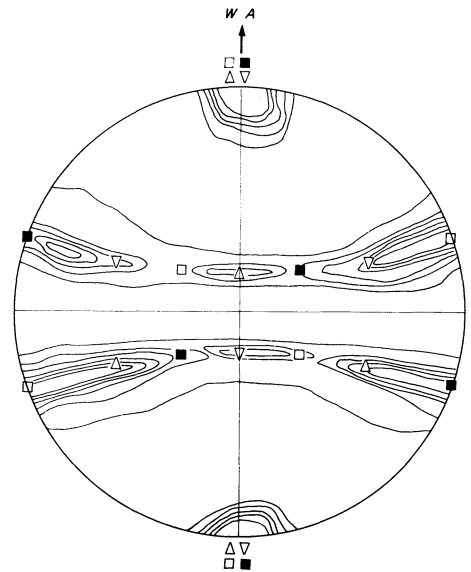


Fig.10 (111) pole figure for the fiber texture of aluminium drawn to 93% reduction in area and then fatigued 30% ($\tau = 4.0 \text{ kg/mm}^2$, $N = 0.6 \times 10^5$).

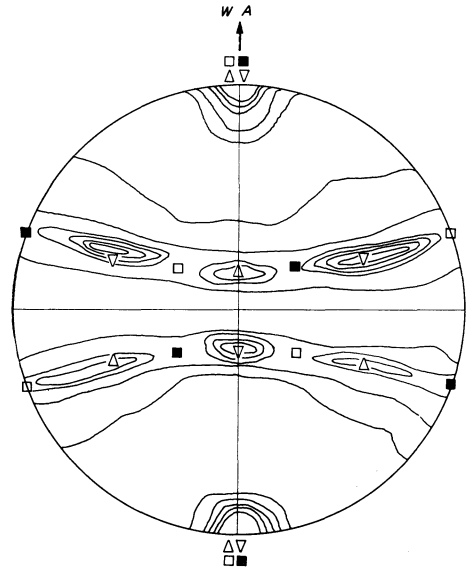


Fig.11 (111) pole figure for the fiber texture of aluminium drawn to 93% reduction in area and then fatigued 60% ($\tau = 4.0 \text{ kg/mm}^2$, $N = 1.2 \times 10^5$).

たがって初期方位として存在した $\{110\} \langle 111 \rangle$ 成分は高サイクル疲労後もそのまま安定方位として残存することになる。 $\{110\} \langle 111 \rangle$ および $\{112\} \langle 111 \rangle$ 方位が最終安定方位であることに関しては、加工歴 93% のワイヤ軸に対して均一な繊維組織を初期方位に持つ線材が、ねじり応力の変化や疲労の途中経過などの検討を通して見ても、最終的には $\{110\} \langle 111 \rangle$ および $\{112\} \langle 111 \rangle$ に強い集積が得

られることから最終安定方位であることがわかる。このように長期間の疲労に対して、繊維軸の主成分の方位移動が起こらないような安定方位を持った線材は本実験のねじり疲労に対して高い材料強度を有することになる。

IV. 総 括

種々の加工歴を有するアルミニウム線材を繰返しねじり疲労試験に供することによって、疲労前の線材がもつ初期方位がいかなるすべり回転を起こすかを解析し、その最終安定方位との関係を知り、最後に線材の疲労強度との相関関係を検討した結果次のことを得た。

(1) 加工歴約 70% で得られる主成分の $\{112\}\langle 111\rangle$ 方位は、繰返しねじり疲労後も所定の位置に集積が強く、安定な方位と見なされる。加工歴約 80% を越えると、初期方位として $\{110\}\langle 111\rangle$ 近傍方位や $\{112\}\langle 111\rangle$ 方位との中間方位などが見られるが、疲労試験後は $\{110\}\langle 111\rangle$ 成分に集積が強く認められ、また $\langle 100\rangle$ 軸成分が大きく減少している。加工歴約 90% を越えた線材で初期方位がワイヤ軸のまわりに特定方位のない繊維組織の場合でも、疲労後はワイヤ軸まわりの圧縮応力軸面の分布の連続性が薄れて、 $\{110\}\langle 111\rangle$ および $\{112\}\langle 111\rangle$ 方位に強い集積が見られるようになる。したがって、 $\{110\}$

$\langle 111\rangle\langle 112\rangle\langle 111\rangle$ 方位は最終安定方位である。

(2) 繰返しねじり疲労強度に関しては、寿命および疲労限がともに加工歴約 80% の線材の時に最も高い値を示した。つまり繰返しねじり疲労試験に対して、初期方法としての $\{112\}\langle 111\rangle$ 成分は方位の移動が起こらず安定し、 $\{001\}\langle 100\rangle$ 成分は分散を起こすが、これら以外の方位成分はすべて $\{110\}\langle 111\rangle$ に集積することになる。したがって、初期方位に $\{110\}\langle 111\rangle$ 近傍成分を多く有する加工歴約 80% の線材は疲労試験中に最終安定方位に向かう方位の移動が最も少なく安定しているため、耐疲労性をより多く有し、一方他の線材は初期方位に、安定な $\{112\}\langle 111\rangle$ 成分も有するがほかに多くの不安定な方位を有することから、約 80% の線材にくらべて疲労強度が劣るものと考えられる。

終わりに、本研究の一部は軽金属学会のご援助を得たことに対して深謝の意を表する。

文 献

- (1) 稲数直次, 山本 久: 金属学会誌, **37**(1973), 1224.
- (2) 山本 久, 稲数直次: 塑性と加工, **12**(1971), 284.
- (3) 鶴戸口英善, 他: 材料力学, 上巻, 裳華房, (1972), 96.