

(708) $\text{Si}_3\text{N}_4 \cdot \text{SiC}$ の転がりすべり条件における損傷と寿命

日本鋼管(株)中央研究所 工博 山田武海, ○関口英男, 北村 昭

1. まえがき

転がり疲れ強さは、転がり軸受、カム・ローラなど転がり部品の寿命を支配する因子である。転がり疲れ強さを向上するには材料の硬さを高めることが有効であり、従来から焼入れ、浸炭、窒化などの処理が転がり部品に施されている。セラミックスはその特性から転がり部品用に有望な材料であり、特に高速回転部や高温・真空環境下での利用が考えられるが、実用に役立つデータは非常に少ない。本報では、構造用セラミックスとして市販されている Si_3N_4 、 SiC を対象にし、油潤滑した転がりすべり条件におけるセラミックスの損傷状態、転がり疲れ寿命を検討した結果を述べる。

2. 試験方法

二円筒式転動疲労試験機(負荷荷重:最大 2700kgf, 回転数:最大 4000rpm, すべり率:最大 30%)を用い、Tableに示す供試材を用いた。試験ローラは直径 70 mm, 接触長さ 5 mm, 表面粗さ 1~2 R_{max} μm である。回転数, すべり率は 2000rpm, 10%

Table Materials Used

	Material	Hardness, Hv	Remarks
N	NS. Si_3N_4	1350~1550	Sintered
C	NS. SiC	2450~2650	Sintered
R	RS. SiC	2450~2750	Reaction-sintered
S	SNC415	700~780	Carburized-QT

とし、荷重は 700~2600kgf で試験した。潤滑は 50°C のギア油を用い、3 l/mm でローラ接触部に供給した。ローラの組合せは同種セラミックス同士、セラミックスと金属、金属同士である。ローラに発生した損傷は振動量(加速度)の上昇で検出し、その時点の積算回転数を転がり疲れ寿命とした。

3. 試験結果

(1) 損傷状態: 金属ローラの損傷はほとんどがスポーリングであるのに対し、セラミックスではスポーリングに似た表層部ハクリ(Photo.a), 割れ(同 b), 及び摩耗に大別できた。金属のスポーリング部のき裂は表面と 30~45度方向に生じており、セラミックスのき裂は表面と 30~90度と広い方向に生じていた。接線力と負荷荷重の比が 0.017~0.026 の範囲ではハクリや割れ, 0.03~0.04 では摩耗を生じる傾向があり、これはローラ材質にほとんど関係しない。

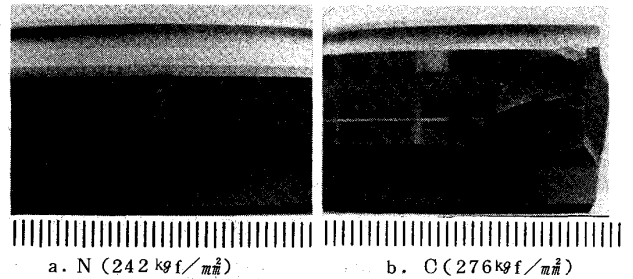


Photo. Damaged Roller Surface

(2) 転がり疲れ寿命: Fig.に最大接触応力(P_{max})と寿命(N_f , 摩耗のみは除く)の関係を示した。セラミックスの N_f は大きなバラツキがあるが、 P_{max} の減少に伴って長くなる傾向が認められた。セラミックスの寿命は金属より短く、特に高応力側で顕著である。また、セラミックス材質やローラ組合せによるセラミックスの寿命の相違はバラツキの範囲内であった。

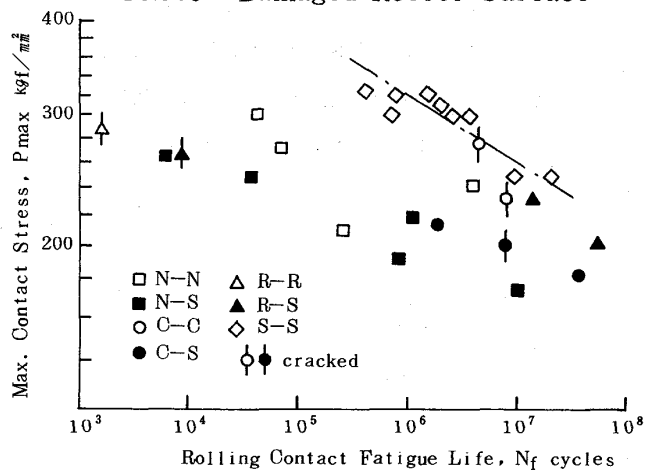


Fig. Relation between $P_{max} - N_f$

4. まとめ

Si_3N_4 , SiC 製ローラは従来鋼に比べ十分高い硬さをもつものの、油潤滑下での転がり疲れ寿命は鋼より短く、大きなバラツキがある。また、セラミックスローラは割れるという問題もある。

(710) 樹脂含浸した炭素繊維の利用による炭素繊維強化炭素材料の製造とその性状

東京大学生産技術研究所 ○張 東植 大蔵明光

I 緒言: 本研究では, 樹脂含浸した炭素繊維と, マトリックス原料としてのコークス粉とバインダーである Bulk mesophase (以下BMと記す)の利用を考え, 繊維束内は樹脂由来のマトリックスで, 繊維と炭素質マトリックスとの結合は樹脂とBMとを結合させることによって, より緻密で高強度な炭素繊維強化炭素材料(以下C/C複合材と記す)の製法を思考し, 以下にこの方法によるC/C複合材の製造を試みたので報告する。

