

# ロータリコンプレッサ用ベーン材料への適用を 目的とした TiCN 系サーメット合金の 開発に関する基礎的研究

The Fundamental Study about TiCN-base Cermet Alloy on The Application  
to The Rotary Compressor Vane Material

開発本部 開発三部  
原 恭

本論文においては、地球環境保護の重要な対策の1つとなっている代替フロン化に関連した環境材料として、TiCN系サーメット合金のロータリコンプレッサ用ベーン、およびその他の摺動材料への適用の可能性を基礎的に検討することを目的とした。このためにサーメットと鋳鉄との摩擦摩耗特性を基礎的に把握し、現在切削工具として実用されているサーメットを摺動材料として使用する場合の材料設計指針を検討するとともに、併せて実機テストのための AE 信号によるモニタリングへの応用可能性について検討した。以下に、これらの実験より得られた知見を以下6章の構成にまとめた。

## 第1章 緒論

第1章緒論では、オゾン層保護条約に基づく代替フロンガスの導入によって生じたロータリコンプレッサのベーン用材料に求められる課題を述べた。ことに塩素を含まない HFC フロンを使用した場合に塩素を含む従来のフロンに対して極圧潤滑効果が期待できなくなるため、トライボロジー的に極めて過酷な環境にさらされ、従来のベーン材料では耐えられなくなることについて述べた。

この技術的課題に取り組むため本研究では、新しいベーン材料として TiCN 系サーメットを取り上げた目的および技術的背景について、およびコーティング方式ではなくバルク材を研究対象とした理由について述べた。

## 第2章 TiCN系サーメット合金と 鋳鉄との摩擦摩耗特性

第2章においては、本研究で設計製作したローラーチップ式の摩擦摩耗試験機を用いて、TiCN系サーメットチップと FC250 鋳鉄ローラーの大气中、無潤滑の摩擦摩耗試験を、押付荷重 10N から 40N、摩擦速度 0.05m/s から 0.30m/s の広範囲の条件で実施し、以下の結論を得た。

摩擦力-距離線図の特にその初期の特徴および摩耗量、摩擦面損傷状況の特徴とを総合すると、異なる摩擦摩耗機構を反映した以下に述べる A、B および C の3種類のタイプに分類される。

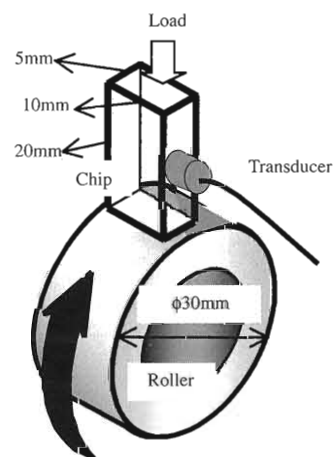


図1 チップとローラーの摺動部 (第2章)

① Aタイプの摩擦距離に伴う摩擦摩耗過程では、最初は表面層除去により摩擦力の上昇を開始し、表面の突起が破壊されて摩耗粉を発生するとともに、その摩耗粉が摩耗粉堆積領域から再び摩擦面に戻って摩擦力を更に上昇させ、摩耗粉によるアブレシブ摩耗が主体的である。その後、サーメットの表面が平滑化し、ローラ表面の条痕も減少傾向になり、摩耗粉の発生が減少して、かつ摩耗粉

の摩擦面への進入も抑制されて摩擦力は低下する。その後は、弱い凝着摩耗状態による定常的な摩擦力に落ち着く。

② Bタイプは試験荷重や摩擦速度が大きい場合に見られ、サーメット表面においては硬質粒子の脱落による条痕形成と、その摩耗粉が繰り返し摩擦面内に進入することにより、2元アブレシブ摩耗

表1 試料(第2章)

	Material	Size,mm	Hard-ness, HRA	Rough-ness, Ra
Chip	Cermet	5x10x20	91.6	0.5 $\mu$ m
Roller	Cast-iron (FC250)	$\phi$ 30x12	50.0	0.1 $\mu$ m

