

－ 論文 －

スクラッチ試験によるアルマイトの機械的特性の評価

前嶋 正受 ※1)

1. 緒言

機械部品の摩擦形式の分類の中で、アルマイト部品はすべり摩耗による場合が多い。更に、図1¹⁾に示すように、すべり摩耗を摩耗様式で分類すると凝着摩耗とアブレシブ摩耗に分類される。これらの内、特にアルマイトの摩耗はアブレシブ摩耗が多い。アブレシブ摩耗とは引っ掻き摩耗或はざらつき摩耗のことである。

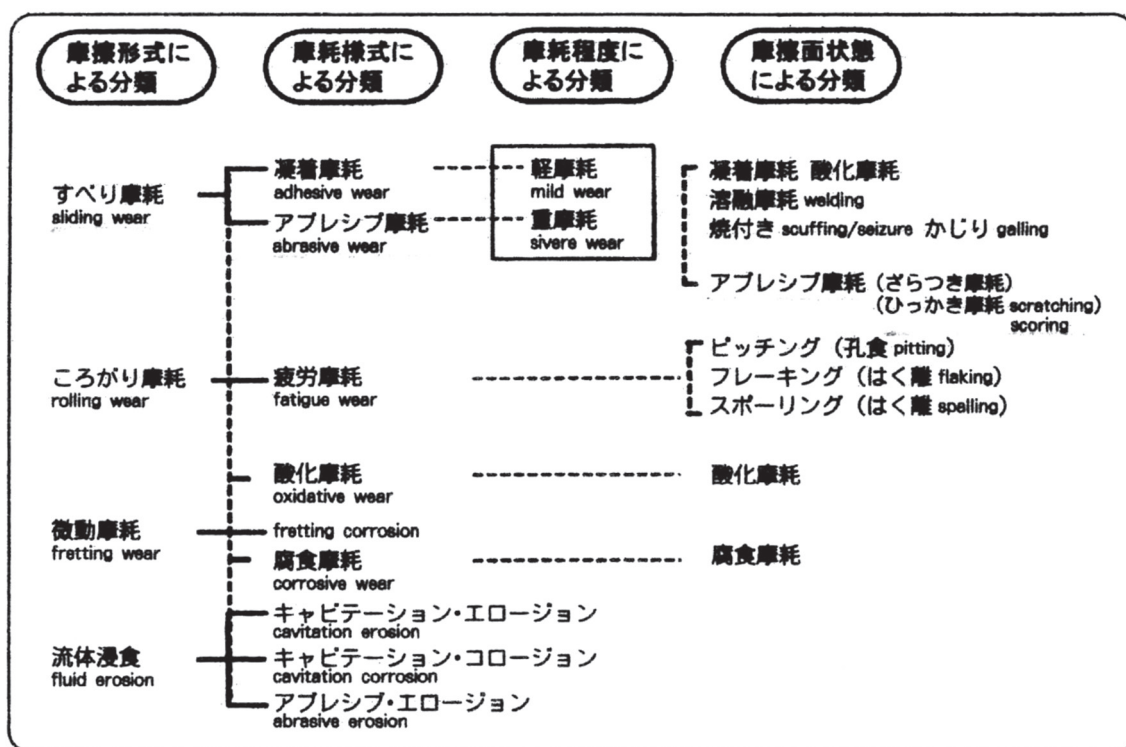


図1 摩耗形態のいろいろ

摩擦・摩耗の評価には色々な摩耗試験方法が採用されている。硬質アルマイトの試験方法として、JIS H 8603 には、①往復運動平面摩耗試験 (JIS H 8682-1)、②噴射摩耗試験 (JIS H 8682-2) 及び、③平板回転摩耗試験 (JIS H 8603 付属書 2) の 3 つの方法がある。これらはどれもアブレシブ摩耗試験方式に属する。本報告²⁾ はアルマイトや硬質アルマイトの機械的特性の一つである耐摩耗性を評価するに当り、JIS H 8603 に示す 3 つの試験機以外の簡易な試験方法で耐摩耗性の概要を評価することが可能か否かについて検討した。具体的には単純であるがサファイヤピンやヤスリテスト或は高硬度の鉛筆も含めて試料を引っ掻き、発生するスクラッチ傷の形状で評価を行った。各種の硬質アルマイト試験片を評価した結果、特徴あるクラックやスクラッチ傷で特性評価が可能であることが判明した。

