

高速フレイム溶射によるサーメット材料の皮膜特性

Characteristics of HVOF Sprayed Cermet Materials Coatings



技術開発センター係長

古田 博昭

Hiroaki Furuta

技術開発センター主任

花田 喜嗣

Yoshitsugu Hanada

技術開発センター主任

野村 大志郎

Daishiro Nomura

要旨

本稿では、高速フレイム溶射で成膜したWC-12Co、Cr₃C₂-NiCr材を中心に密着性、耐食性、耐摩耗性について評価した結果を報告する。密着性評価として、ピンテスト式密着強さ試験、落下球試験、転動疲労試験を行った。耐食性の評価には、中性の塩水噴霧サイクル試験を用いた。耐摩耗性の評価は、アブレイシブ摩耗試験とエロージョン摩耗試験で確認した。溶射材料の製造方法、原料粒度、造粒粉粒度が異なる溶射皮膜について、溶射条件の燃焼圧力、燃焼比、溶射距離および基材の硬さが皮膜特性に及ぼす影響を明らかにした。

Synopsis:

This paper reports the evaluation results on the adhesion property, corrosion resistance, and wear resistance for HVOF sprayed WC-12Co and Cr₃C₂-NiCr coatings. To evaluate the adhesion property, the adhesion strength test with pin-type, the falling impact test, and the rolling contact test were carried out. The combined cyclic corrosion test in the neutrality was applied to evaluate the corrosion resistance. The wear resistance was evaluated by the abrasive and erosive wear tests. It was confirmed that the influence of the combustion pressure, the combustion ratio, the spray distance, and the hardness of the substrates on the characteristics of the sprayed coatings which made by the different powder manufacturing route and have the different grain size of raw material and agglomerated-sintered powder.

1. 緒言

近年、高速フレイム (HVOF) 溶射においては基礎研究が活発になされ、溶射装置の特性に応じた溶射材料の入手が可能となってきた¹⁻³⁾。溶射皮膜の特性は溶射装置の要因を除けば溶射材料と溶射条件に大きく影響されるため、アプリケーションに応じて適切な溶射材料、溶射条件および基材を選択すれば、高い機能性を発揮させることが可能である。HVOF用の溶射材料は造粒焼結法、焼結粉碎法およびアトマイズ法の製造法が一般的に用いられており、サーメット材料では比較的低温の熱源を利用するHVOF溶射に適した造粒焼結法が主流となっている。造粒焼結法で作成されたサーメット材料は原料の粒子径 (1次粒子径)、造粒後の粒子径 (2次粒子径) および焼結条件が皮膜特性に影響することが多くの文献で報告されている⁴⁻⁵⁾。サーメット材料で最も主流であるWC-12Coは1次

粒子や2次粒子を細かくすることで気孔率の低い皮膜が得られるため、鏡面加工性が優れる。また硬度の高い基材と高圧の溶射条件とを組み合わせることで、高い転動疲労特性が得られている。

本稿では、PRAXAIR / TAFA社のJP-5000で溶射したWC系サーメット材料とCr₃C₂-NiCr材料について、溶射材料の製造方法、粒子径および溶射条件が基本的な皮膜特性へ及ぼす影響について考察する。

2. WC-Coの密着強度

2.1 ピンテスト式密着強さ試験

造粒焼結法で作製したWC-12Co (WC-A1) とWC-17Co (WC-A2)、焼結粉碎法で作製したWC-12Co (WC-S1) の密着強度をMTK 1型ピンテスト式の試験装置を用いて評価した。ピンテスト試験片の形状および試験方法をFig. 1に示す。

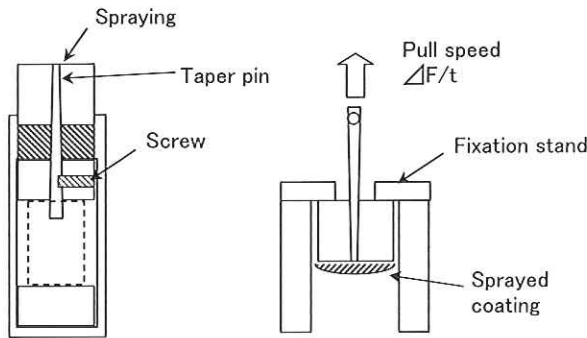


Fig.1 Schematic diagrams showing method of adhesion strength test with pin-type

φ20mmの軟鋼製スリーブにφ2mm軟鋼製のテーパーピンを差込み、溶射面が平面になるようにビスネジで固定してブラスト処理を行った。ブラスト処理による基材の塑性変形が試験結果に及ぼす影響を排除するため、一度テーパーピンを取り外した後、再度テーパーピンを取り付けて膜厚が500 μmになるまで溶射して試験片を作製した。

試験は計5回測定し、破断荷重をテーパーピンの断面積で除することで密着強度を算出した。試験片の作製条件をTable 1に示す。溶射皮膜の密着強度は、溶射条件を高圧にすることで高い密着強度が得られた (Fig.2)。

Table 1 Thermal spray conditions of specimens for adhesion strength test with pin-type

