日本学術振興会における磨耗の機構の研究

(その1)

研究の経過(第2報)⁽¹⁾

(昭和15年2月27日 第368回[日本学術振興会、火兵学会、精機協会聯合]講演会に於て講演)

正員 朝倉希一⁽²⁾

日本学術振興会の第6小委員会で磨耗の機構を研究してゐるが、まだ目的を達するに至らない。併し従来の研究に一步を進めたので、昨年第1回の報告をなしたが、その後の研究の模様を爰に報告することとする。この小委員会の出来た目的は機械部分の磨耗を軽減する方法を考へることにあるが、先づ磨耗の機構を研究することが指定されてゐるので、実用上重要と思はれる箇々の磨耗問題に触れるよりも、金属の磨耗の一般的機構を発見しようとしてゐる。従て実験等もこの目的に向つてなされてゐる。

二つの金属面がある圧力の下に、ある速度で摺ると磨耗が起るからして、磨耗が面の状態に関係を有することは明らかである。可なり良く仕上げた面でも、その平さを測つて見ると、数ミクロンの凹凸があるから、二つの面を接触させると噛合を生ずる。又仮に面が非常に平に仕上げられたとしても、面に現はれてゐる結晶の方向は一樣でなく、従て表面に出てゐる硬さが異なるから、この種の面を押し付けると凹凸を生ずるし、又結晶粒の界は硬いからして、二つの面が接触した場合には、軟かい部分と硬い部分とが接触することになる。この様な状態で面を摺ると引掻きを生ずる。

それ故二つの金属面が接触し、ある圧力の下に摺られると、面が相當によく仕上げられてゐても、凹凸が噛合つたり、硬い部分が軟かい部分に喰入つたりする。若し二つの面の間に油の膜の様なものがあつて金属面が直接に接触し得ないならば問題は別となるが、金属面が直接に接触するならば、以上に述べたやうな状態になる。この状態のものを摺ると引掻きを生じたり、凸起の破壊を生ずることになる。これが磨耗の一原因をなすのは明らかであつて、引掻きの場合でも、凸起の破壊でも金属が機械的に破壊されるのであるからして、金属面の機械的破壊が磨耗の機構の一つであると云へる。又表面が長い間繰返し應力を受ける時は表面全体が疲を生じて割れを生じ、油の存在がその割れの発生を促進させて斑磨耗を生ずる。これも材料の機械的破壊の一種である。

表面の凸起が咬合つた場合に、或圧力の下に摺られると凸起は破壊すると考へられるが、圧力が小なる時、又凸起の頭の角度が平に近い場合は、凸起は破壊されずに二つの面は滑ることが想像される。この様な場合には、凸起の尖端の所で

は圧力が非常に大となるから、極く小さい部分が破壊されるとも考へられるが、若し機械的に破壊されないならば、そこに熱を生じ熔融することが考へられる。表面の凸起は無数であるから、それ等無数の凸起が互に滑り合ふ回数は甚だ多いから表面の小さい凸起が疲を生じ、無数の小亀裂を生ずる。即ち面は極めて小さい粒子の集りのやうになるので酸化することとなる。そして酸化は熱のために促進されると云はれてゐる。即ち機械的破壊を起さない時、又は機械的破壊を伴ふ時でも、酸化や熔融が磨耗に關聯して来る。若し圧力が大ならば引掻きが強くなり、酸化物が生ずる以上に多く機械的に破壊されてしまふけれども、或条件の下では酸化物が表面に出来る。そして酸化物は脆いから粉になるが、小さい粉のまゝ表面に附着してゐる場合もあらうし、粉として落ちてしまふことも想像される。若し酸化物として落ちてしまふならば、新に生じた金属面が再酸化するから酸化が磨耗の機構の一つと考へられるが、若し酸化物が落ちないとすれば、面は酸化物で被はれることになり、金属面は直接に触れないことになる。この酸化物の小さい粉は凸起の頭から出来るもので、凸起の間に挟まり、面は酸化物で被はれた平な面となる。そして酸化物は結晶状ではなくて、一樣に面に着着することとなると、酸化物の平な面が滑ることとなり、金属面の摩擦する場合とは異なる状態となり、金属の磨耗は軽減することとなる。即ち酸化は磨耗を防止する機構となる。この様な次第であるから酸化の影響を研究することは磨耗の機構を考へる上に極めて必要なことである。

ガスは面に吸着されてゐる等の関係で磨耗に影響を有する。即ち磨耗に影響のあるのは酸素のみに限らない。

表面に小さい粉が着いて磨耗を軽減するやうになるのは必ずしも酸化物に限らない。他の金属の粉を用ひても同様の特別の層を形作ることがある。即ち象嵌作用をするのであつて、一般に象嵌状が出来ると磨耗が軽減される。鋳鉄にあつては炭化物や磷化物の硬い小さい粉が軟かい地鉄に象嵌されて磨耗に耐へるやうになると云ふ説がある。象嵌は軟かい地金の方に起り易いので、象嵌が出来ると、磨耗現象が特別のものになる。即ち象嵌状となつた場合と否とでは磨耗が著しく違つて来る。象嵌はこの様に磨耗に著しい変化を與へるもので、象嵌が磨耗の機構を考へる上に大事なことになる。昨年齋藤博士から発表された三元磨耗は象嵌作用を起したもので、面は平であることが耐磨耗の主な原因であり、又三元の選択によ

(1) Second Report on the Study of Abrasion Mechanism of Metals, at the Japan Society for the Promotion of Scientific Research. (2) Ki-iti ASAKURA, Member Kisyu Seizo Kaisha, Ltd. 汽車製造會社。

