

理化学研究所 ニュース

Sept.—1977

No. 47

接 触 面 顕 微 鏡

—固体同志の接触面を見る—

はじめに

自動車や工作機械などの動く機械の耐久性（寿命）を決めるのは、回転軸など接触部分のすりへりとか変形のことが多い。このような機械の接触部分で生じるすりへりや変形を防止することは機械の寿命を延ばすとか、保全・修理費を軽減するとかという面で大変に重要なことですが、実際にはなかなかやっかいな点が多く残されています。その最大の難点は、実際の接触部において、どのような機構によってすりへりや変形が生じているかが、いまだ正確には把握されていないことで、不明のまま、想像でいろいろな議論を積み重ねているのが現状のようです。果たして実際の接触面で生じている現象が、想像通りであるかどうかを確認することは、現象の理解という点のみならず、実用的な面からも重要なことです。

接触面顕微鏡

世の中の物理学に関連したいろいろな試験装置では、人為的にある入力信号を測定対象物に与え、そこからの出力信号を捕えて測定を行う仕組みになっています。だから、その入力信号によって

対象物の状態が大幅に変化してしまうようなことは避けなければなりません。通常は、出力信号がある一定値にとどまっている（定常状態）の確認してから測定を行うことを原則としています。これに対して、ここに紹介する接触面顕微鏡を含めた、引張試験機や硬さ試験機など材料の機械的性質を測定する試験装置では、力、ひずみなどの入力信号に対する材料の変化の様子（応答性）そのものが測定の対象となっているために、出力信号に相当する量が、時間的に一定値にとどまっていることがほとんどありません。そのため、入力を与えてから、どのくらいの時間をおいて出力を測定するかが大きな問題となります。この意味では、本測定は、化学における反応速度の測定と一脈通じるところがあります。

接触面顕微鏡というのは、我々の研究室で、設計・試作した特殊顕微鏡で、固体同志の接触面を光学的に直接観察できる能力を備えています。固体の接触面というのは、なにしろ2つの固体にはさまれていますから、どちらかの試料を透明にしてその裏からのぞく以外に観察の手段はなく、この装置でも、やむを得ず、片方の試料は透明な光学材料でできたプリズムに限定されています。こ

の場合、単に裏からのぞいただけでは、真に接触している部分と、実は少し離れている部分とが両方見えてしまい、まとまりがつかないので、全反射光を利用することで、本当に接触している部分（2固体間に空気層が無い。）とそうでない部分

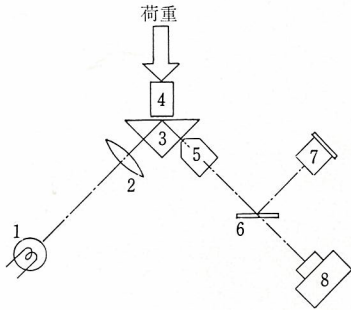


図1 接触面顕微鏡の測定原理

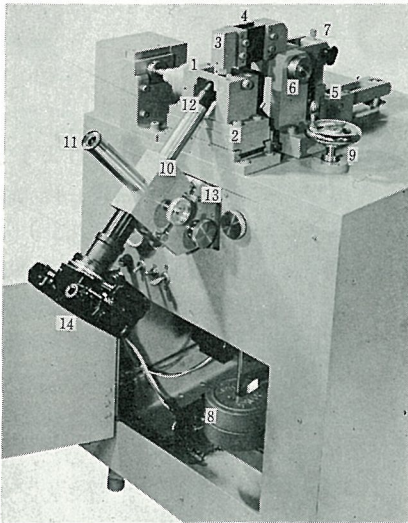


図2 試作した接触面顕微鏡の外観

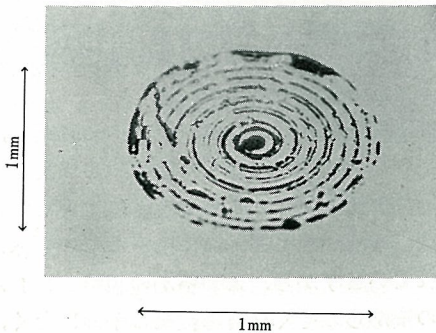


図3 旋削仕上げした銅とガラスプリズムとの接触面の写真(荷重11kg)

