

特殊鋳鋼の急激なひつかき摩耗に対する 耐久特性について*

70592

稲数 直次**・吉岡 正三***・山本 久***

On the Durabilities of Special Cast Steels against Abrasive Wear

Naotsugu INAKAZU, Shozo YOSHIOKA, and Hisahi YAMAMOTO

Synopsis:

A study was made on fatigue layer of the backup roll surface by cyclic loading in rolling and its suitable dressing program in 4 high plate finisher mill at Keihin Plant, Nippon Kokan. An examination was also made on patterns and surface temperature of the work roll after rolling operation.

The results obtained were as follows:

- 1) The wear patterns of top backup roll were concave and those of bottom backup roll were almost flat.
- 2) The layer affected by fatigue of the backup roll surface was examined by X-ray reflection method. The affected layer of top rolls extended within 1.0 mm depth from the surface, while that of bottom rolls somewhat deeper than 1.0 mm. Hardness measurement of the roll surface is considered to be one of the suitable means to estimate the degree of fatigue.
- 3) The suitable dressing program of the plate mill backup roll is 2.0 mm in dia. every time for top rolls and 2.0 mm in dia. at initial 3 times and 8.0 mm in dia. at 4th time for bottom roll.

(Received Nov. 1, 1969)

1. 緒 言

特殊鋳鋼の耐摩耗性に関して筆者らは前回の報告¹⁾で各種圧延用ロール材としての特殊鋳鋼と高炭素鋳鋼（アダマイト）ならびに強靱鋳鉄（ダクタイル鋳鉄）を、ある一定条件下ですべりを含んだ転がり乾燥摩耗試験を行った結果、特殊鋳鋼に関しては素地の硬度が低い場合融着摩耗が優先し、高硬度鋳鋼の場合は融着作用より酸化作用が優先して、硬度に比例して耐摩耗性がよい。アダマイト材質に関しては、炭素量が増大し、硬度があがるにつれて、ひつかき摩耗が激しくなり耐摩耗性が劣

る。ダクタイル鋳鉄に関しては、遊離グラファイトの潤滑作用によつてひつかき作用や焼付作用が抑えられて耐摩耗性が良好で、摩耗機構は低温酸化摩耗と考えられる以上のことがわかったが、今回は種々の摩耗条件下すなわち荷重を一定にしてすべり率を変化させる場合と、すべりをなくして完全転がりの状態で荷重を変化させる場合とに分けて試験を行ない、それぞれの摩耗機構を検討した結果、前報を一層敷衍する特性を得たのでここに報告する。

2. 実験方法

2.1 試験機ならびに試験方法

西原式金属摩耗試験機を用い、Fig. 1に示すように試験片は上下同形同種類のリングを用意し、試験前に各試験片を摩耗試験機に取り付け、回転しながらエメリー紙05で表面を十分に研磨して表面状況を一定になるようにした。試験片表面はベンジンおよび無水アルコールで数回洗って脱脂に注意をはらった。摩耗条件は、まず荷重を20 kgで一定にし、1個の試験片についてすべり率を0%から40000回転ごとに、9, 20, 30%と増加して

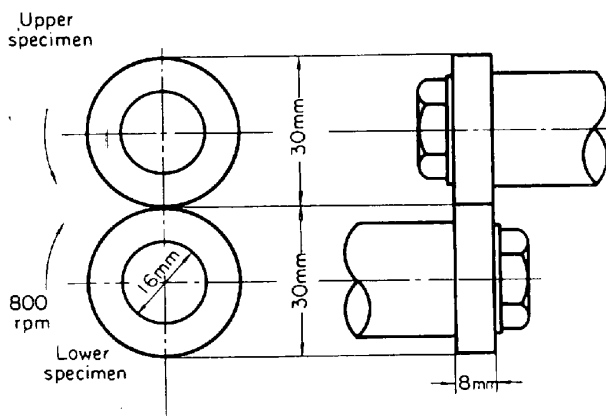


Fig. 1. Wear-testing method.