※1) 前嶋技術士事務所

－ 論文 －

2. 試験片と実験方法

試験片はこれまで筆者がトライボロジーの解析用に作成してきた各種の試料を使用した。実験方法は図2に示す構造の装置で接触子としてサファイアピン、ヤスリテスト、硬度 10H の鉛筆（ハイユニ 10H）等を用いてスクラッチ試験を行った。

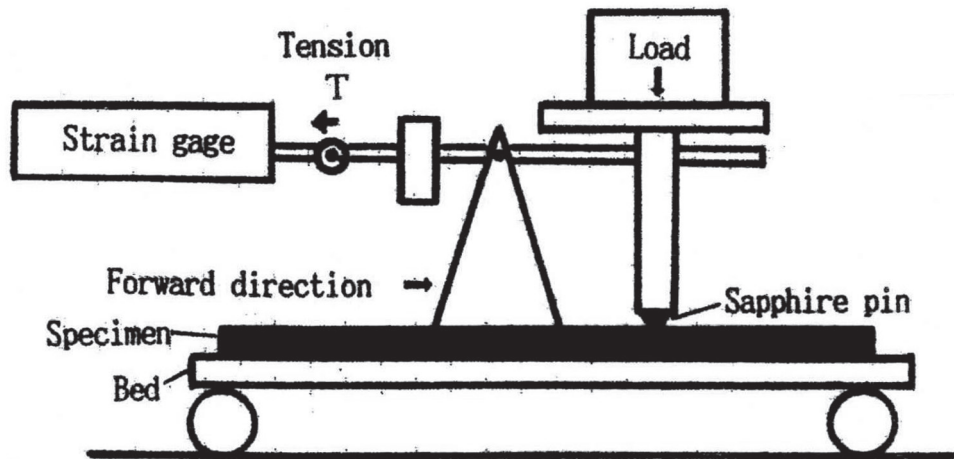


図2 スクラッチ試験機器概要

3. 結果及び考察

図3³⁾ はアルマイト皮膜のスクラッチによる破壊を模擬した硬質粒子（ヤスリやサファイアピン等）によるセラミックスのアブレッシブ摩耗の概念を示す。縦方向クラック、横方向クラック、塑性変形領域、剥離発生領域等が現れている。

図4はヤスリテストにより A1100 材の $30\mu\text{m}$ の硫酸皮膜のスクラッチ傷の進展状況を見たもので、「核」の発生から進行して皮膜の剥離や凝着の発生に至ることがわかる。

図5は皮膜の厚さが如何ほどあればスクラッチ傷を防げるかを見たもので、サファイアピンによる 100g 程度の荷重であるが、皮膜が $2\sim 3\mu\text{m}$ 以上あれば軽荷重のスクラッチ傷は回避出来るようである。