Materials			Combustion	
Mark	Making method	Composition (wt%)	Pressure (MPa)	Ratio
WC-A1	A.S. *1	WC-12Co	0.68	1.34
			0.85	
WC-A2	A.S. *1	WC-17Co	0.85	1.34
WC-S1	S.C. *2	WC-12Co	0.85	1.34

*1 : Agglomerated and Sintered

*2 : Sintered and Crushed

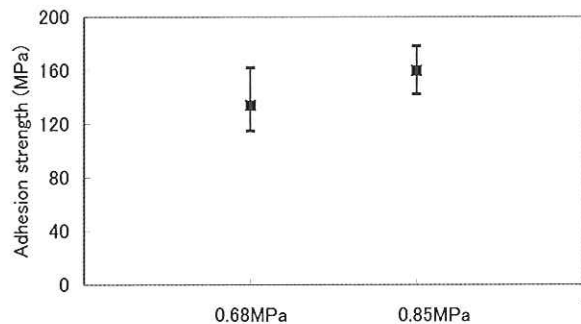


Fig.2 Results of adhesion strength test with pin-type

焼結粉碎法で作製したWC-S1が平均で171MPaと最も高い密着強度を示し、次いでWC-A1>WC-A2の順となった (Fig.3)。ピンテストにおける溶射皮

膜の密着強度は基材への衝突速度と溶射材料の嵩比重に影響を受け、衝突速度が速く嵩比重が高い材料ほど高い密着強度が得られると考えられる。また焼結粉碎粉は角ばった形状をしているため、基材への突き刺さりの効果が大きいことも考えられる。

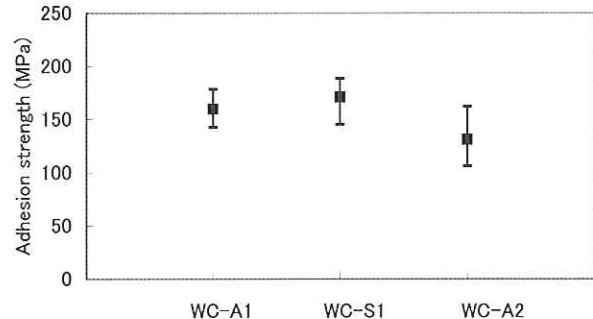


Fig.3 Results of adhesion strength test with pin-type (WC-A1, WC-A2, WC-S1)

Fig.4に燃焼圧力0.61 MPaと0.75 MPaで溶射したWC-A1材料の皮膜-基材界面における金属組織の写真を示す。燃焼圧力の高い0.75 MPaで溶射した基材との界面は0.61 MPaの条件に比べ平滑な面になっており、観察面からもWC系サーメットは基材のブラスト面を塑性変形させながら密着していることが分かる。HVOFで溶射した金属系材料のCoCrAlYとCoNiCrAlYは接着剤法の引張試験での接着剤強度の近傍において、50~70 MPaの密着強度を示すが、試験方法は異なるものの、WC-Coの密着強度は130 MPa以上の高い密着強度が得られている。

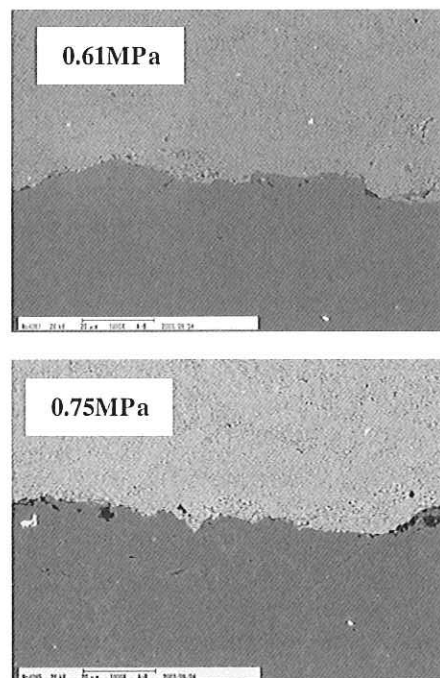


Fig.4 Photographics showing micro-structures in cross section at boundary between substrate and sprayed coating

2.2 落下球試験

落下球試験は、溶射皮膜に1mの高さからΦ8.5mmの鋼球を投下し、皮膜が剥離した回数で密着強度を評価する試験方法である⁵⁾。試験方法の詳細は本フジコー技報「創る」No.11で報告しているのここでは省略する。落下球試験による皮膜の密着強度は基材の硬さ、溶射皮膜の延性および溶射条件の燃焼圧力に大きく依存する^{6,7)}。

SS材のように硬度が低い材料では、WC-17Co等の延性の高い材料が高い密着強度を示す。基材のHV硬さ700までは硬さの上昇に伴い密着強度も高くなるが、基材のHV硬さ900以上では溶射条件のフレーム速度をより高速化することで、さらに高い密着強度が得られる。造粒焼結粉と焼結粉砕粉の溶射における密着性に及ぼす影響を落下球試験で評価した。試験片の基材には、HV硬さ900以上の当社製の肉盛ハイスであるFT-X3を用いた。試験片の作製条件をTable 2に示す。

