カドミウム多結晶圧延材の流動応力に 及ぼす静水圧力の影響†

中 島 孝 慈* 藤 城 郁 哉** 武 藤 進***

The Effect of Hydrostatic Pressure on the Flow Stress of Polycrystalline Rolled Cadmium Sheets

by

Takayoshi NAKAJIMA*, Ikuya FUJISHIRO** and Susumu MUTO***

In order to elucidate the pressure dependence of the flow stress for hexagonal metals, the tensile tests were made under hydrostatic pressure up to 600 MPa on polycrystalline cadmium sheets which were rolled at room temperature. The results obtained are summarized as follows.

(1) The rate of increase of flow stress $\Delta\sigma/\sigma$ due to 600 MPa increases with an increase of strain, and in every range of the strain it is considerably large in comparison with the rate of increase of shear modulus due to pressure. In the extension along the rolling direction $\Delta\sigma/\sigma$ amounts to about 16%, and in the extension along the transverse direction to about 20%.

(2) Every specimen shows a remarkable yield point on the stress-strain relation. A Lüders' extension following the yield drop occurs mainly due to the activation of the basal slips.

キー・ワード：カドミウム，多結晶，静水圧力，塑性変形，流動応力

1 緒 言

金属材料の機械的性質に及ぼす静水圧力の影響に関する研究は、降伏や破壊の規準の確立や塑性加工性の評価を目的に、多くの研究者により実施されてきた。六方晶金属の亜鉛は、圧力誘起の^{1)~3)}ぜい性-延性遷移現象を見出した Pugh の報告をさがし⁴⁾に^{5)~14)}して、この分野の研究対象としてしばしば取り上げられ、ぜい性から延性への遷移圧力が結晶粒度やひずみ速度によって異なることなどが明らかになっている。

亜鉛に関する研究報告を流動応力の圧力依存性についてみると、圧力による変化がほとんど認められないものや横弾性係数の圧力による増加に相当する増加が観測されているもののほか、他の結晶構造の金属と比較した場合に、六方晶金属あるいは亜鉛の場合にのみ流動応力の圧力依存性が著しく大きいという報告が注目される。また、Carpentier⁷⁾らのジルコニウム、ベリリウムおよび2種類の亜鉛に関する報告では、粒径の大きい亜鉛の流動応力だけが圧力により増加している。しかし、この報告の内容は装置の試作と荷重等の計測に重点が置かれていて材料間の機械的性質の違いには言及していない。このように、亜鉛の流動応力の圧力依存性が研究者によって異なるのは、変形様式が多様な亜鉛には大きな圧力依存性をもたらす因子が内在し、供試材の内部構造や負荷条件によってはこれが

顕著に現れるからであろう。筆者らはこの観点に立ち、300 MPa¹⁰⁾¹²⁾¹³⁾までの静水圧力下で亜鉛結晶の引張試験を実施してきた。その結果、底面すべりが生じない方位の単結晶では圧力とともに流動応力が著しく増加すること、多結晶材の流動応力に非底面すべりが支配的役割を果していることがわかった。しかし、多結晶亜鉛の流動応力には圧力による変化が認められなかった。

亜鉛についてはぜい性-延性遷移現象に対する興味からこの分野の研究例は多いが、亜鉛と類似の変形様式をとるカドミウムの機械的性質を静水圧力下で調べた報告はみられない。亜鉛と比べると、カドミウムは横弾性係数の圧力依存性も大きく、大気圧下でもぜい性破壊しないので、圧力による流動応力の増加を亜鉛より鋭敏にとらえることができる。本報告は、これまでに使用してきた装置に改良を加えて周囲圧力を 600 MPa に拡大するとともに、多結晶カドミウム圧延材を2方向に引張試験して流動応力の圧力依存性とこれの引張方向やひずみによる相違を実験的に調べた結果を述べたものである。

2 実験装置および方法

2.1 引張試験装置と荷重の測定

引張試験装置の概要を Fig.1 に示す。主装置は、圧縮試験機①、圧力容器②、引張りのための複動ラム

† 原稿受理 昭和60年12月4日 Received Dec. 4, 1985

* 正会員 富山工業高等専門学校 富山市本郷町, Toyama National College of Technology, Hongo-machi, Toyama

** 正会員 三重大学工学部 津市上浜町, Faculty of Engineering, Mie University, Kamihama-cho, Tsu

*** 日本碍子(株) 名古屋市瑞穂区須田町, NGK Insulators Ltd., Suda-cho, Mizuho-ku, Nagoya

Fig. 3. Shape of specimen.