P	V			
	0.05m/s	0.10m/s	0.20m/s	0.30m/s
10N	○	⊕	●	
20N	▽	▽	▼	
40N	□	田	■	*

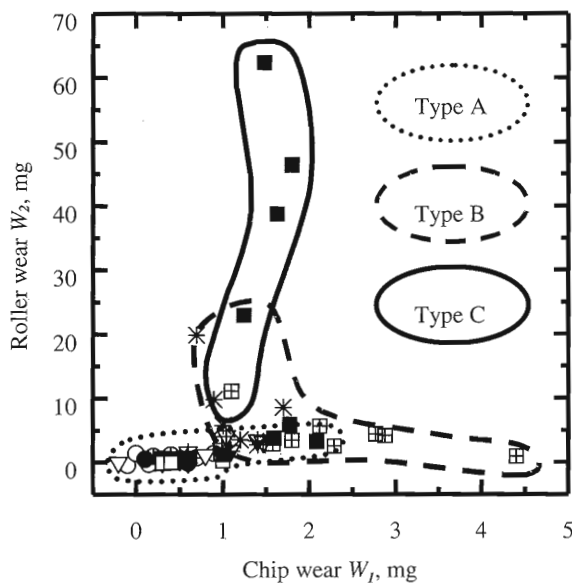


図2 各試験におけるチップとローラの摩耗量(第2章)

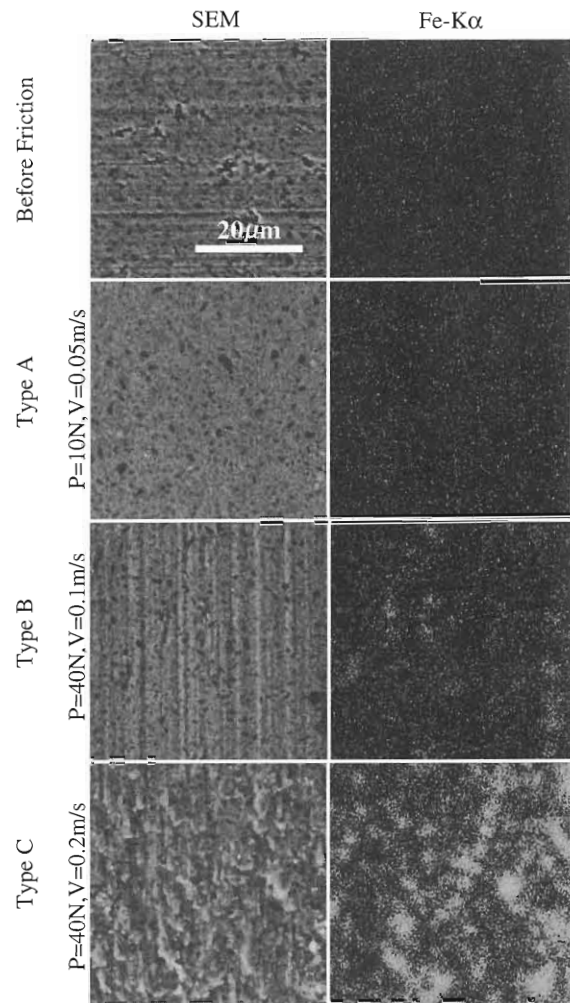


図3 チップ表面のSEM像およびEPMA分析結果(第2章)

表2 各タイプの摩擦摩耗特性まとめ(第2章)

Classification of F-L curves	Type A	Type B	Type C
Feature in F-L curve			
The wear condition in which each type mainly appears	P=10N, 20N V=all conditions	P=40N V=0.10m/s, 0.30m/s	P=40N V=0.20m/s
Amount of wear	Chip	a little	relatively large
	Roller	a little	a little
Configuration of worn surface	Chip	mirror finish	sharp streak
	Roller	grinding mark remained	grinding mark remained
			plastic flow and decohesion

が持続する。一方、軟化したローラ表面にサーメットの摩耗粉末が食い込み、ローラ表面を保護するので、ローラ表面の条痕は A タイプと大きな相違は認められない。同様に摩耗量に関しても、A タイプに比して特にチップの摩耗量が多い傾向が見られる。