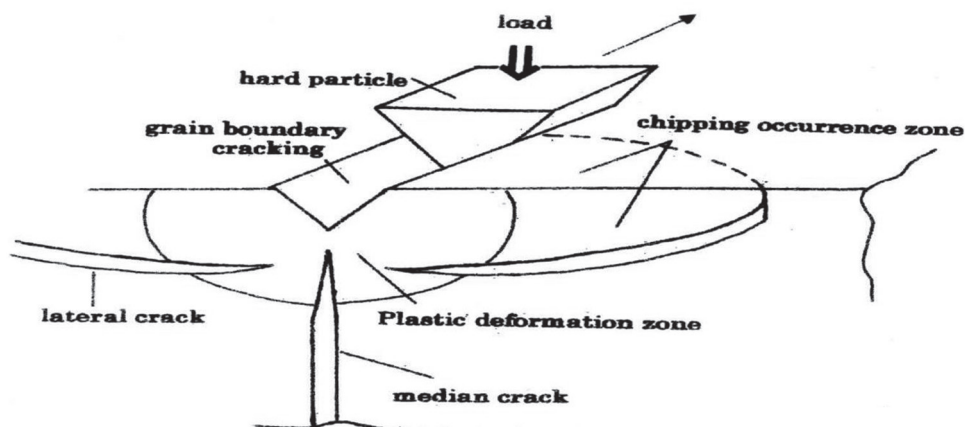
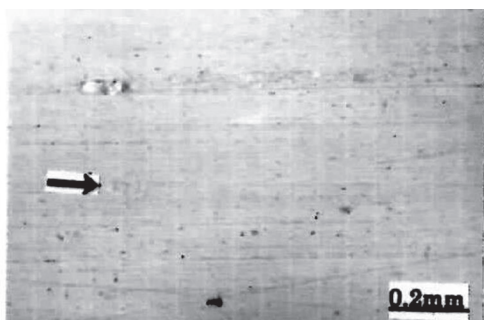


