

硬質コーティングしたローラーダイスの耐摩耗性に関する研究

松 田 実^{*1}
 谷 川 晃 史^{*2}
 服 部 悟^{*3}

〔要 旨〕

溶接ワイヤー製造装置の高速加工時に問題となるローラーダイス（線材加工用金型）の摩耗低減を図るため、高速度工具鋼（SKH材）上にAlCrNの硬質コーティング膜を成膜し、ピンオンディスク摩擦摩耗試験機によりステンレス棒（SUS304）を相手材として耐摩耗性について検討した。その結果、AlCrNコーティングしたSKH材とSUS304の組み合わせは、ディスク材、ピン材両方の摩耗量が低減しコーティング膜の有効性が確認された。

1 緒 言

屋外での溶接作業は風などの影響があるため、溶接棒も単なる金属棒ではなく棒の内部に溶接の密着性を高めるためのフラックスを内包している。これをフラックスコアドワイヤー（以下、FCWと表す）と呼び、造船などの屋外利用や確実性を要求される用途に利用されている。通常溶接用ワイヤーは単純な穴ダイスを用い、ワイヤー製造において高速化が図れるが、FCWは薄板を半円に曲げて湾曲内にフラックスを充填後閉じて線状にした後、ローラーダイス（線材加工用金型）を用いて所望の太さのワイヤーを製造するため高速化が難しかった。

従来ローラーダイスの素材は、超硬材料（D60富士ダイス製；88HRA）を使用していたが、高価

ダイス及びワイヤーの発熱や摩耗による劣化の促進が予想されることから、超硬材料より安価である高速度工具鋼（SKH材）を母材とし、この上に高硬度で潤滑性があり耐高温酸化性のあるコーティングの検討を行った。

平成20年度、産学公連携による共同研究において高速線引き用ローラーダイスの開発を行った。本報告では、加工の高速化に伴うローラーダイスの劣化を抑制するための硬質コーティング膜の効果について、ピンオンディスク摩擦摩耗試験機を用いて耐摩耗性を検討した結果について示す。

2 実験方法

2.1 硬質コーティング膜の選定

金型や工具等の長寿命化に種々のコーティングが利用されており、現在も更なる機能向上を目指した研究開発が行われている。主要なドライコーティング（主にPVD）について特性を比較したものを表1に示す。今回のローラーダイスへの適用を考える場合、皮膜硬度、潤滑性、鉄系素材（SUS304）との接触による影響等を考慮する必要があり、高温耐摩耗・潤滑性に優れるAlCrN系コーティング

*1 中丹技術支援室 室長（現 企画連携課 課長）

*2 中丹技術支援室 技師（現 京都府商工労働観光部ものづくり振興課 技師）

*3 基盤技術課 主任（現 同課 副主査）

表 1 コーティングの種類と特性

	TiN	TiCN	CrN	TiAlN	AlCrN
硬度 (HV0.05)	2,300	3,000	1,750	3,400	3,200
摩擦係数(ドライ)	0.4	0.4	0.5	0.35	0.35
膜応力(GPa)	-2.5	-4.0	-1.5	-1.1	-3.0
酸化開始温度(°C)	600	400	700	800	1100
膜の色調	黄金色	銀灰色	銀灰色	紫灰色	青灰色

皮膜を選定した。供試材には調質したSKH57を用い、イオンプレーティング法によりAlCrNを約3 μm成膜した。

2.2 耐摩耗性評価方法

耐摩耗性の評価には、ピンオンディスク摩擦摩耗試験機 (TRI-S-500NP 高千穂精機) を用いた。試験ではローラーダイス材として超硬材料及びAlCrNコーティングしたSKH57をディスク (φ55mm) とし、ワイヤ材としてSUS304をピン (φ7.98×20mm) とした。試験条件は、負荷荷重200N、摩擦速度0.5m/sec、摩擦距離10,000m、無潤滑で

行った。試験後に試験片表面に付着した摩耗粉をアルコール中で超音波洗浄で除去した後乾燥させ、天秤により重量変化を求めた。またピンの温度上昇を摩擦面から5mm位置に熱電対を挿入し測定した。摩耗状態は、試験前後のディスク及びピンの表面を走査電子顕微鏡等により観察するとともに、表面粗さからも表面状態を調べた。