(2固体間に空気層が存在する。)とをはっきり区別できるように工夫されています。図1はその原理図です。プリズム試験片3に、試料4を押しつけて、その接触面にななめ45°下方より光源1からの光をレンズ2で集光して照射し、その全反射光を対物レンズ5で集めて、カメラ8に結像させるか、あるいは鏡6で反射させて接眼レンズ7を通して肉眼観察をします。図2に出来上がった接触面顕微鏡の写真を示します。1：プリズム箱、2：プリズム移動台、3：上部試験片ホルダー、4：摩擦力測定用板バネ、5、6：荷重支持台、7：荷重用テコ、8：重り、9：荷重負荷用ハンドル、10：光学系の支え、11：接眼レンズ、12：対物レンズ、13：光学系移動用ネジ、14：カメラ。図3は得られた接触面の像の一例です。旋盤で仕上げた直径1mmの円柱の銅材料の端面を11kgの荷重でプリズムに押しつけた時の様子で、表面仕上げに対応してうず巻状の接触点が見えています。ななめから見るので本来真円である試料がだ円になって見えます。この場合、像の様子は上部試料4によって大略は決まるのですが、押しつけ荷重Pがそれ以上に大きな影響力を持ちます。Pの増減によって像の様子は著しく変わり、接触部分の面積和を詳しく測定するとPにはほぼ比例するように増減しています。ここで強調したいことは、このような像は、長い時間安定しているもの

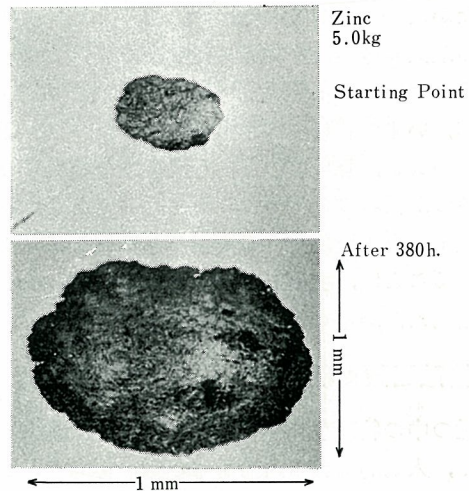


図4 亜鉛/ガラスの接触面の様子

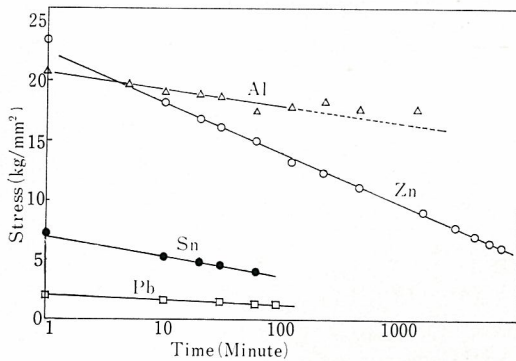


図5 各種材料の降伏応力の時間変化

ではなく、時間とともに移り変わっていくという点です。銅の場合ですとその変化が遅く、あまり目立ちませんが、図4にそのはなはだしい例を示します。図4は上部試料として円錐状に仕上げた亜鉛を使用した場合の接触面の写真です。上図は5kgの荷重をかけた直後ですが、それが380時間放置すると下図のように直径が約3倍、面積にして9倍程度に広がっていきます。このような変化は時間的にとどまるところを知らないように、いつまでも続きます。図5に、縦軸に荷重を真実接触面積で割ったもの（降伏応力）をとり、横軸

に時間の対数をとっていろいろな材料に対する同様の測定結果を示しました。亜鉛を始めアルミ、スズ、鉛など試験した材料はすべて時間とともに真実接触面積が増大していき、接触部の降伏圧力が低下していきます。このように、材料の変形とか破壊に関して横軸に負荷時間の対数をとって整理するやり方は、当研究所の大先輩である平田森三博士が、ガラスの遅れ破壊に関して採用されたことで有名です。これらの実験結果をみると、どうも材料の機械的性質というのは降伏応力とか、強度とかのようにはっきりとした数字で表現するものではなくて、降伏応力のようなものが時間的に時々刻々と変化していく、その変化の速さで表現するのが本当のような気になります。