2・3 実験方法

最初に 10 MPa および 600 MPa の静水圧力下で試験片 L および T の引張試験を行い、破断に至るまでの公称応力-公称ひずみ曲線を求めた。つぎに、流動応力の圧力依存性を求めるため、試験途中で除荷して圧力を変更する圧力変更試験、および試験途中、圧力一定のまま除荷して回復を生じさせる中断回復試験も行うこととした。Fig. 4 はこれらの試験の手順および結果の整理の概要を示した模式図である。(a)に示すように、圧力 P_1 (この場合は 10 MPa) で公称ひずみ e_1 まで引張り、除荷する。このあとただちに圧力を P_2 (この場合は 600 MPa) に増圧して 20 min 放置する。この間に断熱圧縮によって上昇した温度 ($\Delta T = 5^\circ\text{C}$) が室温にもどるとともに、圧力および温度の変化に伴う荷重計の零点移動が一定の値に落ちつく。つぎに、さらに約 5% の引張りひずみを付加した後、除荷する。その後 P_1 に減圧し 20 min 放置して再び引張る。この操作を交互に繰返すのが圧力変更試験である。また、Fig. 4, (b)に示すように、 P_2 あるいは P_1 の一定圧力下で、ひずみ 5% ごとに除荷、20 min の放置、再引張りを繰返すのが中断回復試験である。

(a) Pressure change test.
(b) Interrupted recovery test.
Fig. 4. Schematic representation of experimental method.

圧力変更試験の場合、600 MPa での試験のあとでは金属パッキンの塑性変形によりこの部分での摩擦力が増大していて、除荷しても容器内に数 MPa の圧力が保持された。そこで、条件を一定にするため低圧側の圧力を 10 MPa に選んだのであるが、この程度の圧力は試験片の性質にほとんど影響を与えないものとみられる。したがって、以後 10 MPa をすべて常圧と表現する。引張速度は 1 mm/min とし、圧力媒体には白燈油を用いた。

3 実験結果および考察

3・1 降伏現象とリュースダース変形

Fig. 5 は常圧および 600 MPa における試験片 L および T の公称応力-公称ひずみ曲線の一例である。いずれの曲線にも応力の急激な減少を伴う顕著な降伏現象 ($\downarrow$ 印) がみられ、応力は $\downarrow$ 印の点 (e_y, σ_y) までしだいに低下していく。この点までを変形の第 I 段階と呼び、 e_y を降伏ひずみと呼ぶ。この後のひずみ段階 (第 II 段階と呼ぶ) では、応力はなめらかに上昇した後、 $\downarrow$ 印の点でくびれを発生して応力は徐々に減少し、破断する。試験片 L と T を比較すると、流動応力は試験片 T の方が高く、また試験片 L の e_y が著しく大きいので、曲線は異なった様相を呈する。しかし、いずれにしても、明らかに 600 MPa での流動応力が高い。

Fig. 5. Nominal stress-relative strain curves for specimens L and T.

カドミウム多結晶は 300 MPa 程度の液圧処理により双晶が生ずるという報告があり、双晶が生じた場合には流動応力が増加するので、引張試験の前に 1 GPa で液圧処理した試験片を顕微鏡観察したが、試験片にはすべり線や双晶の痕跡が認められなかった。したがって、本実験の場合、液圧処理による双晶形成の効果で流動応力が増加することはないと考えてよい。また、破断後の試験片にも双晶が認められなかったので、上述の降伏現象の原因を双晶の集中的な発生と伝ばによる応力緩和に求めることもできない。そこで、結果の

検討にあたってはすべり変形だけを考慮することにした。

第Ⅰ段階の変形は、不純物を含む体心立方金属、例えば、鋼にみられる降伏点応力降下とリュースラー変形を伴う降伏現象に類似している。Cottrell¹⁹⁾らは窒素雰囲気中で成長させたカドミウム単結晶の底面すべりに応力の減少を伴う降伏現象を観測している。Mannan²⁰⁾らは、粒径が25 μm のカドミウム圧延材に0.74%の降伏ひずみがみられるが、これ以上の粒径の試験片にはこの現象が認められないと述べている。本研究に用いた圧延材においても、熱処理を施して粒径を35 μm に成長させた試験片にはこの種の降伏現象が認められなかった。この試験片をX線測定した結果、結晶粒はランダム方位をもっていることがわかった。

