

鑄鐵の磨耗に及ぼす燐の影響

(日本鐵鋼協會第 28 回講演大會講演 昭 17. 10 於東京)

朝倉 希一・若杉松三郎・司馬 二郎*

EFFECT OF PHOSPHORUS ON THE WEAR OF CAST IRON

Kiiti Asakura, Kōgakuhakushi, Matusaburō Wakasugi and Zirō Siba.

SYNOPSIS:—Although cast iron causes either oxidizing wear or the wear accompanying mechanical destruction according to the relation of the pressure and the friction velocity, the amount of the latter is remarkably greater than that of the former. As to the effect of phosphorus on the wear of cast iron, as far as the experiment to-day is concerned, is as follows:

(1) In the case of oxidizing wear, the effect is slight. However, somewhat better result is obtained when the velocity is low, while the worse result attained when the velocity is higher and the pressure lower.

(2) In the case of the wear accompanying mechanical destruction, it gives better effect.

(3) It widens the range of the pressure and the velocity causing oxidizing wear. Therefore, it may give pronouncedly better effect sometimes according to the amount of the pressure and the velocity.

燐含有量が多い鑄鐵は磨耗が少いとゆう實驗成績があるので無暗に燐を多量に入れることを指定されて困っている實例があるとゆう。一方において燐を入れても、磨耗に對し良い影響を與えないのみならずむしろ悪いとゆう實驗成績もある。飯高博士がピストンリング材たる鑄鐵に燐の含有量を種々に變えて實驗した成績は第 1 表の如くである。

第 1 表

試験片	試験胴	速度 m/s	壓力 kg/cm ²	磨耗量 mg/cm ² /km						
				燐含有量%						
				0	0.3	0.5	0.6	1.0	1.5	2.0
鑄鐵 C 3.2% Si 2.5%	窒 化 鋼	15.3	0.75	0.18	0.16	—	0.23	—	—	—
			1.0	0.30	0.19	—	0.35	—	—	—
			1.5	0.64	0.73	—	0.83	—	—	—
			2.0	1.04	1.14	—	1.43	—	—	—
鑄鐵 C 3.2% Si 1.8%	鑄鐵	2.0	0.92	—	0.75	—	1.10	1.20	1.30	
		1.76	3.0	1.59	—	1.59	—	2.08	2.10	1.99

この實驗のように、壓力が低く速度の速い場合には、燐は鑄鐵の磨耗に對し、悪い影響を與えるといえるのである。そこで鑄鐵の磨耗に及ぼす燐の影響を、種々なる場合につき實驗的に研究することとした。三菱重工業會社神戸造船所の御好意により A, B, C, D 4 組 20 種の鑄鐵試験材を得た。A 組と C 組は普通鑄鐵、B 組と D 組はパーライト鑄鐵で、各組において燐の含有量は 0.2% 位から 1% 位まで 5 種類あり、燐以外は同一成分で各試験材は 50 mm φ