- ③ C タイプは、初期摩耗後に再度摩擦力が上昇し、その後は凝着による高い摩擦力が維持されるもので、鋳鉄は表面に塑性流動と生じた薄片のはく離が見られ、摩耗量が非常に多い。サーメット表面には凝着摩耗粉が覆い、摩耗量はむしろ B タイプ並かそれ以下である。

以上の分類より、摩擦力-距離線図の測定により、摩耗過程のモニタリング方法としての可能性が十分あることを示した。

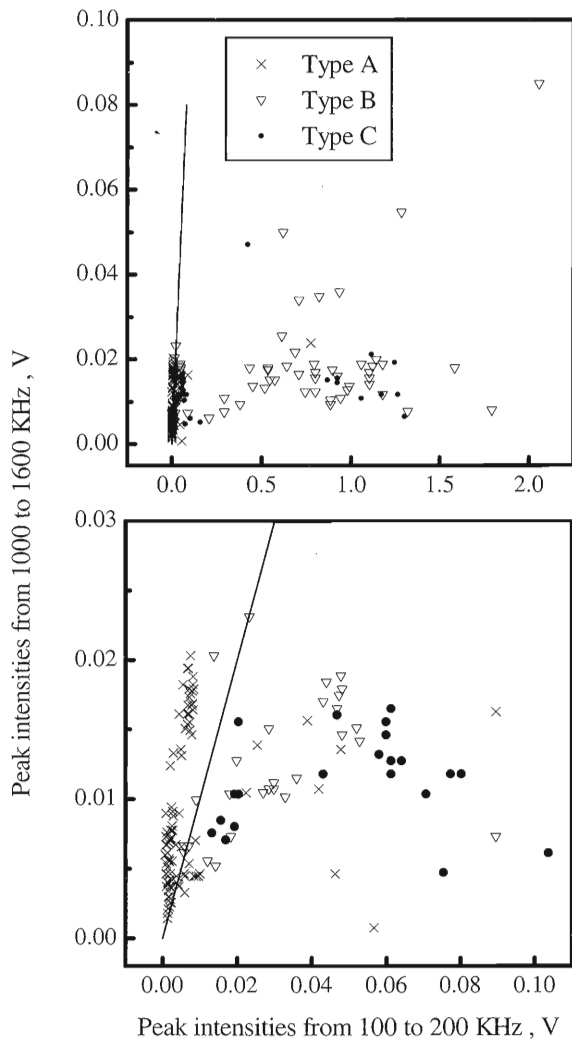


図4 AE signal AE 信号の FFT スペクトラムにおける 100~200KHz ピークと 1000~1600KHz ピークの強度分布 (第3章)

### 第3章 AE 信号による摩擦摩耗挙動のモニタリングについて

第3章では第2章でおこなった摩擦摩耗試験の、AE 信号によるモニタリングに関する検討を行い、AE 信号の FFT カーブと A, B, C 各タイプとの対応が認められ、解析の結果、サーメットの破壊時に主に発生する 100~200kHz の低周波成分の強度と 1600~2000kHz の高周波強度の比率 R に対して、 $R > 1$  の場合、摩耗の形態がアブレイブ摩耗である B および C タイプと対応することを見出し、モニタリングの可能性を示した。