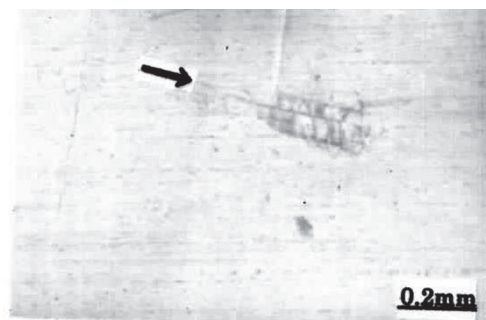
図3 硬質粒子によるセラミックスのアブレッシブ摩耗の概念

－ 論文 －

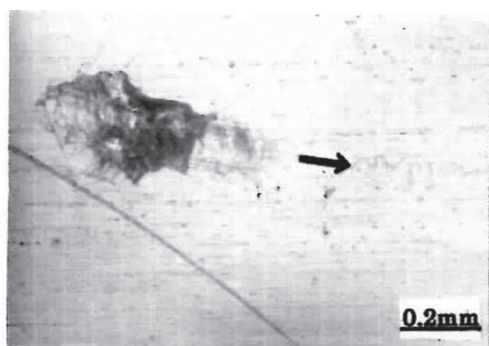
Step 1 クラック核発生



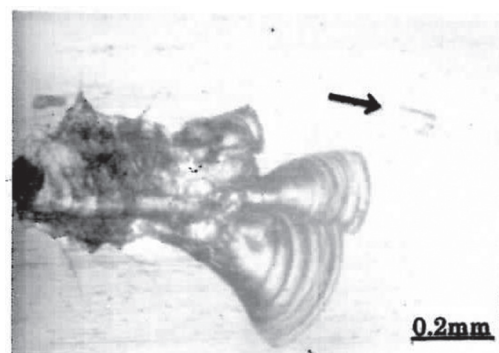
Step 2 クラック進展



Step 3 クラック進展、アルマイト剥離、一部凝着



Step 4 アルマイト剥離、一部凝着



【掘り起こし凝着現象の観察】

図4 アルマイト皮膜のヤスリテストによる掘り起こし、凝着現象の観察

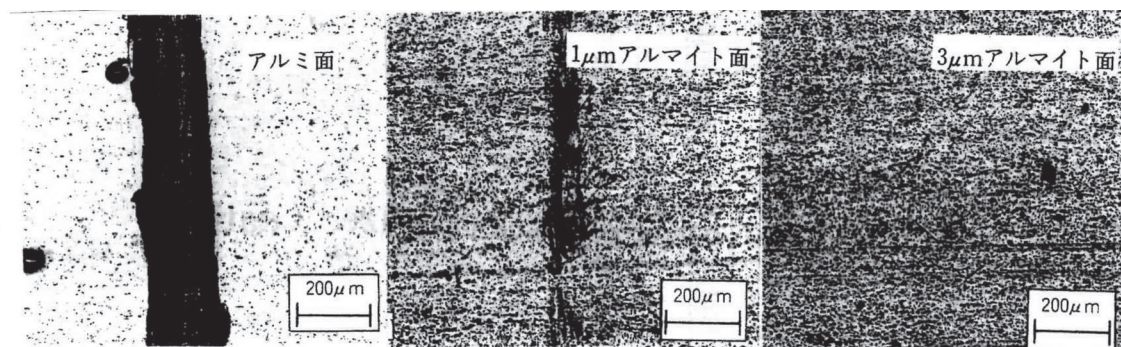
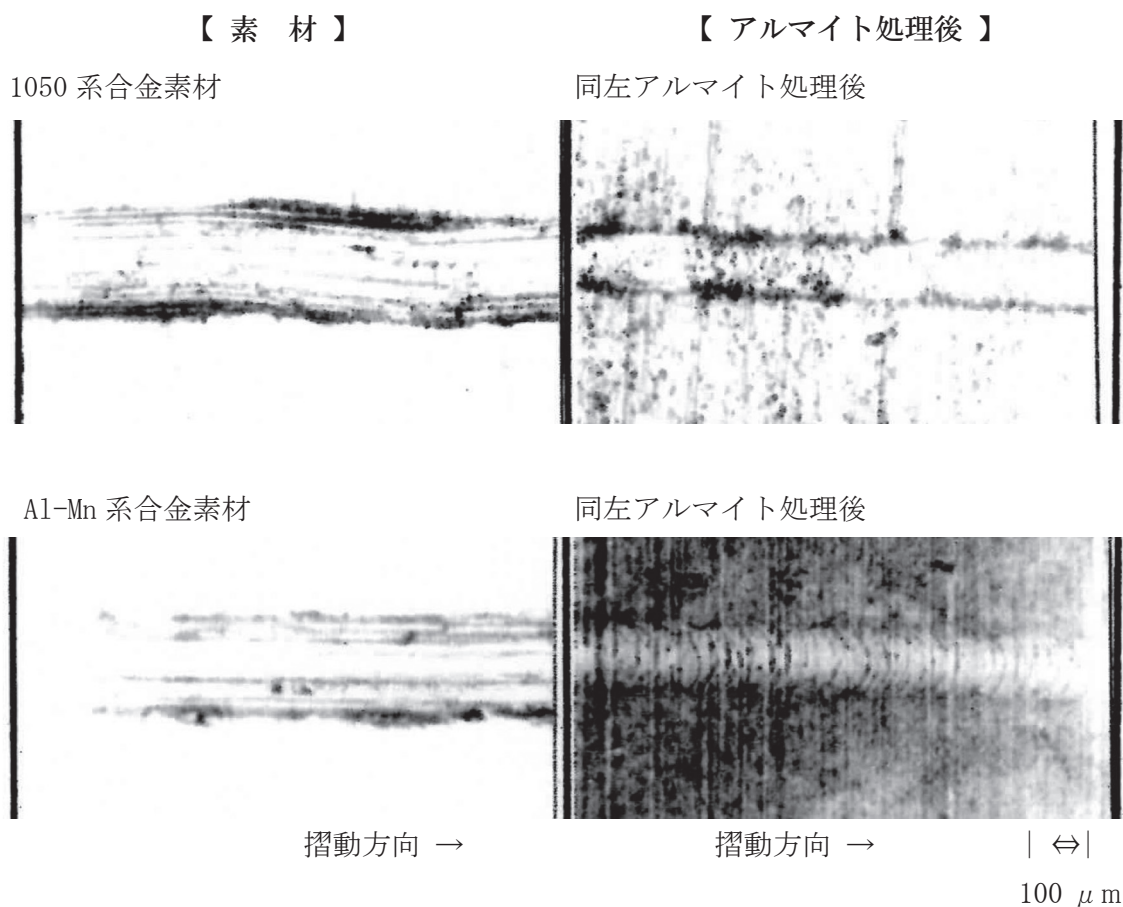