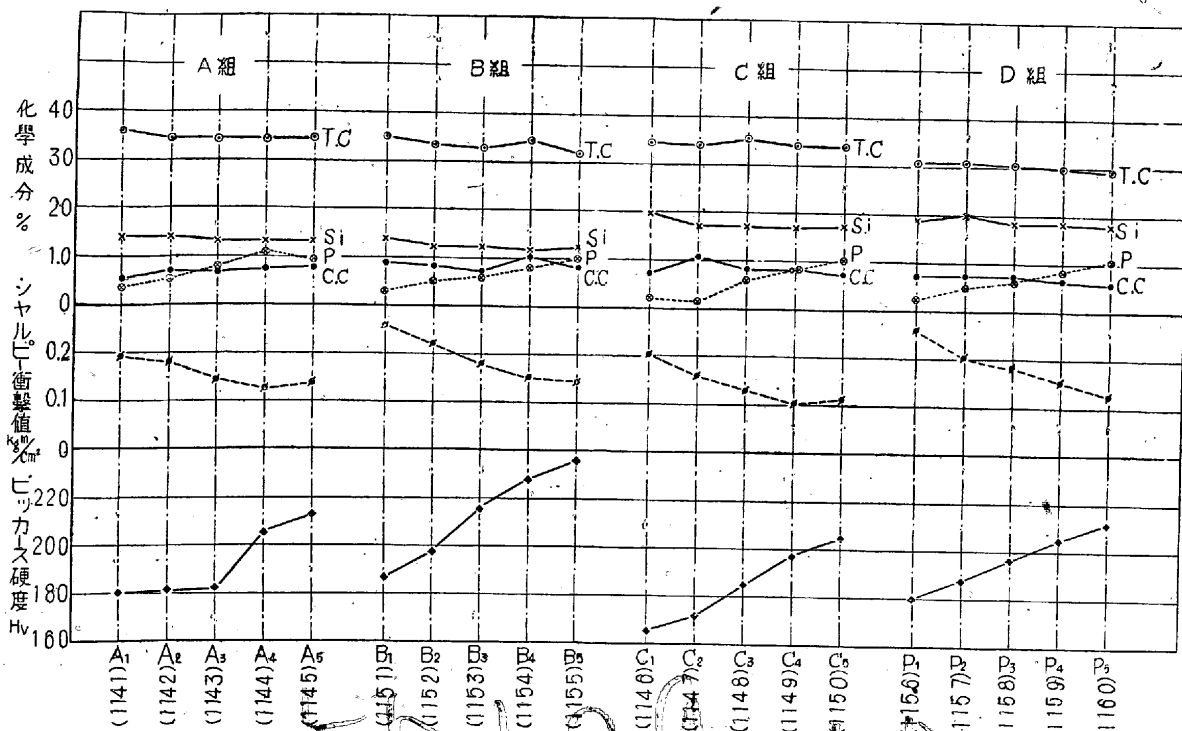
長さ 300mm に鑄込んだものである。その化學成分と物理的性質は第 1 圖に示す如くである。これ等の試験材について、鐵道技術研究所において鈴木式磨耗試験機を用い、筒狀試験片の端面同志を乾燥状態において磨耗試験をすることとした。試験は目下施行中で、今日までに済んだのは A 組の A₁, A₂, A₃, C 組の C₁, C₂, C₃ の 6 種で、それぞれ同一材質同志について行つたに過ぎないので、この實驗成績から燐の影響の全般に對する結論を得ることは出来ないが、曾て鐵道省工場の古い工作機械ベッドの燐含有量の多い鑄鐵について、鐵道技術研究所で行つた實驗成績*も略同様の成績を得たからして、これによつて鑄鐵の磨耗に及ぼす燐の影響の大體を想像し得るものと思うのである。