Table 2 Thermal spray conditions of specimens for falling impact test

Materials			Combustion	
Mark	Making method	Composition (wt%)	Pressure (MPa)	Ratio
WC-A1	A.S. *1	WC-12Co	0.68	1.34
			0.85	1.14
				1.34
WC-S1	S.C. *2	WC-12Co	0.68	1.34
WC-S2	S.C. *2	WC-12Co	0.68	1.34

*1 : Agglomerated and Sintered

*2 : Sintered and Crushed

WC-Co系の落下球試験では、皮膜の硬さが高いほど、高い密着性を示す傾向はあるが、溶射過程の反応相として知られるW₂Cやη相について考慮されていない。溶射皮膜の機械的性質に影響する反応相について、燃焼条件を変えて密着強度への影響をXRD測定にて調査した。HVOFによるWC-Coの溶射皮膜は、η相は検出されなかったため、比較的引張強度の高いW₂Cについて、溶射前後の生成量を測定した。

燃焼比によるWC-A1、WC-S1およびWC-S2におけるW₂Cの生成量を測定した結果をTable 3に示す。W₂Cの生成量はXRDの測定結果により、WCとW₂Cの第1ピークにおけるX線回折の強度比から算出した。いずれの材料でも、燃焼条件が理論燃焼比に近づくほどW₂Cの生成が多くなる傾向が認められた。溶射材料の製造方法で比較すると、焼結粉砕粉は燃焼条件による変化が小さい。WC-S1においては、W₂Cの生成量は、粉末材料に近い数値を示した。このことから造粒焼結粉に比べ焼結粉砕粉は、嵩密度が高いため表面積が小さく、十分に溶融されていないと考えられる。

Table 3 X ray diffraction strength ratio of WC and W₂C

Mark	Division	C.R.*1	X.D.S.R.*2	
			WC	W ₂ C
WC-A1	Powder	-	100	2
	Sprayed coating	1.34	100	22
		1.14	100	26
WC-S1	Powder	-	100	2
	Sprayed coating	1.34	100	20
		1.14	100	22
WC-S2	Powder	-	100	4
	Sprayed coating	1.34	100	8
		1.14	100	10

*1 : Combustion ratio

*2 : X ray diffraction strength ratio

落下球試験結果をFig.5とFig.6に示す。WC-A1は理論燃焼に近い条件になると高い皮膜硬度を示すが、W₂Cの生成量が増加するため脆くなり密着強度も低下している。落下球試験によるWC-A1の密着強度は、酸素リッチな条件にて最も高い値を示す。WC-S1とWC-S2は溶融が不十分であるため、低い密着強度を示した。落下球試験の途中から剥離するまでの皮膜表面における金属組織写真およびデプスプロファイルをFig.7に示す。これから基材の硬さが高く、また皮膜の密着性も高くなると、皮膜は表面から破壊されて剥離に至っていると考えられる。SS材のように硬度が低い材料では硬度が高い基材とは異なり、皮膜に亀裂が発生して剥離に至っている。SS

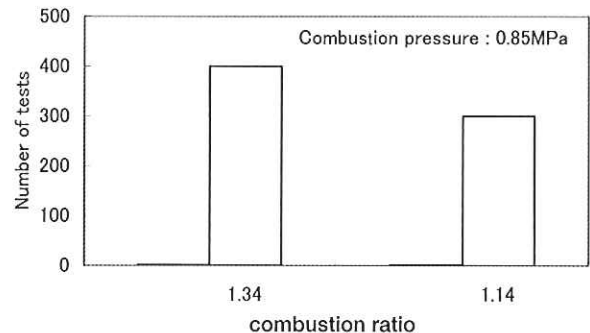


Fig.5 Relation between combustion ratio and adhesion strength with falling ball impact tests in WC-A1

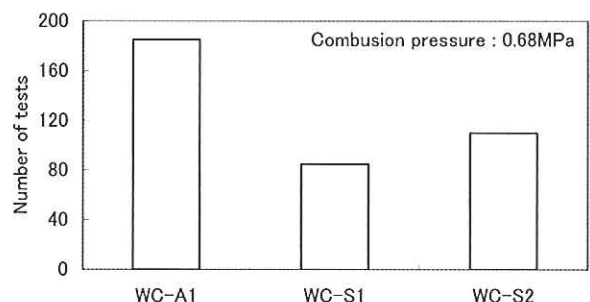


Fig.6 Results of falling ball impact tests (WC-A1,WC-S1,WC-S2)