ここでは、第Ⅰ段階の変形が主として底面すべりによると考え、試験片LとTの変形挙動の相違について定性的に検討する。降伏後、隣接する結晶粒へ順次変形が伝ばするリュースラー変形のモデルにおいては、隣りの粒の転位源を活性化するのは粒界に堆積した転位による応力集中である。すなわち、第Ⅰ段階では、粒内の底面に関してせん断ひずみ γ が一定値 γ_0 、あるいはせん断応力 τ が一定値 τ_0 に達したときに、変形が隣りの粒に移る。多結晶体の引張りにおいて、活動すべり系のせん断ひずみ増分 $d\gamma$ と引張りひずみ増分 de の関係、およびせん断応力 τ と引張り応力 σ の関係は、相対強度比 M （単結晶ではSchmid因子の逆数）を使って次のように表される。

$$M = \frac{d\gamma}{de} \quad (3)$$

$$M = \frac{\sigma}{\tau} \quad (4)$$

変形の第Ⅰ段階では、せん断ひずみ γ_0 のときのひずみは e_y であるから、式(3)より

$$\gamma_0 = M \int_0^{e_y} de = Me_y \quad (5)$$

となり、また、 τ_0 は式(4)より、 $\tau_0 = \sigma/M$ と表される。同じ素材から切り出した試験片であれば、 γ_0 および τ_0 は一定値であるので、 $(e_y)_L/(e_y)_T = M_T/M_L$ と $(\sigma_y)_L/(\sigma_y)_T = M_L/M_T$ が成り立つ。ここで添字LおよびTはそれぞれ試験片LおよびTを表す。さて、Fig. 2によると試験片Tにはすべり面法線およびすべり方向が引張軸と90°に近い角をなす結晶粒が多く、 M_T は M_L より大きいと考えられるので、降伏ひずみについては試験片Lの方が大きく、流動応力については試験片Tの方が大きくなるのであろう。ランダム方位をもつ $d=35\mu\text{m}$ の試験片では、隣接する結晶粒間の底面の方位差が大きいので、上述の機構によるリュースラー変形は生じない。

つぎに、第Ⅰ段階の変形が終了した試験片の幅方向ひずみと板厚方向ひずみの比、すなわち r 値を測定したところ、試験片Lでは $r_L=0.054$ 、試験片Tでは $r_T=0.83$ であり、試験片Lの厚さの減少が著しかった。底面の極点図(Fig. 2)によると、圧延方向(RD、試験片Lの引張軸)とこれに直角方向(TD、試験片Tの引張軸)に引張った場合、底面での分解せん断応力が大きい結晶粒は試験片Lに多いので、Lの厚さの減少が大きくなるものと考えられる。

いずれにしろ、第Ⅰ段階では底面すべりの活動が優勢であり、これは圧延材の集合組織に起因することがわかった。

3・2 圧力による流動応力の増加

Fig. 6は、試験片Lに関する圧力変更試験および600 MPaでの中断回復試験で得られた応力-ひずみ関係の代表例である。これらの曲線はそれぞれ一本の試験片についての結果であるから試験片のばらつきを考慮する必要はない。圧力の増減により流動応力は大きく変化するが、Fig. 4に模式的に示したように、再引張時の曲線は、例えばB点のように明りょうな降伏をせず、gradual yielding²¹⁾を示すので、流動応力の増量 $\Delta\sigma$ を求めることが困難である。そこで次の方法で $\Delta\sigma$ を決定した。すなわち、塑性ひずみ Δe での応力値を基準にとり、 $\Delta\sigma_I$ を P_2 (600 MPa)の圧力による流動応力の増加分の測定値、 $\Delta\sigma_{II}$ を P_2 での回復などによる応力の減少分とすると、流動応力の正味の増量 $\Delta\sigma$ は $(\Delta\sigma_I + \Delta\sigma_{II})$ で与えられる。ここで、 $\Delta\sigma_{II}$ は P_2 の圧力下での中断回復試験(Fig. 4, (b))から求まる。また、 P_2 から P_1 (10 MPa)への圧力変更試験では流動応力の減少量 $\Delta\sigma$ は $(\Delta\sigma_I - \Delta\sigma_{II})$ で与えられ、 $\Delta\sigma_{II}$ は P_1 での中断回復試験の結果から求められる。 Δe としては1.6%を採用した。

Fig. 6. Nominal stress-strain relations for specimen L obtained from a pressure change test between 10 MPa and 600 MPa and an interrupted recovery test under 600 MPa.