* 昭和43年9月本会講演大会にて発表

昭和44年11月1日受付

** 大阪府立大学工学部

*** 大阪府立大学工学部 工博

いき、計 160 000 回転行ない、その間 5 000 回転ごとに単位摩擦距離あたりの摩耗減量を測定し、その変化を検討した。つぎにすべり率 0% のもとで、荷重を最大 250 kg まで各材質の試験片ごとに種々変化させて乾燥摩耗試験を行ない、各材質の回転数あたりの摩耗量の変化と、その摩耗量の急激な変動点と Hertz の最大接触応力との関係を検討した。

2.2 供試材

2.2.1 化学成分

各供試材の化学成分は Table 1 に示す。

2.2.2 熱処理方法、硬度および顕微鏡組織

各供試材の熱処理方法と硬度は Table 2 に示す。供試材の代表的なものの顕微鏡組織を Photo. 1 に示す。

3. 実験結果

3.1 すべり率と摩耗減量との関係

試験片の組み合わせはそれぞれ同種材を用い、下方試験片の回転数を 800 rpm にし、上方試験片の回転数を種々変えてすべりを起こさせ、潤滑剤なしの乾燥摩耗実

験を行なったが、その結果を Fig. 2, 3 に示す。図の横軸は各条件下の回転数、縦軸は単位摩擦距離あたりの摩耗量すなわち各 5 000 回転中の摩耗量を 5 000 回転中の摩擦距離で除した値を表わす。Fig. 2 は高炭素鋳鋼 (アダマイト) についてまとめた図である。すべり率 0% のときは、ほとんど摩耗せず試料表面にごく薄い酸化物が発生するのみである。すべり率 9% (摩擦距離: 46.8 m/5 000 回転) のときが最も摩耗量が多く、しかも炭素含有量が多い順に摩耗量も多い、しかし総回転数が増すにつれて徐々に減少する傾向にある。すべり率 20% (摩擦距離: 94.2 m/5 000 回転) になると摩耗量は急激に減少し炭素量の違いによる差が見られず、わずかながら全体として総回転数が増すにつれて減少の傾向が見られる。さらにすべり率 30% (摩擦距離: 137 m/5 000 回転) になると摩耗量はさらに減少し炭素量の違いによる差が見られず、ある範囲内にばらついて分布している。試験片表面の外観状況を Photo. 2 (b) に示す。写真の左試験片 (b-1) はすべり率 9% の場合で、すべり率小すなわち摩擦速度が小さいときには、

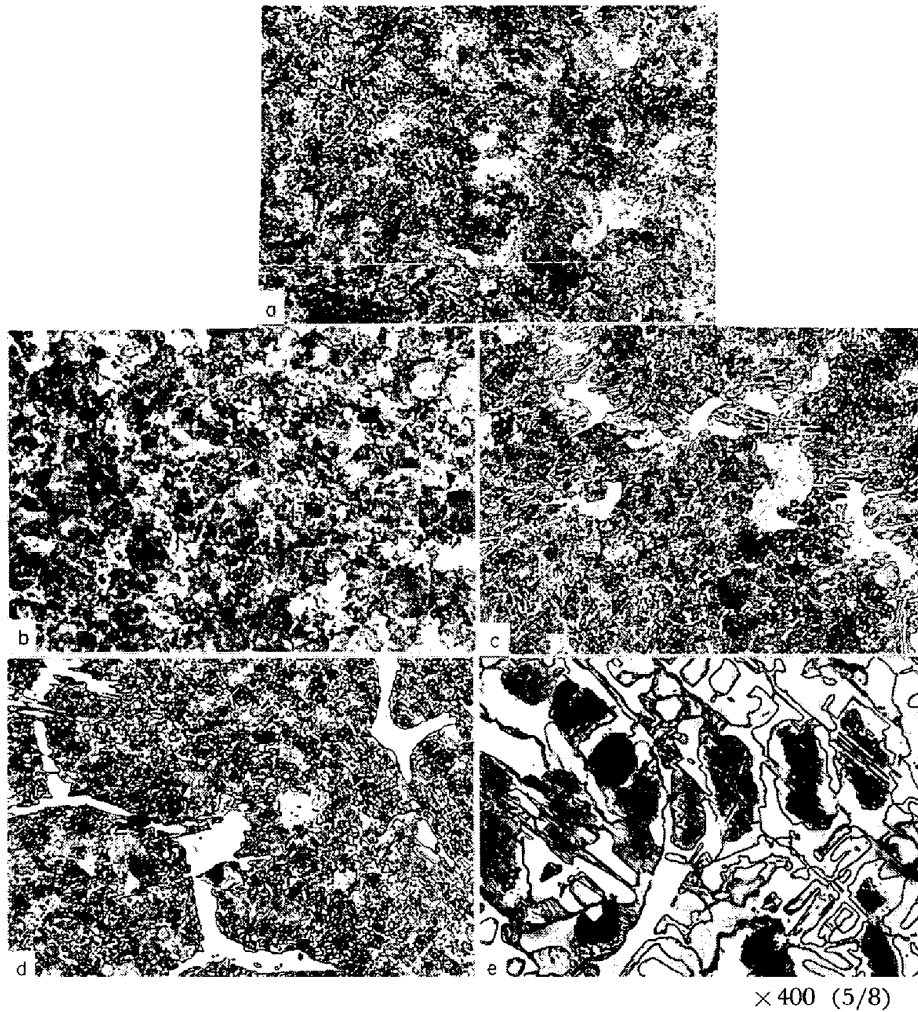
Table 1. Chemical compositions of test materials (wt%).