3 実験結果及び考察

写真1、写真2にAlCrNコーティング膜の表面及び断面SEM写真を示す。表2に試験用ダイス材料のマイクロビッカース硬さを示す。

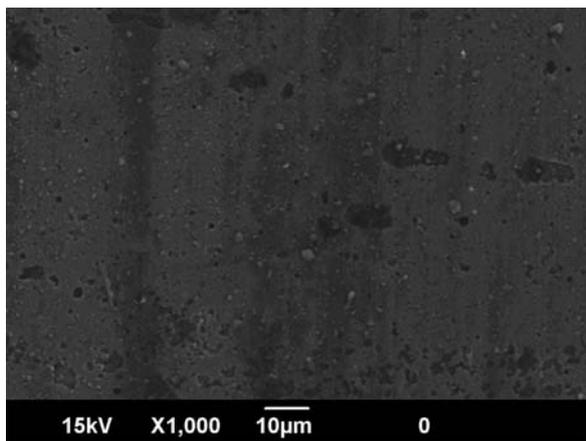


写真1 AlCrNコーティング表面SEM像

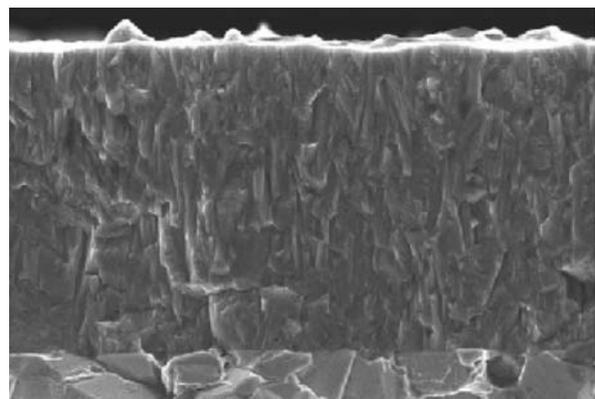


写真2 AlCrNコーティング断面SEM像

表 2 試験用ダイス材料のマイクロビッカース硬さ

	超硬 (D60)	SKH57	SKH 上の AlCrN コーティング
HV0.05	1190	934	2870

図1に試験条件（負荷荷重200N、摩擦速度0.5m/sec、摩擦距離10,000m、無潤滑）での摩擦係数とピン温度の時間変化を示す。対超硬ディスクでの試験は、摩擦距離9,000mでSUSピンが摩耗により寸法減小（写真3）したため試験を中止した。ステンレス製のピンに固定した熱電対による温度測定結果は、ディスクに超硬材料を用いた場合のほうが常に10℃以上、8,000mを付近では約20℃

高くなり、対AlCrNコーティングで約80℃、対超硬で100℃を示した。摩擦係数は、試験開始から摩擦距離が約4,000mまでは、AlCrNをコーティングした試験片のほうが高めに推移し、それ以降は超硬材料とほぼ同程度であった。また対AlCrNコーティングでは摩擦係数の変動幅が対超硬に比べて大きかった。