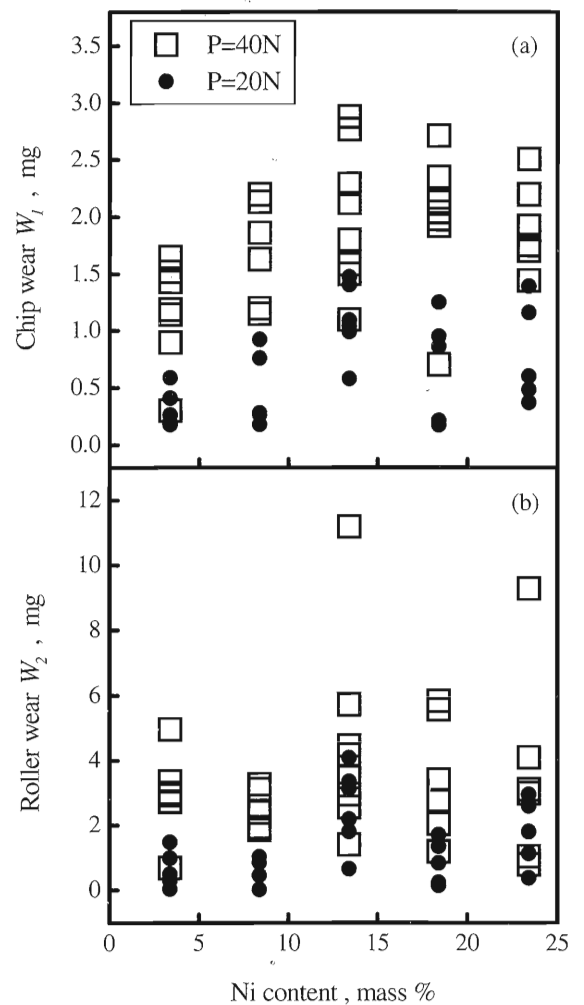


図5 チップとローラの摩耗量におよぼすサーメット中 Ni 量の影響 (第4章)

## 第4章 TiCN系サーメットのNiバインダー含有量が摩耗特性に及ぼす影響について

第4章では、摺動材料に適したTiCN系サーメットの成分設計へのアプローチとして、Feとの相互溶解度を有するため摩擦摩耗機構に密接に関わっていると考えられるNiバインダー量の影響を調べた。

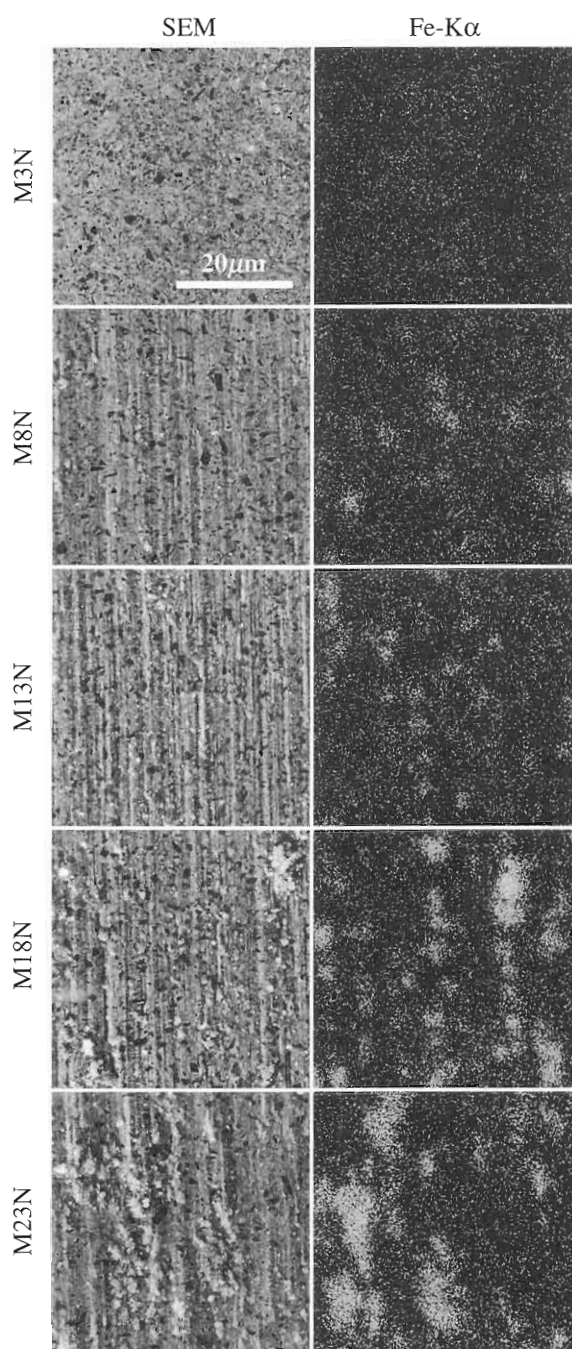


図6 サーメット中のNi量を変えた場合のチップ摺動部におけるSEM像およびEPMA分析結果(第4章)