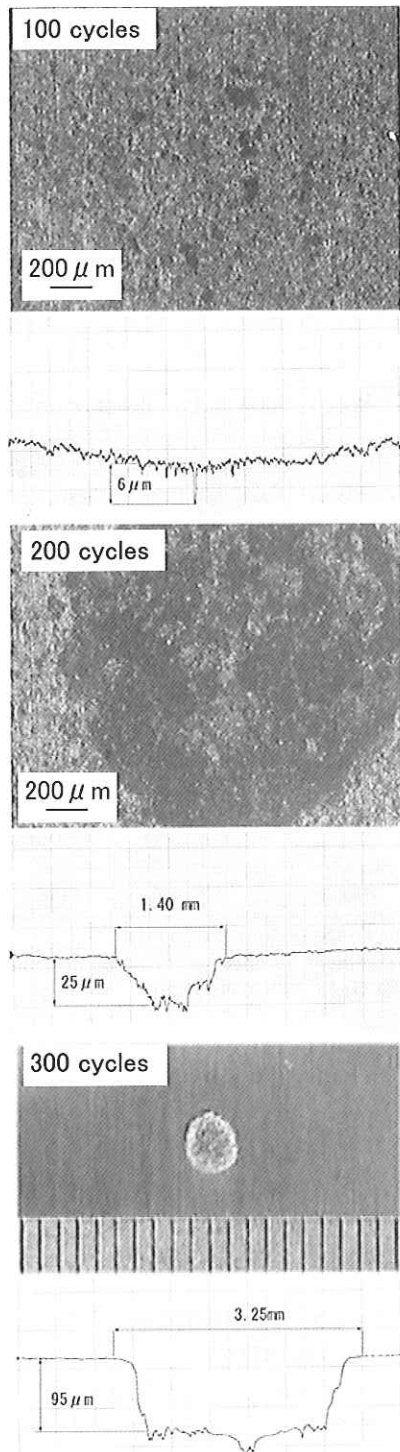


Fig.7 Appearance on specimens of 100, 200 and 300 cycles in WC-A1

基材へ溶射したWC-12Coの落下球試験後における表面の金属組織写真をFig.8に示す。

ピンテストでは焼結粉碎粉のWC-S1で密着強度の最高値を得たが、硬度が高い基材の落下球試験においては造粒焼結法で作製したWC-A1で最も高い密着強度が得られた。皮膜の密着強度を向上させる方法として、より高速の条件下で熔融した状態で、かつW₂C生成量を制御した皮膜を形成させることが重要であると考えられる。

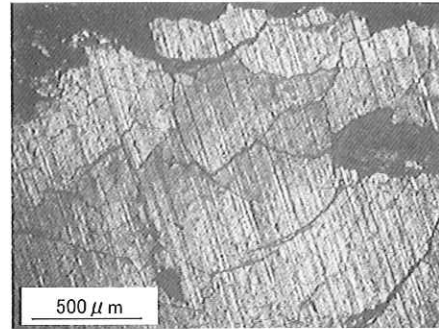


Fig.8 Microstructure of WC-A1 after falling ball impact test

2.3 転動疲労試験

転動疲労試験は、溶射皮膜に繰り返し接触荷重を与え、皮膜と基材の界面に発生したせん断応力により剥離した皮膜の転動回数で密着性を評価する方法である。転動疲労試験の方法および試験条件をFig.9とTable 4に示す。WCサーメット材では硬度の高い基材（例えば、FT-X3等）に高圧の溶射条件で溶射することにより、クロムメッキと同等の

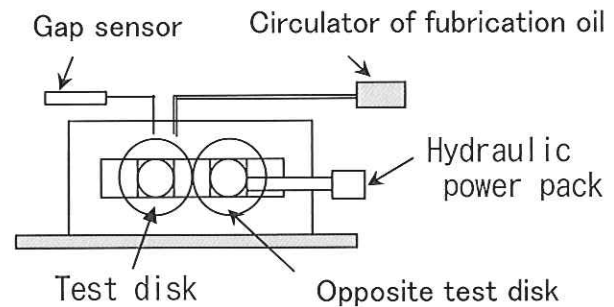


Fig.9 Schematic diagram of equipment for rolling contact fatigue test

Table 4 Conditions for rolling contact fatigue test

Load (kgf)	130
Hertz stress (kgf/mm ²)	250
Sliding rate (%)	0
Kind of lubricant	Oil
Size of test pieces (mm)	Φ30 × 10L
Size of the opposite (mm)	Φ30 × 1L (SUJ 2)

転動疲労特性が得られる。

実用面での溶射皮膜の密着性は落下球試験の結果から、基材の硬さと密接な関係があることがわかった。WC-12Coの転動疲労特性について基材の硬さが転動疲労特性に及ぼす影響を評価した。WC-Coとは結合形態が異なるNi基の自溶性合金において、転動疲労試験も併せて行い密着性を評価した。

Ni基の自溶性合金における溶射皮膜の密着強度は200~300MPaと報告されており、WC-Coの約2倍

の密着強度と考えられる。Ni基の自溶性合金は冶金学的な接合により優れた密着性を示すことから、基材としてはHV硬さ200近傍のSS材やSC材を取り扱ったケースが多い。転動疲労試験の結果および試験後における試験片の外観写真をFig.10に示す。基材のHV硬さ200ではNi基の自溶性合金がWC-12Coよりも密着性に優れている。しかしながらWC-12Coでも適切な基材の硬さを選定して溶射することで、Ni基の自溶性合金以上の密着性が得ら