Material	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Mg
Annealed cast steel	0.60	0.41	0.77	0.29	0.013	1.61	0.75	0.41	0.07	—
Normalized cast steel	0.91	0.40	0.78	0.020	0.012	—	1.01	0.37	0.06	—
	1.36	0.39	0.68	0.015	0.012	—	1.05	0.42	0.05	—
Adamite	1.78	0.53	0.66	0.015	0.010	—	0.99	0.43	0.09	—
	2.10	0.55	0.75	0.030	0.011	—	0.90	0.37	0.04	—
	2.26	0.65	0.71	0.015	0.014	—	1.01	0.31	0.07	—
Ductile	3.53 (1.74)	1.73	0.40	0.041	0.003	1.88	0.33	0.26	—	0.048

() Graphite

Table 2. Heat treatment and hardness.

Material	Carbon content	Heat treatment	Hardness (shore)
Annealed cast steel	0.60	RT → 900°C × 2 hr → 500°C → 760°C × 1 hr → RT AC FC	32~34
Normalized cast steel	0.91	RT → 950°C × 2 hr → 500°C → 900°C × 1 hr → 500°C × 1 hr → RT AC AC FC	41~42
	1.36	RT → 980°C × 2 hr → 500°C → 925°C × 1 hr → 500°C × 1 hr → RT AC AC FC	42~43
Adamite	1.78 2.10	RT → 980°C × 2 hr → 650°C → 950°C × 1 hr → RT FC FC	40~41 42~44
	2.26	RT → 1000°C × 2 hr → 650°C → 980°C × 1 hr → RT FC FC	44~45
Ductile	3.53 (1.74)	RT → 600°C × 2 hr → RT FC	39~40



(a) Annealed cast steel 0.60%C, (b) Normalized cast steel 1.36%C, (c) Adamite cast steel 1.78%C
(d) Adamite cast steel 2.10%C, (e) Ductile cast iron 3.53%C

Photo. 1. Microstructures of typical specimen.