写真4に試験後のAlCrNコーティング表面の

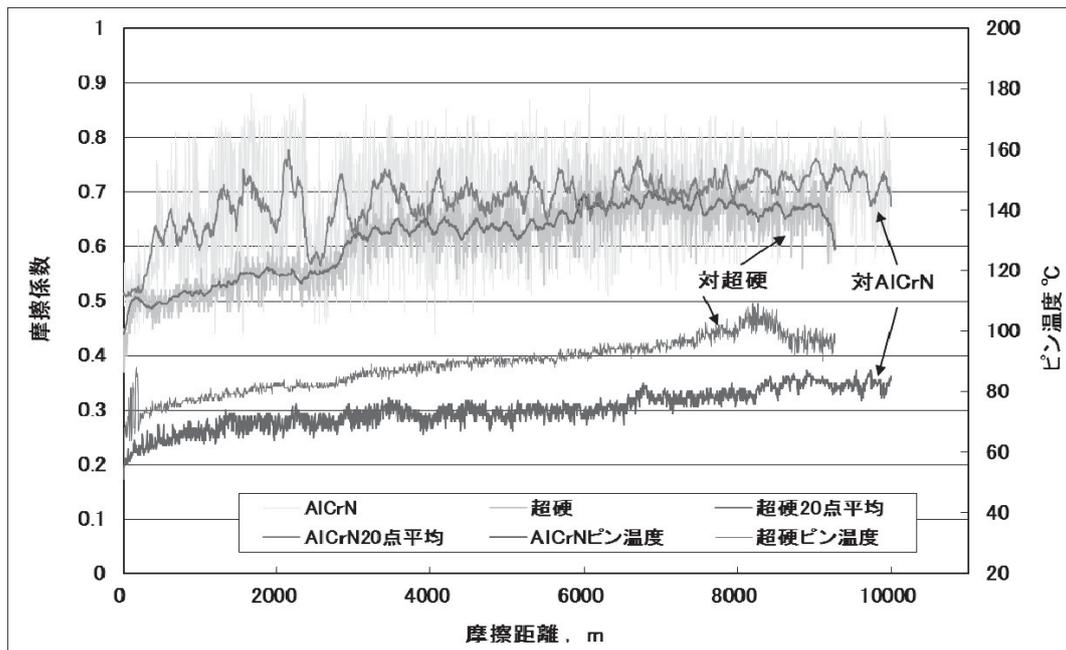


図1 超硬材料とAlCrNコーティング皮膜の摩擦係数及びピン温度の変化

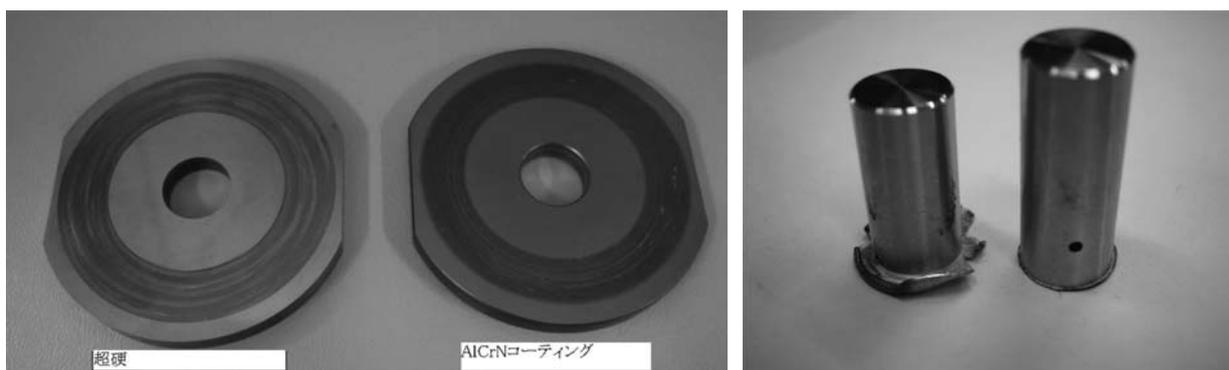


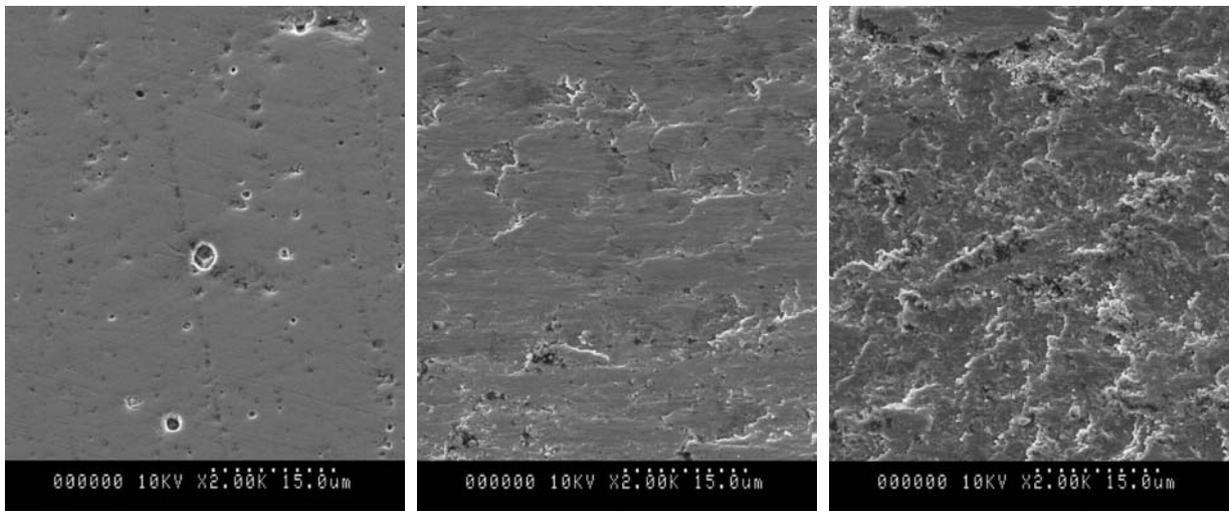
写真3 試験後のディスク表面とピンの摩耗状態（左：対超硬、右：対AlCrN）

表3 試験後の試験片重量減量

AlCrN 膜ディスク	0.000 g
SUS ピン	0.153 g
超硬ディスク	0.067 g
SUS ピン	1.559 g

SEM写真を示す。ディスク上に凝着物が見られ、EPMA分析の結果SUS成分が検出されたことから、試験中にピン側のSUSがディスク上に凝着を繰り返したため摩擦係数の変動幅が大きくなったと考えられる。また、表3に示すようにAlCrNコーティングディスクの試験前後での重量変化はほとんどなくディスクの摩耗はわずかで、皮膜剥離も見られない。