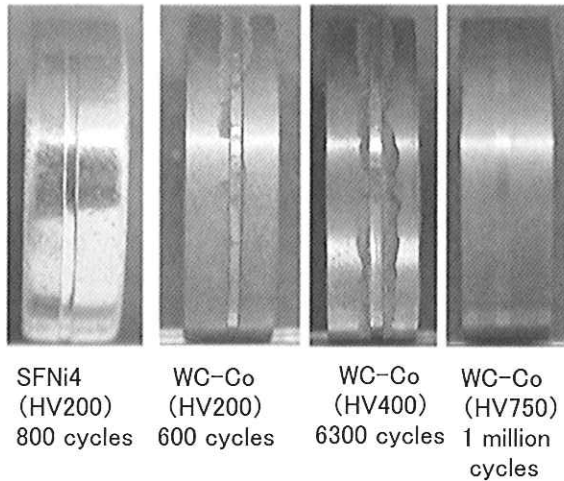


Fig.10 Photographics showing appearance after rolling contact fatigue test

れることが分かった。

3. サーメット材料の耐食性

3.1 中性の塩水噴霧サイクル試験

WC-Coは耐摩耗性に優れるが、湿潤環境では耐食性に問題があるため使用が制限される。このような腐食環境の下では、WC-NiCrやWC-CoCrがよく使用されている。

塩水噴霧の加速試験では皮膜の貫通気孔が試験評価に大きく影響することから、溶射材料の2次粒子径と膜厚が試験の結果に及ぼす影響を評価した。2次粒子径は、WC-12Co (WC-A1)とWC-20CrC-7Ni (WC-A3)では10 μ m以下(10 μ m)と15~45 μ m(45 μ m)の粒子径を、Cr₃C₂-25NiCr (CrC-A1)では15~45 μ mの粒子径を使用した。

溶射の膜厚はそれぞれ100または300 μ mとした。2次粒子径が10 μ m以下の材料は θ ガンで溶射した。

複合サイクル試験は塩水噴霧(2hrs)、乾燥(4hrs)および湿潤(2hrs)を1サイクルとし、基材の腐食(錆び)が観察された場合を皮膜の寿命とした。試験片は24、72、168、336、504、および1000 hrs後に観察した。WC-A1は24 hrs後の観察で皮膜の変色が認められた。しかしWC-A3は緻密な組織を形成しているため、膜厚が100 μ mと300 μ mで、2次粒子径が10 μ mと45 μ mで、いずれも336hrsまでは基材の腐食が観察されなかった。その後、2次粒子径が10 μ mの試験片を継続して1000 hrsまで観察したが、基材の腐食は認められなかった。WC-A3は中性雰囲気において耐食性があるため、外観上の皮膜に

おける変色は認められなかった。

2次粒子径が45 μ mの場合、膜厚が100 μ mで72hrs後に、膜厚が300 μ mで336hrs後にいずれも基材の腐食が認められた。2次粒子径が10 μ mの場合、膜厚が100 μ mでは、504hrs後に基材の腐食が認められた。膜厚が300 μ mになると、1000hrs後の観察では基材の腐食が認められなかった。

CrC-A1は膜厚が100 μ mでは168hrs後に、膜厚が300 μ mでは336hrs後に基材の腐食が認められた。試験片の作成条件および複合サイクル試験結果を

Table 5 Specification and results of corrosion test

Materials			Corrosion test		
Mark	Composition (wt%)	Particle size (μ m)	Thickness *1 (μ m)	Corrosion time (hrs)	Judgement *2
WC-A1	WC-12Co	15-45	100	≥ 336	Δ
			300	≥ 336	Δ
		≤ 10	100	≥ 336	Δ
			300	≥ 1000	Δ
WC-A3	WC-20CrC-7Ni	15-45	100	72	\circ
			300	336	\circ
		≤ 10	100	504	\circ
			300	≥ 1000	\circ
CrC-A1	Cr ₃ C ₂ -25NiCr	15-45	100	168	\circ
			300	336	\circ

*1: Thickness of sprayed coating

*2: Judgement by observation of coating surfaces

\circ Good, Δ No good

Table 5に示す。

WC-A3の試験後における外観写真をFig.11に示す。湿潤環境の下で耐食性がよいとされているWC-NiCrは予想外に寿命が短く、封孔剤を併用しなければ材料の耐食性が発揮できないと考えられる。基材の腐食を抑制する手段として、皮膜の厚膜化と2次粒子の微粉末化が有効であることを確認した。

4. サーメット材料の耐摩耗性

4-1 アプレシブ摩耗特性

本稿の趣旨からは少し外れるが、サーメットの材料におけるアプレシブの耐摩耗性について、エンドレス-エメリー布の試験機を用いた評価試験をした結果を紹介する。試験方法および試験条件をFig.12とTable 6に、試験結果をFig.13に示す。硬質クロムメッキと比べWC系のサーメット材料は過酷なアプレシブ摩耗環境の下で優れた耐摩耗性を示した。耐摩耗性はWC-Co > WC-CoCr > WC-NiCr > CrC-NiCr > 硬質クロムメッキの順で大きくなることが分かる。