おわりに

接触面顕微鏡本体の説明と、本装置を用いた測定結果についての簡単な説明を述べました。最後に、本装置で測定される材料の機械的性質というもの、 “時の流れ” の中で表れる性質であるという点を改めて強調して、本稿を閉じます。

摩擦工学研究室
研究員 河野 彰 夫

発明・考案リスト

昭和52年1月～3月に公開になったもの

公開番号	出願番号	発明・考案の名称
(特許)		
52-2381	50-77987	電子ビーム偏向走査方法
52-5294	50-81678	可変波長レーザー装置
52-7785	50-84185	低速電子測定用計数管
52-10274	50-84770	7,8-C-イソプロピリデン-6(S),7(S),8(R),9-テトラオキシノナン酸
52-10288	50-84769	天然型ビオチンの合成方法
52-12659	50-88967	プレス成形法
52-12993	50-88969	抗生物質の製造法
52-15820	50-90809	種子処理剤
52-16367	50-88968	植物生長調節剤

公開番号	出願番号	発明・考案の名称
(特許)		
52-18822	51-83490	農園芸用殺菌剤
52-21322	50-95431	//
52-21325	50-95430	//
52-25026	50-99244	//
52-25028	50-99243	//
52-25780	50-101799	ピリジン誘導体の製造法
52-34776	50-110579	可変波長分布帰還型色素レーザー装置を用いた分光光度計
52-38083	50-113512	ペニシリンナーゼの製造法
52-38093	50-113203	植物ウィルス阻害物質の製造法
(実用新案)		
52-30142	50-116824	調湿装置の試験槽
52-39849	50-125677	組み立て耐圧封管



「微量放射能の効用」

30年も前の文献だが、ラジウム温泉病院の先生が、ガイガーカウンターで入浴前と入浴後の患者の皮膚の放射能をはかり、生理的な変化との関係を調べていた。こう

いう地道な研究には心ひかれるものがある。

微量な放射能の長期にわたる効果と、その研究方法論への関心が胚胎して久しいが、これは容易ならざる問題と覚悟している。実験というものは一様に大量のものに着目するか、または、作為的に大量のものをつくり出すかして、短期で結着をつけるのが能率的と信じられている。しかし、これは、何とんでも実験室という孤立した特殊な空間での特殊な方法にすぎない。1000倍量使って1日でやった実験から、1量が1000日でもたらず効果を知ることは不可能である。そういうことを止むを得ずおこなうこともあるが、それは、便宜的ではあっても、科学的ではあり得ない。ところが、現代社会が直面している重大な問題は、ほとんどすべて、微量で長期にわたる効果をめぐるものといってよい。これについてはほとんど何も知られていない故に、科学以外の場で論争の種になっている。つまり、この問題は、現代科学の盲点で

ある。この問題の困難さは、たとえば、微量な放射能の場合、微量であればあるほど、まず放射能測定そのものにあり、さらに、その微量な放射能があることにより、何がどうちがうかを決めなければならない点にある。水の場合には、非水溶性物質の薄膜を浸して膜の劣化を追跡し、空気の場合には、共存する超微小浮遊粒子の利用を考え、土の場合には、共存する鉱物表面の風化、粘土化を手がかりとするなどである。これらはどれも、放射能から来る重い粒子が、固体のごく浅い表面層におよぼす化学変化を利用する方法である。

どんなに微量であっても放射能は害がある、という向きもあるようだが、それもまたひとつの極論であろう。原子力にたよる、たよらないは別として、微量な放射能のない世界などというものは、これまで存在したこともないし、これからもあり得ない。そして、ある地方特有の美酒、芳香に満ちた空気、きめ細かい陶磁器などが、その地方の微量放射能の存在と関連ありそうなことは、すでに経験的事実である。備前焼には人形峠、アルプスの空気には山体の花崗岩、灘の酒には六甲山、山梨のワインには瑞牆山、ざっとこんな具合である。これらはどれも想像力を働かせるのに値することである。

核分析化学研究室
研究員 荒谷美智