この試験条件ではディスクに凝着したSUSとピン材のSUSとの間での同材同士の摺動が主になっていると思われ、摺動面には微細な摩耗粉が見られた。

次に写真5に試験後の超硬ディスク表面のSEM写真を示す。超硬ディスクは当初の研磨面に比較し、試験後の表面にはSUSが凝着している部分とWC粒子が脱離し荒れた超硬材料が露出している部分が観察された。ピンオンディスク摩擦摩耗試験において、SUSピンの摩耗減量が超硬ディスクとの組み合わせでは対AlCrNコーティングの10倍を超える量であったが、これはWC粒子の脱離によって荒れた超硬表面でSUSピンが研削されるような状態であったために摩耗が著しく進行したものと考えられる。

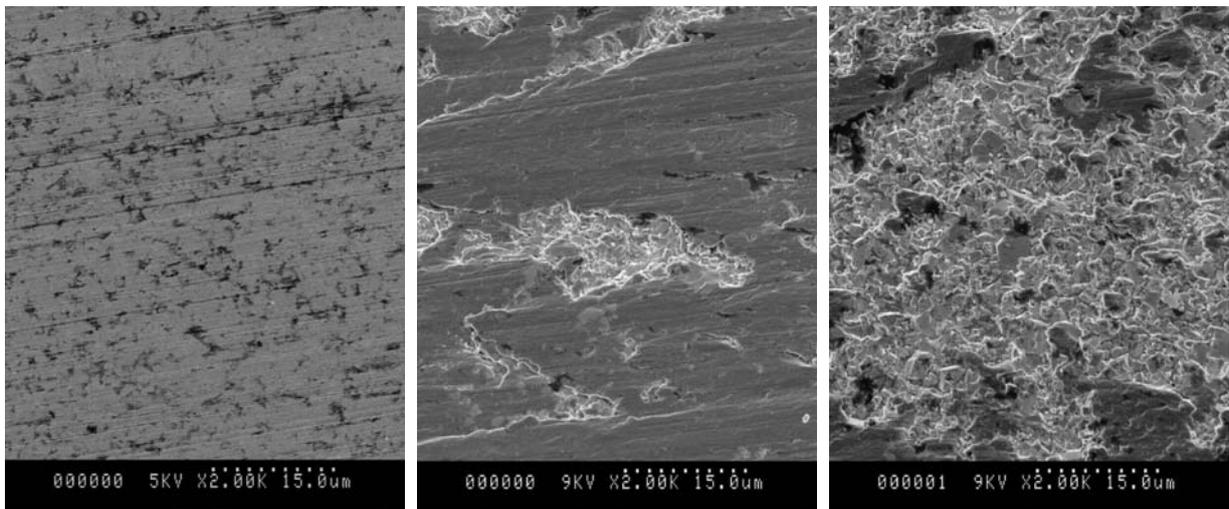


(試験前)

(試験後)

(試験後)

写真4 AlCrNコーティング表面SEM写真



(試験前)

(試験後)

(試験後)