4-2 エロージョン摩耗特性

4-2-1 CrC-NiCr

CrC-NiCrは高温での耐摩耗性が大きく、700~800 $^{\circ}$ Cにおける使用環境の下で広く使用されている⁸⁾。

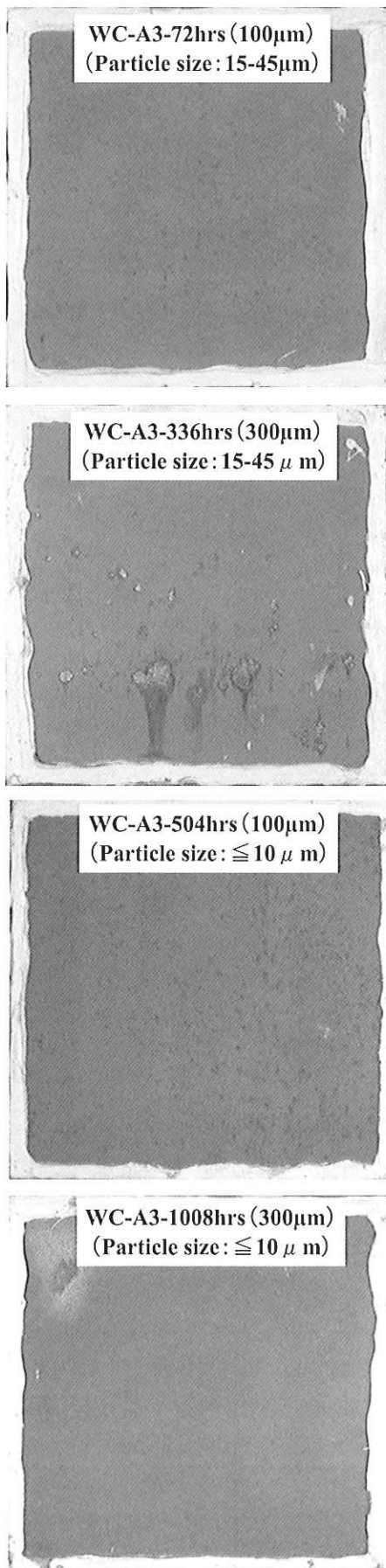


Fig.11 Photographics showing appearance after combined cycle tests

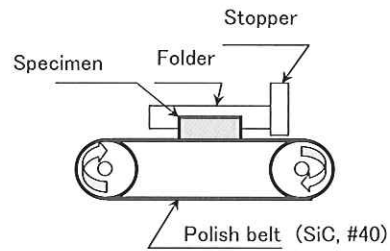


Fig.12 Schematic diagrams of abrasive wear test

Table 6 Condition of abrasive wear test

Load (kgf)	3.1
Speed (m/min)	240
Belt roughness (#)	24(SiC)
Testing time (hrs)	2
Size of test pieces (mm)	50 × 50 × 10 t

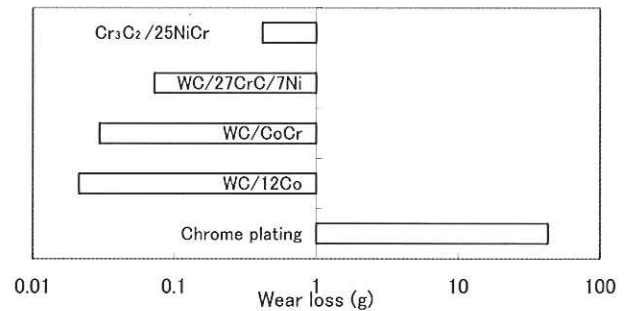


Fig.13 Abrasive wear test results

当社では、石炭焚きボイラーの発電設備におけるエロージョン摩耗の対策として、CrC-NiCr材料の現地溶射をHVOFで行っている。CrC-NiCrの高比重(2.8g/cm³)はWC系サーメット(4~5 gr/cm³)と比較すると小さく、造粒後の焼結反応により表面積が大きく変化する(小さくなり易い)ため、緻密な皮膜が形成され難く溶射効率も低いとされている。

CrC-NiCr皮膜におけるエロージョン摩耗の特性について溶射条件の影響を評価した。またエロージョン摩耗特性は荒田式摩耗試験機を用いて評価した。摩耗試験は傾き30°のフォルダーに試験片をセットし上部からブラスト材を叩き付け、試験片の摩耗減量を測定した。試験方法およびブラスト材の仕様および試験片の作製条件をFig.14およびTable 7とTable 8に示す。

酸素リッチかつ燃焼圧の低いCrC1の溶射条件では、溶射距離を300mmまで近づけることでエロージョン摩耗の特性が向上した(Fig.15)。燃焼圧力の高いCrC2とCrC3では、溶射距離が235~395 mmの間で摩耗テストを行った。酸素リッチなCrC2の溶射条件では、CrC1と同様に、溶射距離が300mmで最も高い耐摩耗性を示した。溶射距離が300mmより近くなると耐摩耗性は低下する傾向にある。