つては象嵌が出来ることが三元磨耗の特性であると考へられるが、この点尙研究の必要がある。

鉄鋼の表面が磨耗試験に當り、変色して磨耗が著しく少くなることがあるが、その表面は酸化鉄の皮膜と想像されたが、電子廻折の方法に依て研究の結果、表面の材質が明らかになり、磨耗の機構研究上に大に役立つことゝなつた。

以上の研究に依て、磨耗は機械的破壊、酸化及び熔融による損失並にこれに關聯して象嵌作用に依て左右されるものゝ多いことが知られつゝある。磨耗の種類に依ては他の原因によるものもあるやうであるが、我々の研究はまだそこ迄は及ばない。併し以上の研究の結果、従来磨耗試験に依て知られてゐた現象で、説明し得なかつたものゝ説明が付くやうになつたものがある。例へば鑄鉄の磨耗に及す圧力と速度の關係の如きはそれである。従来速度の影響は材料の冷間加工に起

因するとの説もあつたが、他の原因によるものとして説明が付くやうになつた。この様に實際の現象の説明が付くやうになつたので、機構が大分確かなものとなつて来たのである。磨耗の問題は歐米諸国に於ても盛に研究されてゐるが、ドイツの研究報告を見ると、磨耗現象はその雰囲気に依て著しく異なるから、或実験の結果から他の場合を想像すると、飛んでもない間違を生ずることがある事、並に種々なる材料を互に摺合せて磨耗の大小を測つて見ても、磨耗問題は研究出来ないので、物理的化學的研究をなすことが必要であると述べてゐるが、この結論は我々が数年前に得た結論と同一であつて、我々はそのために先づ磨耗の機構を研究することゝして、今それが一部分明らかになりつゝあるのである。

(昭和 15 年 3 月 15 日受付)

(そ の 2)

磨 耗 機 構 の 研 究

(第 2 報 中間に粒子を介して啮合へる表面凸起の啮合破壊現象と磨耗現象との間の類似性)⁽¹⁾

(昭和 15 年 2 月 27 日 第 368 回 [日本學術振興會、火兵學會、精機協會聯合] 講演に於て講演)

正 員 大 越 諄⁽²⁾ 坂 井 秀 春⁽³⁾

摘 要

金属の磨耗進行面に生成せる脆性物質が表面凸起の崩壊に依て生ずる粒子に依り如何なる機構の下に脱落するかを類推せんがため鑄鉄を試料として用ひ、その凸起が中間に粒子を介して啮合へる場合の凸起並に粒子の破壊機構を種々の条件の下に吟味せる結果この啮合破壊現象と既に一般に知られてゐる磨耗現象との間にも種々の類似性の存在する事を見出した。

1. 緒 言

前報告⁽⁴⁾に於ては金属の機械仕上面及び磨耗進行面に生成した脆性物質の脱離機構を明らかにするために、鑄鉄とパフィンとを試料として選び、これ等の材料よりなる凸起が種々の条件の下に直接啮合へる場合の凸起の破壊現象を観察し、その啮合破壊現象と磨耗現象との間の類似性を吟味した。その結果種々の形態の磨耗の中で表面の機械的破壊に基づくと考へられる様な磨耗、所謂機械的破壊磨耗に就てはその特性即ち磨耗に及す仕上面の滑粗、圧力、摩擦速度等の影響はこの凸起の啮合破壊の実験結果から明解に説明し得られる事を確かめたが磨耗は摩擦面に生ぜる接触物質の粒子に依ても大いに影響を受ける事は従来諸家の研究結果⁽⁵⁾よりも明らかな事なので本報告に於ては相接せる凸起の中間に粒子が存在

する場合の凸起並に粒子の破壊機構を吟味した。

但し粒子が相手の面に象嵌されて試験片の表面凸起を引撥く場合は第 1 報にて吟味せる場合と同じ状態として論じ得るから本研究に於ては粒子の象嵌された場合は除外した。又機構の觀察を容易にするため実験を二次元的にしたので球形粒子の代りに長さが凸起の厚さと同一な円盤形粒子を用ひた。

2. 実験装置と実験材料

実験装置は前報告に記載したものと同一であるからその説明は省略する。但し啮合へる上下 1 対の凸起は常に相対的に横方向にのみ移動し得る様になし、上下方向には変位せぬ様にして実験を行つた。

啮合破壊機構觀察用の凸起の材料としては前報告に記載したものと同一成分、組織の鑄鉄を又相手の凸起の材料としては焼入鋼を用ひ粒子の材料としては凸起用材料と同一成分の焼入鋼と鑄鉄とを用ひた。前者は磨耗に於て自分よりも強度大なる相手方の破片粒子が凸起間に介在した場合に相當し後者は自分自身の破片粒子が凸起間に介在した場合に相當する。磨耗機構の研究に何故鑄鉄を実験材料に用ひたかに就ては第 1 報中に詳しく記述してあるからこゝでは省略する。

[第 6 卷 第 25 号 (第 1 部)]

(1) Researches on the Mechanism of Wear (Report II, Similarities between the Phenomena of Wear and the Destructive Phenomena of Convexity, of cast Iron when a Particle lies between two Convexities).

(2) Makoto OKOSHI, Member, The Tōkyō Imperial University and The Institute of Physical and Chemical Researches, 東京帝國大學兼理化學研究所。

(3) Hideharu SAKAI, The Institute of Physical and Chemical Researches, 理化學研究所。

(4) 大越諄、日本機械學會論文集、5 卷 I-105 頁 (昭 14—11)。

(5) 楠瀬四郎、日本鉄鋼協會誌、鉄と鋼、23 年 1 号。