II. C/C複合材の原料素材と製法: マトリックス単味の強度に及ぼすピッチコークス種(石炭系¹⁾, 石油系²⁾)と微粉碎粒度(各々3段階に粉碎), BM種(揮発分の異なるもの2種類)の影響を調べた所, 強度はピッチコークス種として石炭系の最小粒度(3.5 μ m)のものを, BM種として揮発分の高いものを用いた場合に高いことが知られた。従ってマトリックス原料には, 3.5 μ mに微粉碎した石炭系のピッチコークスと揮発分が33.5%のBMを用いた。樹脂含浸した炭素繊維は, 日本カーボン製カーボン区にエポキシ樹脂を含浸したアプレグメントを用いた。繊維の形態は, 一方向長繊維とクロス状の2種類で, 各々厚みの異なるものを2種類用いた。以下前者の厚みの薄い方をUD-1, 厚い方をUD-2, クロスについても同様にCL-1, CL-2と記す。C/C複合材の製造工程はFig. 1に示す。

III. C/C複合材の性状: まず一次焼成品(600 $^{\circ}$ C, 49MPaでホットプレス焼成した試料)の結合状況を調べた所, UD-1, UD-2のいずれも, マトリックス中のBM比にがかわらず, 或る V_f 値以上から分離層の発生が観察され, この分離層発生開始の V_f 値は, UD-1, 2のいずれも, BM比が高いほど, 又同一BM比ではUD-2の方が大きいことが知られた。これら試料の曲げ強度(σ_{bnd})は, 分離層発生試料のデータを除けば, UD-1, UD-2(Fig. 2)のいずれも, BM比に関係なく V_f 値の増大に伴って増大し, 強度に及ぼすBM比の効果は, UD-1使用時には V_f 値が25~30%でBM比が70%の時に, UD-2使用時には全 V_f 値にわたってBM比が80%の時に高い値を示しており, その最高値は前者の119MPaに対し, 後者は130MPaとより高く, これらの強度はFig. 2に示すダイヤヒトコ製のそれ(100MPa)に比べ高い事がわかる。なおクロス使用時には(Fig. 3), CL-1, CL-2(BM比が80%)のいずれも, V_f 値が20%の時にほぼ40MPaの最高強度を示しており, この強度は一方向長繊維使用時に比べ極めて低い。又一方向長繊維とクロス使用時の高い強度を示した一次焼成品につき, その強度に及ぼす熱処理温度(HTT)の効果を調べた所, UD-2($V_f=30\%$, BM比=80%), CL-2($V_f=20\%$, BM比=80%)を用いたいずれの一次焼成品も, 熱処理によって強度が低下し, その強度低下はHTTが600 $^{\circ}$ C~700 $^{\circ}$ Cの間では急激に低下する(前者は初期強度122 \rightarrow 80MPa強まで, 後者は40MPa \rightarrow 15MPaまで)が, 700 $^{\circ}$ C以降から1500 $^{\circ}$ Cまではほとんど強度低下はなく一定値を示した。

文献 1) 張, 大蔵; 炭素1985[N6123]150. 2) 張, 大蔵; 未発表.

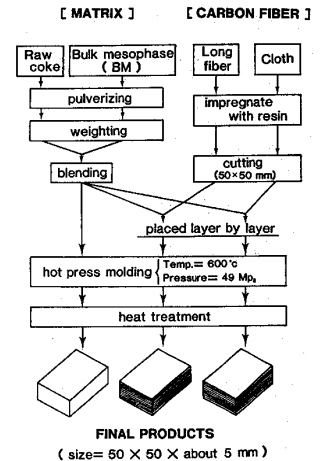


Fig. 1 Fabricating process of Carbon-Carbon composites.

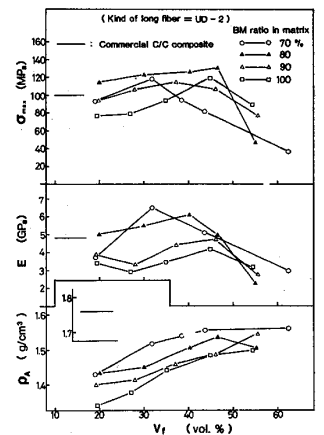


Fig. 2 Relation between volume fraction(V_f) and bending strength(σ_{bnd}), Young's modulus(E), and apparent density(ρ_a) of primary baking products.

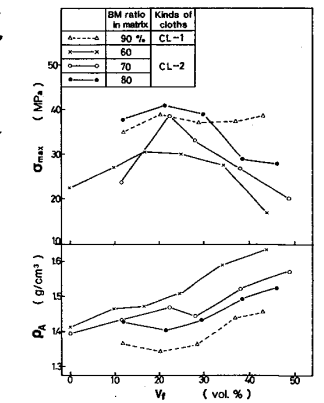


Fig. 3 Relation between volume fraction(V_f), apparent density(ρ_a), and bending strength(σ_{bnd}) of primary baking products.