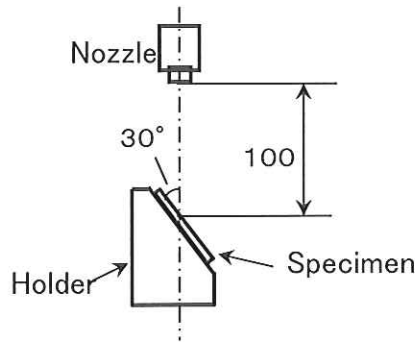


Fig.14 Schematic diagram showing method for erosive wear test

Table 7 Grain size distribution and chemical compositions of specimens for abrasive evaluation

(a) Grain size

Mesh	35	45	50	60	70
(%)	0	5~15	58~68	78~97	0

(b) Chemical composition

Substance	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO
(wt%)	96.59	0.6	0.11	2.58	0.12

Table 8 Spraying parameters of specimens

Materials		Combustion	
Mark	Composition (wt%)	Pressure (MPa)	Ratio
CrC1	Cr ₃ C ₂ -25NiCr	0.68	1.34
CrC2		0.85	1.34
CrC3		0.85	1.14

理論燃焼比に近いCrC3の溶射条件では、溶射距離が395mmで最も高い耐摩耗性を示した (Fig.16)。溶射距離を近づけることで耐摩耗性は低下する傾向にある。酸素リッチなCrC1やCrC2の溶射条件とは最適な溶射距離が異なっている。これらはフレームの温度に影響があると考えられ、燃焼条件を理論燃焼比に近づけるとフレーム温度が上昇することから、CrC1やCrC2の溶射条件では300 mm以下で、CrC3の溶射条件では395mm以下でそれぞれ皮膜が酸化し、粒子間の強度を低下させると考えられる。

CrC-NiCrのエロージョン摩耗に対する特性は燃焼条件を理論燃焼比に近づけると高い耐摩耗性を示し、燃焼比により最適な溶射距離が異なることが分かった。

4-2-2 WC-12Co

WC-12Coのエロージョン摩耗に対する特性についてWCの1次粒子径と燃焼比との関係を評価した。試験に供した溶射材料と溶射条件をTable 9に示す。試験は前述と同様の条件で行った。エロージョン摩耗の特性はWCの粒子径が最も小さい0.2μ

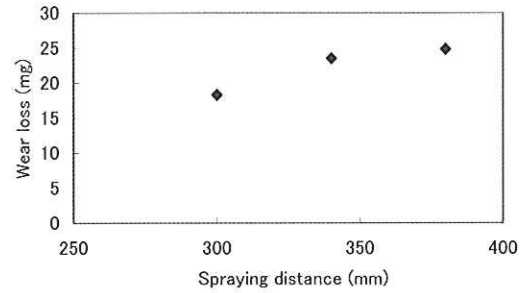


Fig.15 Relation between thermal spraying distance and erosive wear loss for CrC1

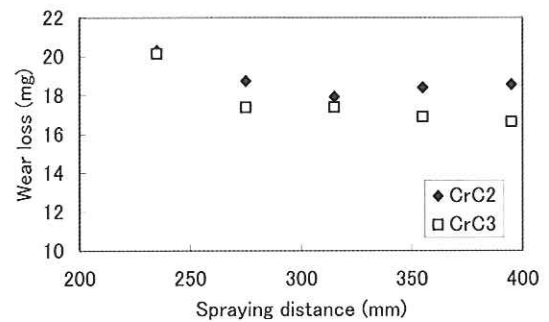


Fig.16 Relation between thermal spraying distance and erosive wear loss for CrC2 and CrC3

mで最も高い耐摩耗性を示した。WCの粒子径が1~2μmおよび2~3μmでは、耐摩耗性に顕著な差異が認められず、燃焼比との関係においても顕著な差異が認められなかった。WCの粒子径が0.5~0.7μmや0.2μmと小さくなり、燃焼条件が理論燃焼比に近づくほど耐摩耗性が向上した (Fig.17)。

エロージョン摩耗の特性は燃焼比が1 (理論燃焼比)、およびWCの1次粒子径が0.2μmで耐摩耗性が最大となった。WCの1次粒子径が0.2μmの溶射皮膜においてXRD測定を行い、W₂Cの生成量と耐摩耗性との関係について調査した。W₂Cの生成量は前節2-2と同様の方法で測定した。1次粒子径の影響も考察するため、前節での測定結果も併せてTable 10に表記した。燃焼条件が理論燃焼比に近づくほどW₂Cの生成量は多くなる傾向にある。WCの

Table 9 Spraying parameters of specimens with different particle sizes for WC

Materials		Combustion		Spray
Mark	WC particle size (μm)	Pressure (MPa)	Ratio	Distance (mm)
WC-A4	0.2	0.85	1.00~1.14~1.34 *	380
WC-A5	0.5~0.7			
WC-A6	1~2			
WC-A7	2~3			

*: Each materials were examined at combustion ratio 1.00, 1.14 and 1.34.