Fig. 7 は試験片 L の圧力変更試験で得られた 600 MPa の圧力による流動応力の増加率 $\Delta\sigma_I/\sigma$ と公称ひずみの関係である。ひずみはそれまでの各サイクルのひずみを合計したものであるが、回復などの影響でひずみ域は Fig. 6 の場合より広がっている。試験片が局部変形している第 I 段階では応力-ひずみ曲線に凹凸が激しいので、測定点のばらつきが大きい。変形の

Fig. 7. Rate of increase $\Delta\sigma_I/\sigma$ of flow stress due to 600 MPa for specimen L obtained from pressure change tests.

Fig. 8. Rate of decrease $\Delta\sigma_{II}/\sigma$ of flow stress for specimen L and T due to static recovery obtained from interrupted recovery tests under 10 MPa and 600 MPa.

第 II 段階では、 $\Delta\sigma_I/\sigma$ はひずみとともに増加し、また、圧力を減少させた場合の値が著しく大きい。Fig. 8 は、それぞれ試験片 L と T の中断回復試験から得られた回復などによる流動応力の減少率 $\Delta\sigma_{II}/\sigma$ とひずみの関係を変形の第 II 段階について図示したものである。試験片 L では常圧での $\Delta\sigma_{II}/\sigma$ が大きいのにに対し、T では回復量が少ないと思われる 600 MPa での値がむしろ大きい。つぎに、このように測定された $\Delta\sigma_I/\sigma$ と $\Delta\sigma_{II}/\sigma$ を用いて求めた 600 MPa の圧力による正味の流動応力の増加率 $\Delta\sigma/\sigma$ を Fig. 9 に示す。これによると圧力変更の向きにより $\Delta\sigma/\sigma$ が異なっており、この違いは試験片 T の場合に顕著である。これは回復などによる応力減少分の補正が十分でないことを意味しており、この要因は gradual yielding が著しいことにあると考えられる。

Fig. 9. Rate of net increase $\Delta\sigma/\sigma$ of flow stress due to 600 MPa for specimen L and specimen T obtained from pressure change tests and interrupted recovery tests.

²¹⁾
Alden は、前ひずみを与えた純金属の焼なまし後の再引張りにおいて、回復が十分ですべり面における林転位が規則的配列をとるとき (orthorecovery) には、Fig. 4 (a) の B 点で示されるような鋭い降伏が生ずるが、同じ転位密度の場合でもその分布が不規則なとき (metarecovery) には曲線は gradual yielding を示すと述べている。Fig. 4 (b) ではこの 2 種類の回復による軟化分を $\Delta\sigma_r$ と $\Delta\sigma_g$ と区別しているが、これらを独立に測定することは困難である。いま、圧力が回復を抑制して顕著な gradual yielding が生じ、 $\Delta\sigma_g$ が大きくなった場合に、 $\Delta\sigma_{II}$ が常圧の値より大きくなることも起りうる。Fig. 9 において、常圧より 600 MPa での $\Delta\sigma_{II}/\sigma$ が大きいのはこのような理由によるのであろう。いずれにしても、 $\Delta\sigma_r$ や $\Delta\sigma_g$ に及ぼす圧力の影響は Δe を大きくとるほど小さくなるはずである。そこで、圧力変更の向きによる違いが大きい試験片 T について、 Δe をパラメータとして $\Delta\sigma/\sigma$ とひずみの関係

を示したのが Fig. 10 である。圧力を減少させる向きの変更試験から得られた曲線(破線)が Δe の選び方により大きく変動するのに対し、実線には Δe の違いによる差異がほとんどみられない。このことから、 $\Delta\sigma/\sigma$ のひずみ依存性を表す曲線として Fig. 9 の実線を採用することにする。これによると、 $\Delta\sigma/\sigma$ はひずみとともに増加し、試験片 L では 16%，T では 20%にも達する。また、どのひずみ域においても試験片 T の $\Delta\sigma/\sigma$ が L の値より大きい。

Fig. 10. Effect of magnitude of Δe in Fig. 2 on $(\Delta\sigma/\sigma-e)$ relation of specimen T.