A 組を速度 0.28m/s, 0.56m/s, 0.89m/s で種々の壓力の下に試験した磨耗量は第 2 圖の如くである。

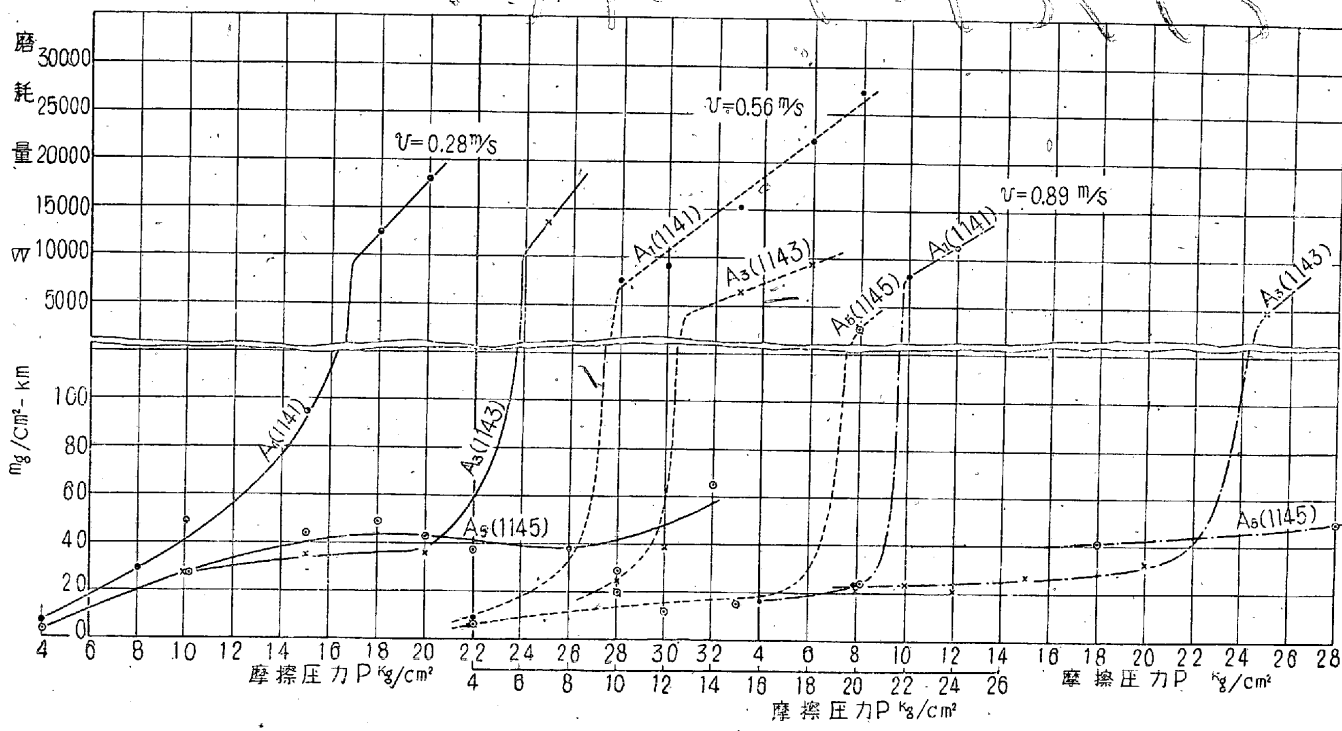
先づ燐の少い A₁ の實驗成績を見るに、速度 0.28m/s において、壓力が 16kg/cm² 以下では磨耗量は壓力の増加につれて漸増するが、16kg/cm² を越すと急に磨耗が増大する。速度 0.56m/s にては、壓力が 10kg/cm² の附近で磨耗量が急に増大する。速度 0.89m/s にては同様である。このように、ある壓力で急に磨耗量が増大するのは、ここで磨耗の機構が變るのである。壓力の低い場合は、摩擦面に Fe₂O₃ の細粉がついて磨耗は少い。この場合を酸化磨耗と名づける。急に磨耗が増大する壓力即ち臨界壓力以上では、金屬色の粉が出て磨耗は大であり、磨耗の最も甚だし

* 汽車製造會社

* 日本學術振興會第 6 小委員會報告、磨耗の機構の研究第 1 報告, p. 54. 昭和 14 年 12 月。



第 1 図



第 2 図

い所では粉は粗い。この種の磨耗を機械的破壊磨耗と唱える。機械的破壊磨耗は大體速度が $0.6m/s$ (壓力が大となると多少低くなる) のとき極大値に達し、それ以上の速度では磨耗量はかえつて減ずる。速度を一層大とし且壓力を増すと、面に Fe_3O_4 の粉が出来て、面がむしり取られるような状態を呈する。C組の實驗成績は第3圖に示す如くで臨界壓力のあることはA組と同様である。