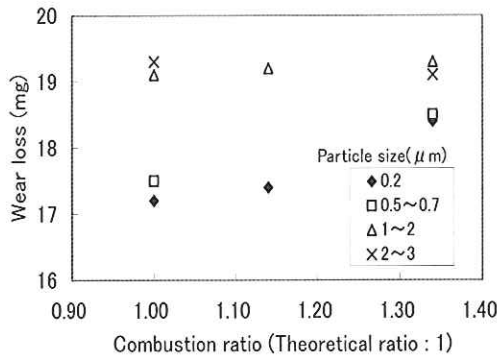


Fig.17 Relation between combustion ratio and erosive wear loss in each WC particle size

1次粒子径が1μm以上の場合と比較すると、1次粒子径が0.2μmと小さい場合には、燃焼比の変化により熔融状態が変化しやすく、理論燃焼比の条件の下で溶射することでフラム温度が上昇し、粒子間の強度が高まったと考えられる。このような燃焼比による粒子間強度の変化は、WCの粒子径が1μm以下で顕著になるものと推察される。市販材ではWCの1次粒径が1μm以上のものが多く普及しており、JP-5000の溶射装置における燃焼熱を効率的に活用するには、WCの1次粒子径を細かくする必要があると考えられる。

Table 10 X-ray diffraction strength ratio of WC and W₂C

Materials		Combustion		Spray distance (mm)	X-ray diffraction strength ratio	
Mark	WC particle size (μm)	Pressure (MPa)	Ratio		WC	W ₂ C
WC-A1	≥ 1.0	0.68	1.34	380	100	22
		0.85	1.34	380	100	22
		0.85	1.14	380	100	26
WC-A4	0.2	0.68	1.34	300	100	14
		0.68	1.34	380	100	14
		0.85	1.34	380	100	17
		0.85	1.14	380	100	19

5. 結言

JP-5000の高速フラム (HVOF) 溶射装置で作製したWC-Co、WC-NiCrおよびCrC-NiCrの溶射皮膜における特性について以下の知見を得た。

- (1) WC-Coの密着性は評価試験方法および溶射材料の製造方法により変化する。ピンテスト式密着強度試験のように機械的な密着強度の試験では、基材への衝突エネルギーが高い焼結粉砕粉が最も高い密着強度を示すが、より実用的な落下球試験においては造粒焼結粉が高い密着強度を示し、W₂Cの生成量を制御した高压条件で溶射することが有効である。
- (2) W₂Cの生成量に対する測定結果より、焼結粉砕粉では熔融状態が不十分であると推察され、粒

子間の強度が低く落下球試験のような繰り返し衝撃荷重の下では密着性が低い。

- (3) 転動疲労の環境の下では密着性は基材の硬さと密接な関係がある。WC-Coにおいては基材の硬さを適切に選択することで、硬度が低い基材へ溶射した自溶性合金よりも高い密着性を得ることが出来る。
- (4) WCのサーメット材における中性雰囲気での耐食性は皮膜材質の耐食性と皮膜組織内に介在する気孔に左右される。皮膜材質の耐食性はサーメット材を構成するバインダーの金属に影響し、Coは耐食性が悪く、NiやNiCr合金をバインダーとしたサーメット材では良好な結果が得られる。
- (5) 耐食性へ及ぼす皮膜の組織内に介在する気孔の影響については、2次粒子径の微粉末化および膜厚の増大化が有効である。
- (6) サーメット材料におけるエロージョン摩耗の特性は溶射材料の1次粒子径に影響される。1次粒子径が1μm以下の場合には燃焼比の影響を受けやすく、理論燃焼比へ近づけることで耐摩耗性が向上する。
- (7) 燃焼条件を理論燃焼へ近づける場合、溶射フラム温度が高温となり皮膜が酸化するため、燃焼比による溶射距離を考慮する必要がある。

参考文献

- 1) 大澤悟、太和田聡、伊藤健一、五日市剛：WC/12Co粉末の粒度分布が溶射特性および皮膜特性に及ぼす影響、日本溶射協会主催-第77回全国講演大会
- 2) 加藤伸映、大澤悟、五日市剛、成 瑾、黄淳：バレル長さの異なるHVOFで溶射したCr₃C₂/NiCr皮膜特性と粉末特性との関係、溶射協会主催-第77回全国講演大会
- 3) 渡辺崇貢、太和田聡、大澤悟、五日市剛：WC系サーメット溶射皮膜の特性に及ぼすHVOF溶射条件の影響：日本溶射協会主催-第73回全国講演大会
- 4) 大澤悟、太和田聡、加藤伸映、五日市剛：各種WC系サーメットの溶射皮膜特性に及ぼすWC粒子径の影響、日本溶射協会主催-第73回全国講演大会
- 5) 古田博昭、尾崎龍宏：製鉄プロセスロールへの高速フラム溶射 (HVOF) の応用、フジコー技報「創る」、No.11, (2003), 41
- 6) 古田博昭、尾崎健一：高速フラム溶射 (HVOF) による超緻密超密着溶射技術の開発、フジコー技報「創る」、No.13, (2005), 35
- 7) 大澤悟、太和田聡、伊部博之、五日市剛：サーメット皮膜の耐剥離性に及ぼす基材材質の影響、日本溶射協会主催-第76回全国講演大会
- 8) 久田護：炭化物系サーメット溶射皮膜の特性とその応用、溶射技-VOL.12-No.2, 50