つぎに、試験片 L の第 I 段階における $\Delta\sigma/\sigma$ を求めるため、Fig. 9 の実線を降伏ひずみ ($e_y=10\%$) に外挿すると $\Delta\sigma/\sigma \approx 10\%$ となる。一方、試験片 L に関するすべての応力-ひずみ曲線を用い、1 回目の中斷までの流動応力を比較して、リュウダース変形域の $\Delta\sigma/\sigma$ を求め Table II の結果を得た。 $\sigma_{0.02}$, $\sigma_{0.03}$ などは公称ひずみがそれぞれ 2%，3%における流動応力である。Table II の $\Delta\sigma/\sigma$ はひずみとともにわずかに増える傾向にあるが、元来リュウダース変形は局部変形であり、この変形域のひずみはすべて e_y と考えら

Table II. Rate of increase of flow stress $\Delta\sigma/\sigma$ due to 600 MPa in the first stage of deformation for specimen L.

	Pres- sure (MPa)	Flow stress of various strain (MPa)			
		$\sigma_{0.02}$	$\sigma_{0.03}$	$\sigma_{0.04}$	$\sigma_{0.05}$
	10	71.5±1.5	71.0±1.3	70.5±1.4	70.1±1.4
	600	77.7±0.7	77.3±0.6	76.9±0.5	76.5±0.4
$\Delta\sigma/\sigma$ (%)		8.67	8.87	9.10	9.13

れるので、表中の $\Delta\sigma/\sigma$ はすべて降伏ひずみ e_y における値であるとみなされる。いずれにしても、この変形域での $\Delta\sigma/\sigma$ は 9% 程度であり、この値が Fig. 9 の実線の降伏ひずみへの外挿値とほぼ一致することは、第 II 段階の $\Delta\sigma/\sigma$ として圧力上昇時の曲線を採用した扱いの妥当性をも支持している。

Haasen²²⁾らは圧力によって流動応力が増加する要因として、(i)横弾性係数 G の圧力依存性に基づく効果と、(ii)塑性変形に伴う体積増加に基づく効果を挙げている。(i)による $\Delta\sigma/\sigma$ を評価するために、Guinan¹⁷⁾らのデータ ($G=24$ GPa, $dG/dP=2.1$) を用いると、600 MPa では G が 5.25% 増加することになる。本実験で測定された $\Delta\sigma/\sigma$ は、9% から 20% にも達する大きなものであるから、(ii)の効果に原因する $\Delta\sigma/\sigma$ が著しく大きいことがわかる。(i)の効果による $\Delta\sigma/\sigma$ は試験片の内部構造やひずみに依存しないので、ひずみや圧延材の引張方向によって $\Delta\sigma/\sigma$ が異なるのは(ii)の効果によるものと考えられる。

4 結 言

カドミウムの流動応力に及ぼす静水圧力の影響を調べることを目的に、純度 99.9%，平均粒径 $10\mu\text{m}$ の多結晶圧延材を、10 MPa および 600 MPa の静水圧力下で圧延方向とこれに直角方向に引張試験して、次の結果を得た。

(1) 圧力の大きさや引張方向のいかにかわらず、降伏点応力降下とリュウダース変形を伴う降伏現象がみられ、この変形域では主として底面すべりが活動する。

(2) 圧力による流動応力の増加率 $\Delta\sigma/\sigma$ はひずみとともに増加し、どのひずみ域においても横弾性係数の圧力による増加率より大きい。圧延方向に引張った場合の $\Delta\sigma/\sigma$ は、9～16% であるのに対し、圧延方向に直角に引張った場合の $\Delta\sigma/\sigma$ は、これに比べて大きく、20% にも達する。

(昭和 52 年 5 月 24 日 日本材料学会第 26 期学術講演会にて講演)

参 考 文 献

- 1) H. L. D. Pugh, "Mechanical Behavior of Materials under Pressure", p. 236 (1970) Elsevier Pub..
- 2) 西原正夫, 日本機械学会誌, **73**, 1246 (1970).
- 3) 藤城郁哉, 中島孝慈, 圧力技術, **14**, 256 (1976).
- 4) H. L. D. Pugh, NEL Report, No. 142 (1964).
- 5) 西原正夫, 塑性と加工, **15**, 675 (1974).
- 6) 矢島正美, 石井 満, 小林 勝, 日本金属学会誌, **33**, 1328 (1969).
- 7) D. Carpentier and M. Contre, R. S. I., **41**, 189 (1970).
- 8) 大森正信, 吉永芳豊, 実升義彦, 助川一弥, 日本金属学会誌, **35**, 770 (1971).
- 9) 小口 醇, 吉田 進, 信木 稔, 日本金属学会誌, **35**,