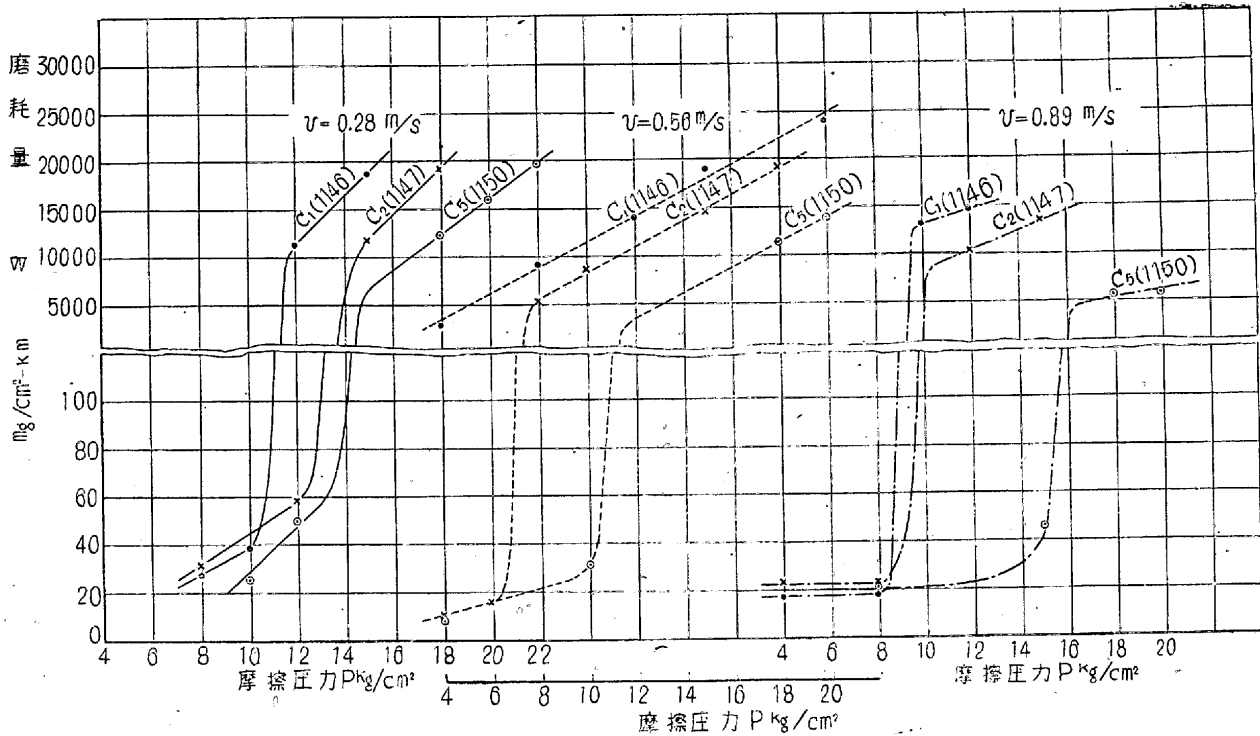
以上は鑄鐵の磨耗に對する壓力と速度の影響の一般であるが、次に磷の影響を見ることとする。先づ酸化磨耗の部分を見る。

A組においては速度 $0.28m/s$ 及び $0.56m/s$ の場合には、磷は多少良い影響を現わすようであるが $0.89m/s$ ではむしろ悪い影響を現わしている。C組のこの部分の成績は明かではないが、略同様といえる。第1表の飯高博士の實驗は壓

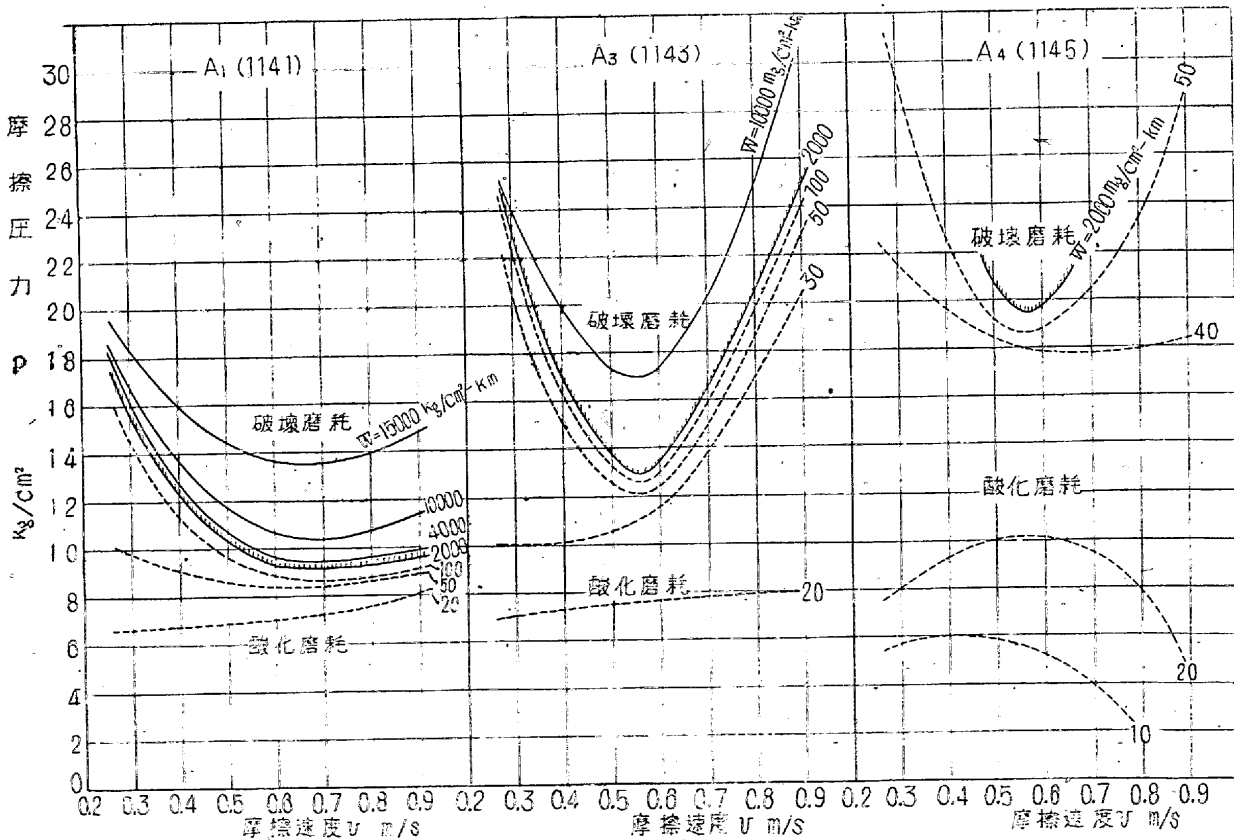
力速度共にこの實驗の範圍外であるが、この實驗成績と矛盾するものではなく、むしろこの實驗からも壓力が低く速度の高いときは、燐はむしろ悪い影響を與えることが想像されるのである。