Ni含有量を3.4%~23.4%の5段階に変えたTiCN系サーメットチップとFC250 鋳鉄ローラにて第2章に準ずる条件にて比較した結果、Niの最も少ない3.4%のサーメットチップを用いた場合に最もチップ摩耗量およびローラ摩耗量が少なかったことを述べ、摩擦摩耗機構としてサーメットのNiとローラの鋳鉄との凝着が深く関わっていることを確認した。さらに、第2章および第3章で検討した摩擦力-距離線図およびAE信号によるモニタリング手法についても、材種が異なっても依然として有効であることを確認した。

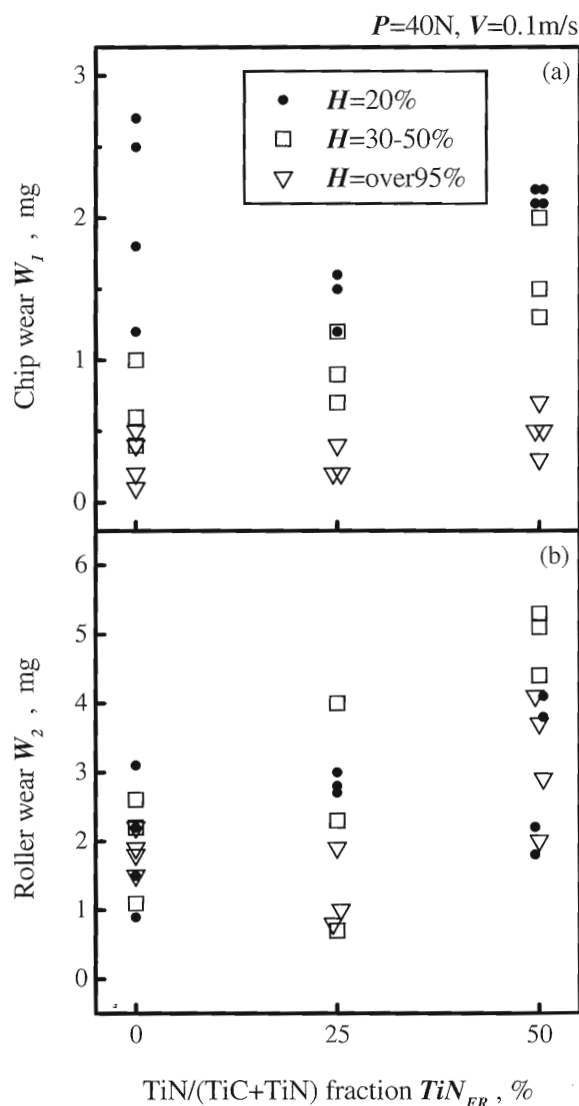


図7 チップとローラの摩耗量におよぼすサーメットTiCN中のTiN比率 $TiN_{FR}$ の影響(第5章)

## 第5章 TiCN系サーメットの窒素含有量が摩擦摩耗挙動に及ぼす影響

第5章においては、第4章で選定した3.4%NiのTiCNサーメットの摩耗現象におよぼすTiCN中のTiN量比率 $TiN_{FR}$ の影響と試験時の相対湿度の影響を調べ、これらの因子が摩擦摩耗機構に及ぼす効果を考察した。すなわち、 $TiN_{FR}=0\%$ ではサーメットの組織が均一でないこと、50%では脆い化合物相が存在し、微細均一で健全な組織の得られる $TiN_{FR}=25\%$ の場合と異なり摩耗量が大きくなることを示し、前章までの検討で得られた摩擦摩耗機構との関連において考察した。さらに、相対湿度が高いほど摩擦摩耗形態がマイルドになることについても述べている。