- 371 (1971).
- 10) 中島孝慈, 藤城郁哉, 栗田康二, 三井寿雄, 材料, **20**, 962 (1971).
- 11) 阿波屋義照, 高田暁男, 大南正瑛, 塑性と加工, **15**, 751 (1974).
- 12) 中島孝慈, 三井寿雄, 藤城郁哉, 近藤勉啓, 材料, **24**, 1031 (1975).
- 13) 中島孝慈, 三井寿雄, 藤城郁哉, 野原彰人, 材料, **26**, 130 (1977).
- 14) 大森正信, 伊藤 操, 吉田総仁, 井上美智正, 日本金属学会誌, **48**, 302 (1984).
- 15) 三井寿雄, 藤城郁哉, 中島孝慈, 豊田研究報告, **23**, 9 (1970).
- 16) 中島孝慈, 三井寿雄, 藤城郁哉, 平松孝雄, 精密機械, **38**, 739 (1972).
- 17) M. W. Guinan and D. J. Steinberg, J. Phys. Chem. Solids, **35**, 1501 (1974).
- 18) T. E. Davidson, J. C. Uy and A. P. Lee, Trans. Met. Soc. AIME, **233**, 820 (1965).
- 19) A. H. Cottrell and D. F. Gibbons, Nature, **162**, 488 (1948).
- 20) S. L. Mannan and P. Rodriguez, Acta Met., **23**, 221 (1975).
- 21) T. H. Alden, Met. Trans., **4**, 1047 (1973).
- 22) P. Haasen and A. W. Lawson, Z. Metallkde., **49**, 280 (1958).

書 評

Handbook of Composites Volume 1

“Strong Fibres”

A. Kelly, Yu. N. Rabotnov (編)

(1985年, Elsevier Science Publisher 発行, B 5 判, 752ページ, Dfl. 375.00)

本書は, 複合材料ハンドブックの第1巻で繊維複合材料の全容が総説的に記述されており, ソ連, 英国, フランス, 日本などの科学者・技術者の研究成果が集められている. 本書は3部から構成されている.

第1部は, 無機材料繊維であって, ガラス繊維, 耐アルカリガラス繊維, 酸化物繊維, アルミナ繊維, ボロン繊維, 炭化ケイ素繊維などが取り上げられている.

これらの繊維の成分, 製法, 機械的性質, 耐食性, 耐熱性, 高強度, 高弾性などの諸性質が総説的にはあるが詳細に述べられている. 中でも, 耐アルカリガラス繊維は, ガラスに17%強の ZrO_2 を配合し, 繊維状にしたものを, セメントの補強材として用いるもので, 従来セメント補強用繊維としては, アスベストがよく用いられているが, これに代る新しい素材としての用途が期待されるものである. また, ボロン繊維は, 比強度がきわめて大きく, かつ高弾性であることが, 複合材料の高強度化に期待されている.

第2部は炭素繊維である. 炭素繊維は, 炭素そのものが溶融, 溶解が困難なので, 有機繊維または, 石油系特殊ピッチを熱処理して作られる. 本書では, 炭素繊維の一般的性質と応用分野, セルロース基炭素繊維の製法, 高分子炭素繊維の物理的・化学的性質, Polyacrylonitrile (PAN) 基炭素繊維の製法, 構造および諸性質, 液晶相ピッチを基にした炭素繊維などについてそれぞれ詳述され, この部だけで全体の402ページを占めている.

第3部は有機高分子繊維で, 高じん性有機高分子繊維材料の製造工程の基礎, 諸特性がまとめられている. 中でも Poly-Phenylene Terephthalamide (ケブラー) は, 高弾性率, 高強力繊維として知られており, この繊維は構成している主鎖分子が外力に対して分子内回転が容易でないために強度が高く, 耐食性, 耐熱性にもすぐれている. 一般に比重が 1.44~1.45, 強度 280~300 kgf/mm², 弾性率が 6 350~14 000 kgf/mm² を有しており, タイヤコードその他高強度繊維材料としての用途が紹介されている.

全編を通じて, 詳述されており, この分野の専門の方々への参考資料として貴重な一書であるものと考えられる.

(奈良工業高等専門学校 有間 淳一)