図5 アルミ、アルマイト板のスクラッチ傷の発生

図6、図7は各アルミ合金素材とそのアルマイト皮膜のサファイヤピンによるスクラッチ試験結果で、図6はA1050とAl-Mn合金及びその30μm皮膜の結果で、アルマイト処理によってスクラッチ幅は素材の約60%に低減し、皮膜による強化がわかる。

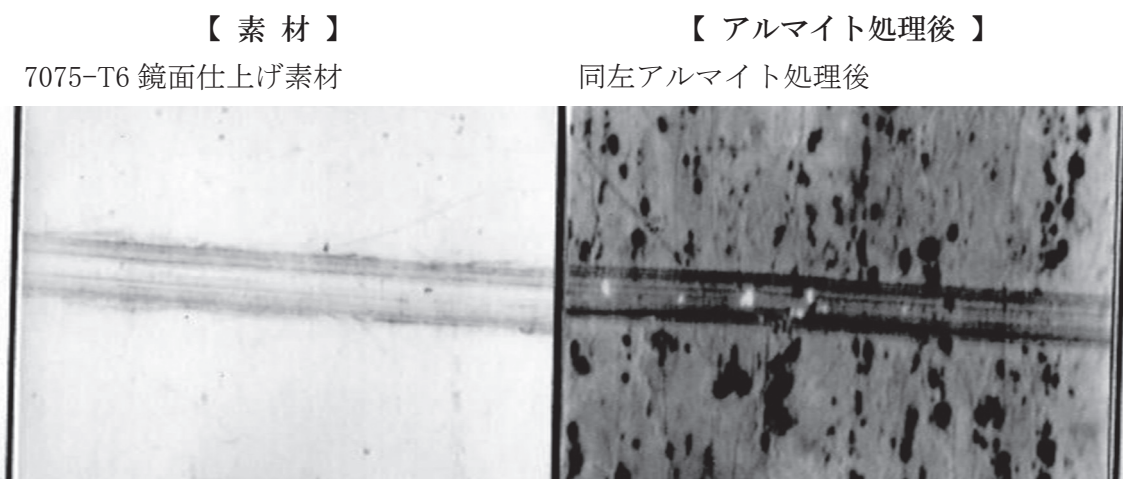
－ 論文 －



Defects by scratch test at 500gf upper side : 1050, lower side ; 2Mn-Al,
Left side ; before anodizing, right side ; after anodizing

図 6 A1050 合金と Al - Mn 合金の素材とアルマイト皮膜のスクラッチ試験

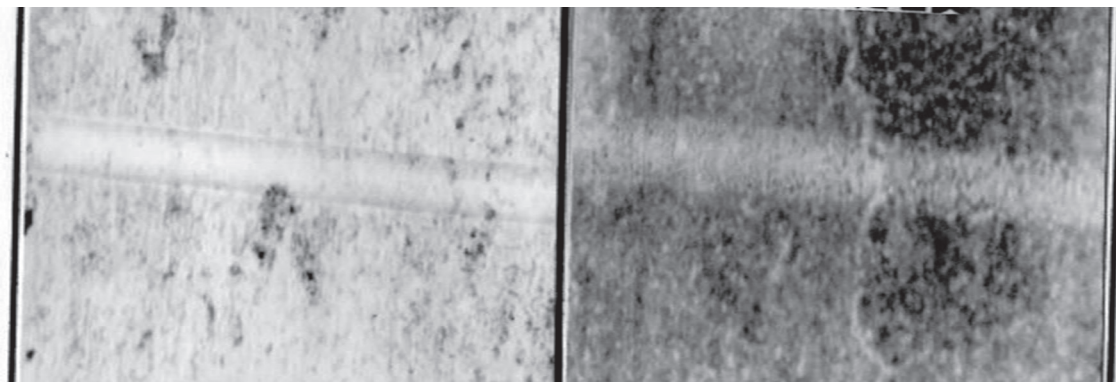
図 7 は高強度材の 7075-T6 合金と ADC-12 及びその 15 μm 皮膜のスクラッチ試験結果を示す。これらは素材が硬いため素材のスクラッチ幅は図 6 材の約 40% 止まりである。皮膜化により 7075-T6 合金ではスクラッチ幅は約 87% と強化するが、ADC-12 は約 130% ととなり、アルマイト処理で皮膜が脆化することがわかる。