はA組においてもC組においても、同一速度同一壓力の下においては、燐の多いもの程磨耗が少ない。燐の多いものの機械的性質を見るに、第1圖に示すが如く燐の多いもの程衝擊値が小さい。機械的破壊磨耗は表面にある小なる凹凸が互に咬合つて、衝擊によつて破壊するものであること

次に機械的破壊磨耗の部分と比較する。機械的破壊磨耗



第 3 圖



第 4 圖

を思うとき、衝撃値の少ないもの程磨耗は大であるべきであつて、この事實は大越博士の實驗では、それを實證しているが、磷の多い鑄鐵の磨耗は例外であるように見える。然るに磨耗面を検するに、磷の多いものは機械的破壊磨耗の場合においても比較的平滑で粉が小さい。この表面の狀態が磨耗に影響するものと考えられる。

次に酸化磨耗と機械的破壊磨耗の場合とを併せて比較して見る。一般に磷の含有量が増すに従つて臨界壓力が高壓側に移動する、即ち臨界壓力は次の如くである。

速度 m/s	0.28	0.56	0.89
A ₁ の臨界壓力 kg/cm ²	16	10	10
A ₂ " "	24	13	25
A ₃ " "	32附近	20	—

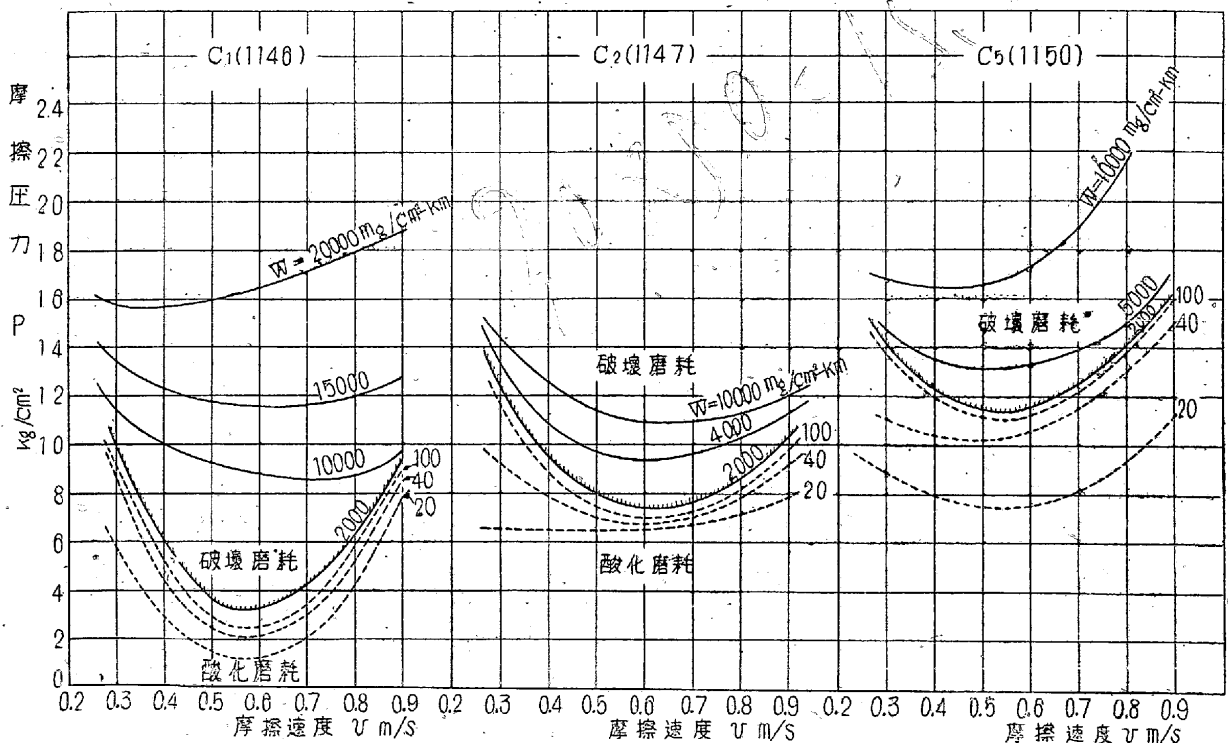
C組においては臨界壓力の移動はA組程著しくないが、矢張り磷が増すに従つて高壓側に移動する。