## 第6章 総括

第6章においては研究成果の総括と今後の課題について触れている。

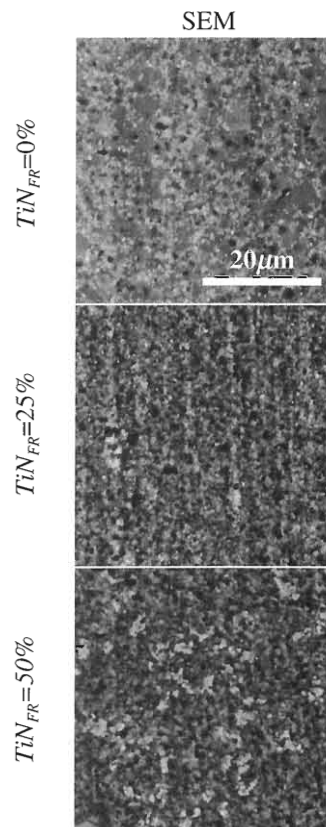


図8 相対湿度  $H=20\%$ におけるチップ摺動面におよぼすサーメットTiCN中のTiN比率 $TiN_{FR}$ の影響 (第5章)

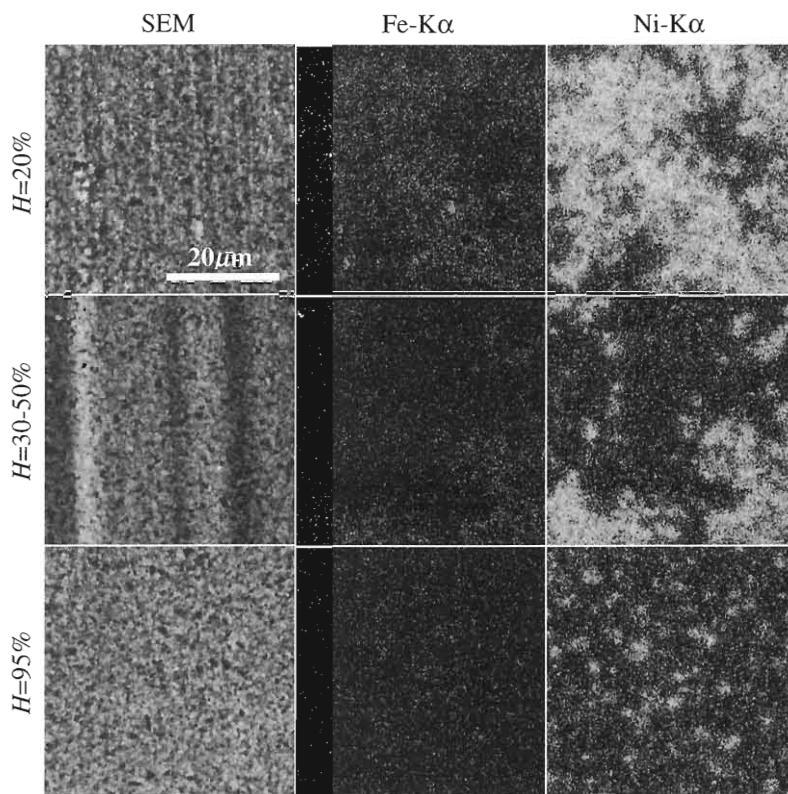


図9 TiCN中のTiN比率 $TiN_{FR}=25\%$ におけるチップ摺動面におよぼす相対湿度 $H$ の影響 (第5章)

## 本論文に関連した研究論文

- (1) 原 恭・松木賢司・萱野敬洋：TiCN 系サーメット合金と鑄鉄との摩擦摩耗特性，トライボロジスト，45，11（2000）40
- (2) 原 恭・松木賢司：TiCN 系サーメット合金と鑄鉄との摩擦摩耗特性（第2報），トライボロジスト，46，5（2001）409
- (3) 原 恭・松木賢司：TiCN 系サーメット合金と鑄鉄との摩擦摩耗特性（第3報），トライボロジスト，46，8（2001）664
- (4) 原 恭・松木賢司・會田哲夫：TiCN 系サーメット合金と鑄鉄との摩擦摩耗特性（第4報），トライボロジスト，47，3（2002）204