- 論文 -

ADC12 素材

同左アルマイト処理後



摺動方向 →

摺動方向 →

| ⇔ |

Effect of surface roughness ;

100 μm

upper side : 7075-T6 mirror finish

Lower side : ADC-12 diecast skin

Left side : before anodizing

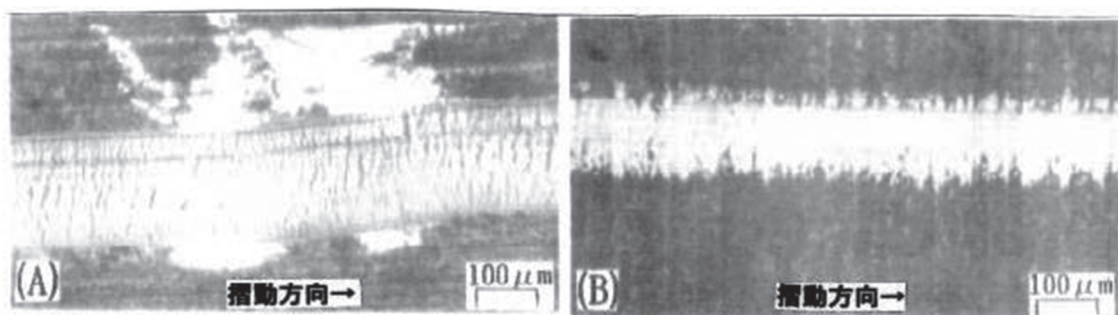
Right side : after anodizing

Surface roughness ;

7075-T6 Rz 0.1 μm ➡ 1.3 μm ADC-12 Rz 1.6 μm ➡ 3.5 μm

図7 A7075-T6 合金と ADC-12 材の素材とアルマイト皮膜のスクラッチ試験

図8はヤスリテストによる HV320 の硬質アルマイト及び HV450 の超硬質アルマイトのスクラッチ傷の比較を示す。硬質皮膜が 超硬質皮膜になると傷幅は約 71% に低減する。図9は硬質皮膜と二硫化モリブデンを含浸した潤滑皮膜のサファイヤピンによるスクラッチ試験結果を示す。図10も同様にサファイヤピンによる潤滑効果を示すヨウ素化合物 (PVPI 又はポピドンヨード) の含浸有無による皮膜の試験結果で、この試験は荷重 343g で同一場所を 51 往復摺動後のスクラッチ傷の確認結果で、潤滑化によりクラックの発生もかなり抑制されていることがわかる。

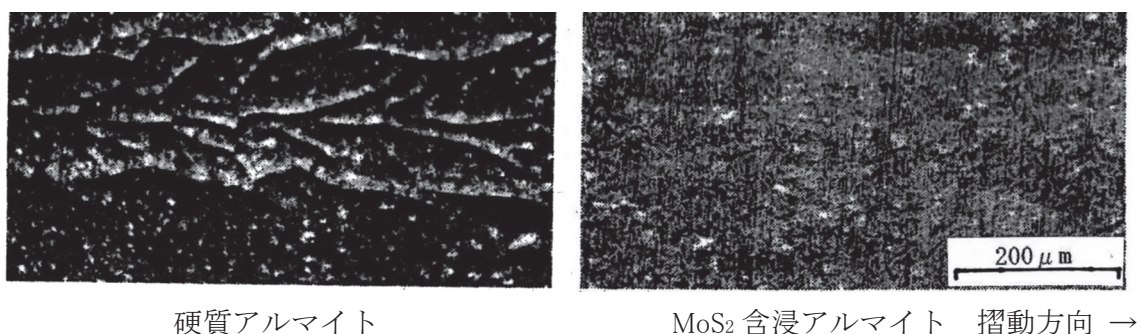


(A) 硬質アルマイト (HV320)