故に磷が少ない場合に機械的破壊磨耗を起すような壓力と速度において、磷が多いと酸化磨耗を起す場合がある。このような場合においては、磷が磨耗を軽減することは著しい。機械を設計する場合において、機械的破壊磨耗を起すような壓力と速度は避けなければならないが、第4圖はA組の酸化磨耗と機械的破壊磨耗を起すべき壓力と速度との關係を示すものであつて、磷が増すに従つて、酸化磨耗を起す壓力と速度の範圍が著しく廣くなることが知られる第5圖は同様にC組のものについて示している。これによつ

て壓力と速度との關係において、磷が少ければ機械的破壊磨耗を起し、磷が増せば酸化磨耗を起すような場合においては、磷の影響の著しいことを知るのである。

尚兩圖に於て摩擦速度が0.5~0.6m/sのとき壓力が極小となりこの附近では磨耗量の最大を示すのである。磷を増せば何故に酸化磨耗を起す範圍が廣くなるかの理由は明かでない。普通鑄鐵の酸化磨耗の場合には赤色酸化鐵を生ずるのであつて、黑色酸化鐵を生ずるのは、壓力や速度が機械的破壊磨耗を起す場合よりも更に大なるときであつて、その場合には摩擦面が熔着か熔融するのである。そしてこの種の磨耗をなす場合において、二つの試験片の摩擦面積が同一で常に接觸しつつあるときは、磨耗は小となるのである。然るに磷の多い鑄鐵においては、酸化磨耗の場合に一部黑色酸化鐵を生ずる。これは磷鐵の熔融點の低いことと關聯があると思うがこれが磨耗の機構と關聯あるものと思はれる。

磷の影響は以上の如くであるが、磷の影響がA組とC組において可なり差があるのみならず、磷の少ないA₁とC₁とにおいて磨耗が可なり差を示すことは注意すべきことである。例えば第4圖のA₁が速度0.56m/sのとき、磨耗量が100mg/cm²/kmなるためには、壓力は約9kg/cm²であるが、第5圖のC₁においては、同様の磨耗を起す壓力は2.5kg/cm²に過ぎない。前に述べた工作機械ベッドの鐵



第 5 圖

道省研究所における磨耗試験の結果につき、磨耗に及ぼす磷の影響は他の成分と關聯して、次のようにいはれている。即ち

磷は 0.8~1.4% 化合炭素 0.7—1.0% の範圍において、何れも多い程良く、又珪素は 1.0—1.8% の範圍内では、反對に少い程良い。

然るに C 組は A 組に比し、總炭素量、化合炭素量及び磷の變化は大體同様であるが、珪素の含有量が著しく多いから C 組の磨耗が A 組に比して大なる原因をなすものようである。以上のように鑄鐵の磨耗には磷以外にも相當の

影響を及ぼすものがあることが知れる。フェライトの現れることは磨耗を多くすることが判つているが、C 組にはそれが現れていない。

以上は乾燥磨耗についてである。油入り磨耗は乾燥磨耗の數百分の一に減じて、乾燥磨耗とは趣を異にするが、油入り磨耗においても、磨耗は壓力と速度によつて相當の差のあることが實驗されているので、乾燥磨耗に對する以上の研究は油入り磨耗の研究に對しても參考となるものと思う。