写真5 超硬ディスク表面SEM写真

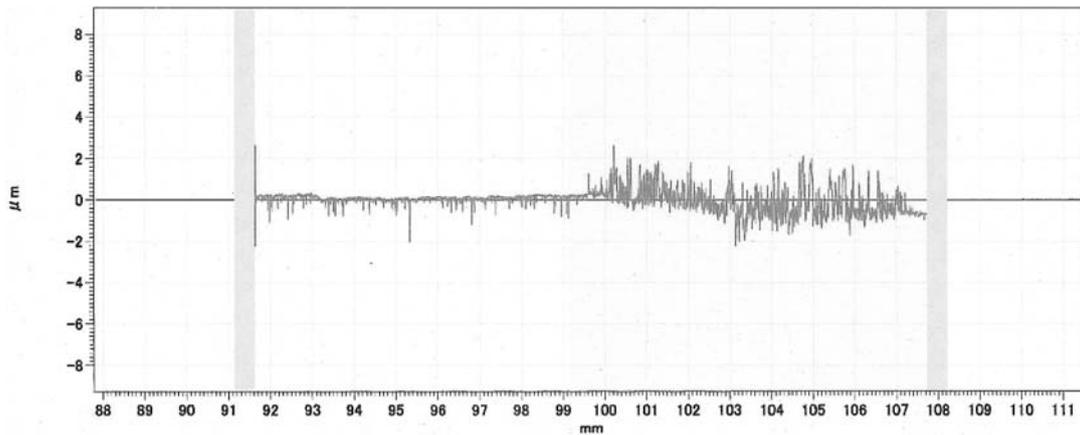


図2 ピンオンディスク試験後のAlCrNコーティングディスクの断面曲線

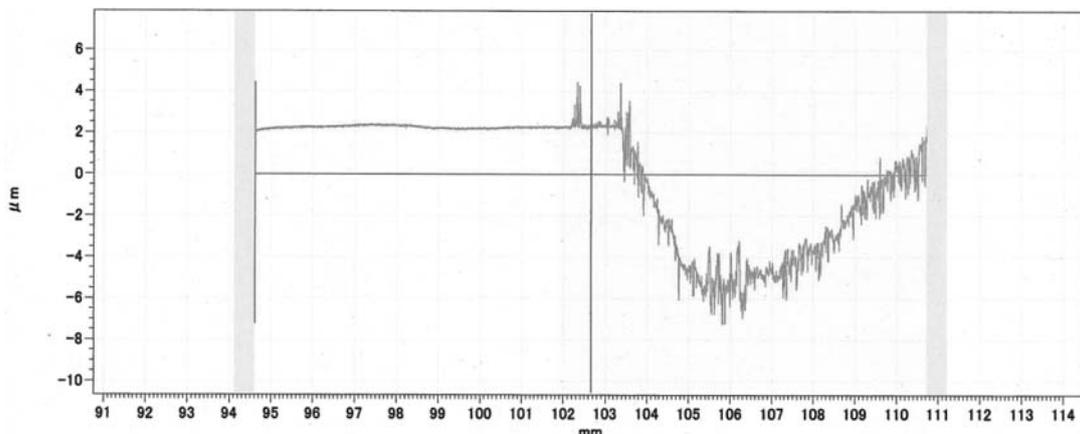


図3 ピンオンディスク試験後の超硬材料ディスクの断面曲線

図2、3にコーティング有無材料のピンオンディスク試験後の表面粗さ測定結果を示す。それぞれの断面曲線の右半分が直径8mmのピンが接触した摩耗痕の部分である。試験前の状態を表す断面曲線の左半分において、AlCrNコーティング面にはイオンプレーティング成膜時のドロップレットに由来するピンホールが多く表れている。(図2) AlCrNコーティング上のピン接触面では、全域に渡って厚さ数 μm の凝着物が付着していることが分かり、またコーティング膜の膜厚は1 μm ほど減少しているようである。一方、超硬ディスクにおいてはピン接触面全域で、WC粒子が離脱することによる摩耗が進行し、ピンとの接触距離が大きい摩耗痕幅の中央あたりで約8 μm の摩耗深さであった。(図3)

4 まとめ

ローラーダイス(線材加工用金型)の摩耗低減・低コスト化を図るため、高速度工具鋼にAlCrNの硬質コーティング膜を成膜し、ピンオンディスク摩擦摩耗試験機により評価・検討した結果以下のことが分かった。

- 1) 今回の摩擦条件では、従来使用されている超硬材ではWC粒子が脱離することで摩耗が進行していた。また、WC粒子が脱離した摩擦面は相手材を摩耗し、SUS304ピンの摩耗減量が著しく増加した。
- 2) AlCrNコーティングには相手材のSUS304が凝着し、SUS304同士での摩擦となるためにAlCrNコーティングの摩耗はわずかとなり、摩耗痕の最大深さが超硬に比べ約1/8となった。