(B) 超硬質アルマイト (HV450)

図8 硬質アルマイト皮膜と超硬質アルマイト皮膜のスクラッチ試験

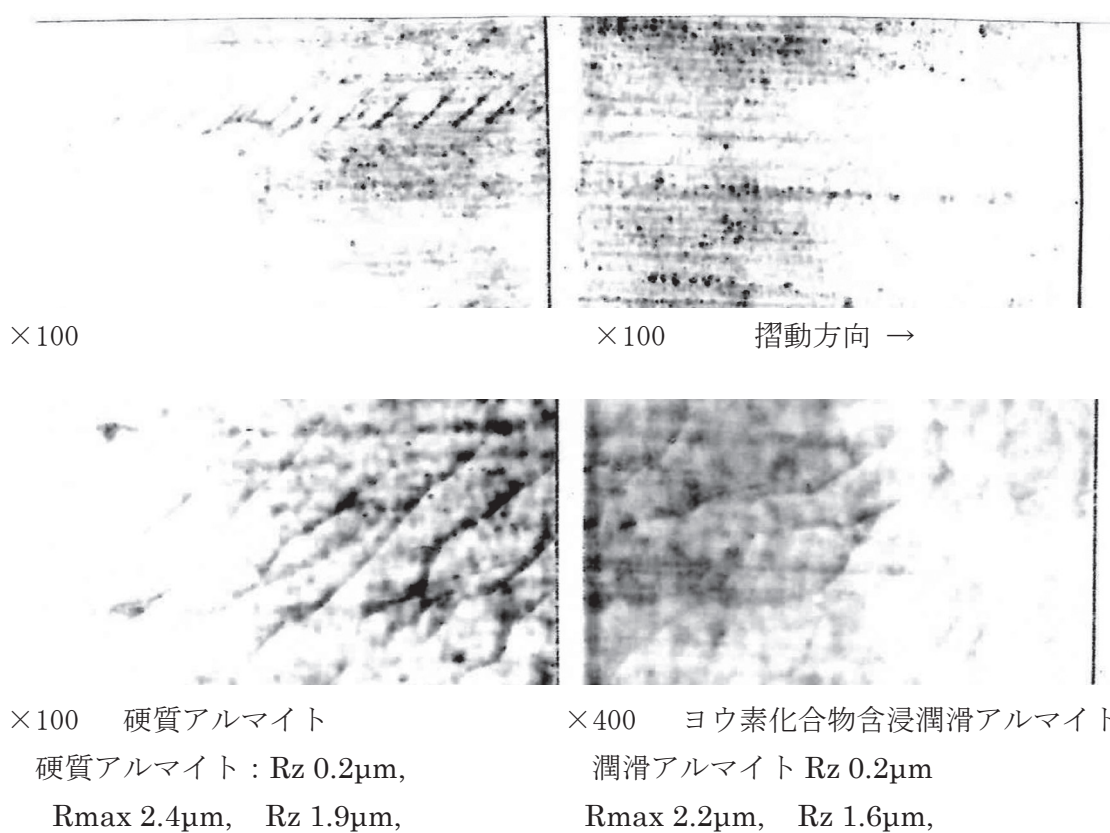
－ 論文 －



硬質アルマイト

MoS₂ 含浸アルマイト 摺動方向 →

図 9 MoS₂含浸潤滑アルマイト皮膜のスクラッチ試験



×100

×100

摺動方向 →

×100 硬質アルマイト

×400 ヨウ素化合物含浸潤滑アルマイト

硬質アルマイト : Rz 0.2μm,

潤滑アルマイト Rz 0.2μm

Rmax 2.4μm, Rz 1.9μm,

Rmax 2.2μm, Rz 1.6μm,

図 10 ヨウ素化合物含浸潤滑アルマイト皮膜のスクラッチ試験

図 11 は引っ掻き工具の一環として、最近、硬度 10H の鉛筆が商用化された。この鉛筆が本検討課題であるアルマイト皮膜のスクラッチ試験用工具に有効か否かを検討したものである。純アルミニウム、6061-T6 合金、硬質アルマイト、黒鉛、錫、銀、10H の鉛筆、ダイヤモンドの硬度をモース硬度で表記した。図 11 から分かるように、10H の鉛筆はアルミ合金には十分スクラッチ傷を生じさせ得るが、硬質アルマイトには負けてしまうことが分かる。また併記した黒鉛、銀、錫等は硬質アルマイトの上に被覆すると表面硬度を顕著に低減可能で、摩擦相手材との摺動が滑らかになり、従来、潤滑アルマイトの潤滑剤として利用されていることが理解できる。

— 論文 —

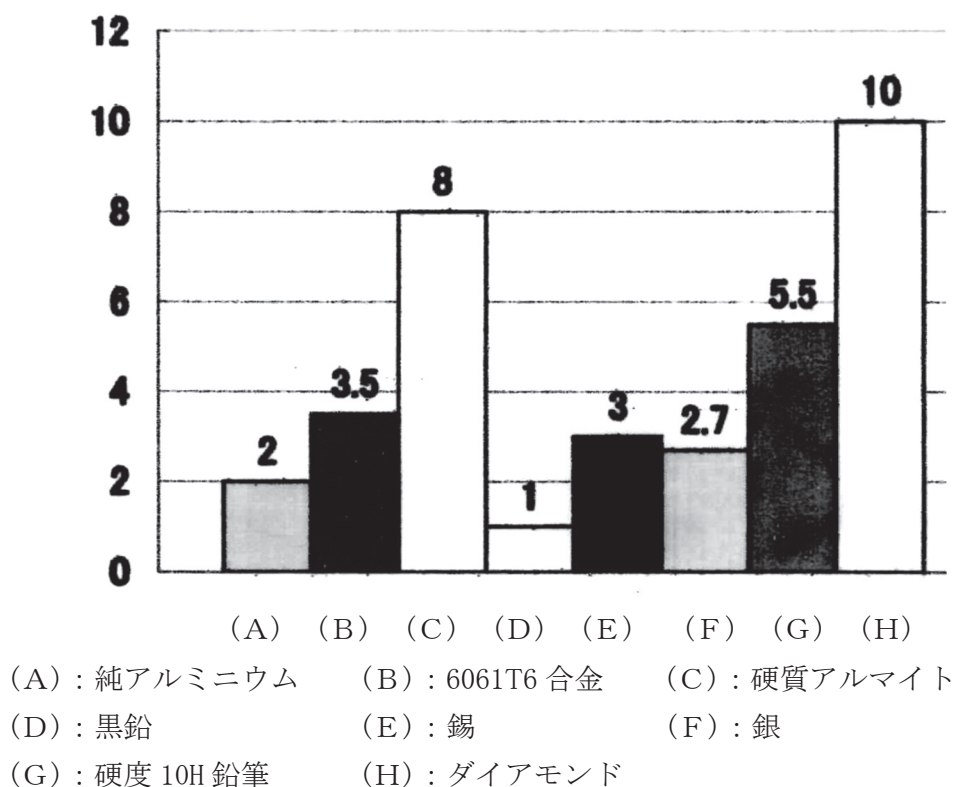


図 11 各種材料のモース硬度

4. 結論

ヤスリやサファイアピンで各種のアルミ合金、その硬質アルマイト、更には潤滑アルマイト等の表面を引掻くことで発生する引っ掻き幅やクラックの発生状況を詳細に観察し、判断することで、簡易な摩擦・摩耗試験法として活用されることを期待する。

参考引用文献

- 1) 水谷嘉之；新・役に立つトライボロジー —基礎から応用まで— (No.99-89) 講習会教材、日本機械学会 (2000)、p. 78
- 2) 2017 講演発表大会要旨集；p. 42, 近畿アルミニウム表面処理研究会
- 3) A.G.Evans. D.B.Marshall；ASM (1981) p. 439 ～ p. 452
- 4) 高谷松文；機能性アルマイト；カロス出版 (2008. 3. 11)