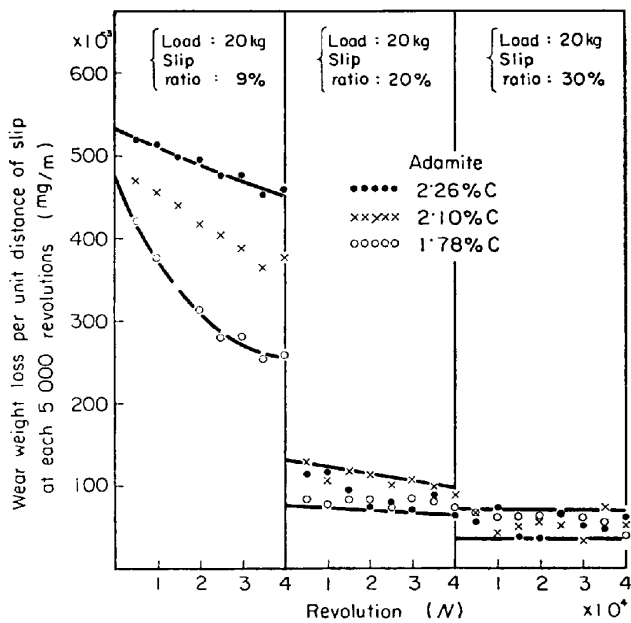
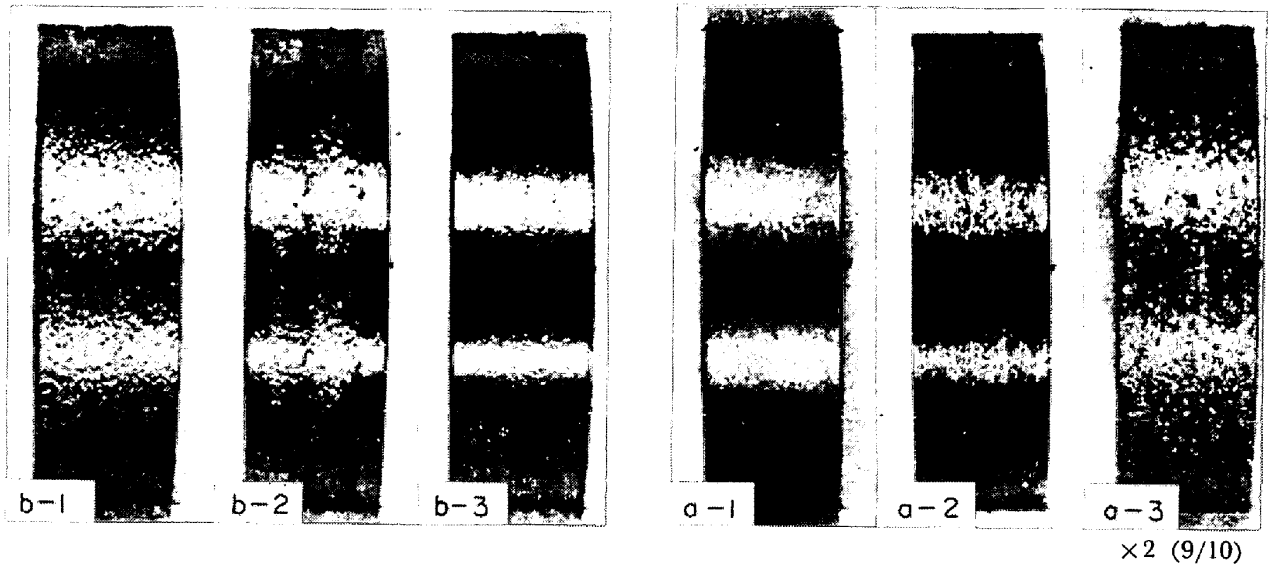


Fig. 2. Relation between the wear loss of adamite and slip ratio.

ひつき現象が見られ初期に発生した酸化物を脱落させ灰色の梨地状の肌を呈す。写真 (b-2) はすべり率 20% の場合で、摩擦速度が大きくなると梨地状の表面を酸化物が覆うようになり、しだいに酸化摩耗を起こしはじめ摩耗量が少なくなる。写真 (b-3) はすべり率 30% の場合で、今までより一層摩擦速度が大きくなると試験片表面は粗い凹凸面がつぶされたようになり、全面にわたって酸化物が覆い、完全に酸化摩耗が促進される。

特殊鋳鋼焼鈍材、焼準材、そしてダクタイル鋳鉄については Fig. 3 に示す。すべり率 9% の場合ダクタイル鋳鉄が最も耐摩耗性を有する。特殊鋳鋼焼鈍材と焼準材では初期の段階で焼鈍材がわずかに耐摩耗性が劣るが、回転数が増加するにつれて 2 者の差は少なくなる。すべり率 20% では、ダクタイル鋳鉄はわずかであるが摩耗量が増加している。一方特殊鋳鋼はともにある一定値付近にはほぼ納まつていて変動が見られない。すべり率 30% になると、特殊鋳鋼焼鈍材はごく初期の段階で爆



(a) as for the special cast steel, (a-1) slip ratio 9%, (a-2) slip ratio 20%, (a-3) slip ratio 30% and (b) as for the adamite cast steel, (b-1) slip ratio 9%, (b-2) slip ratio 20%, (b-3) slip ratio 30%
Photo. 2. Typical examples of surface condition after 40 000 revolutions at each slip ratio.

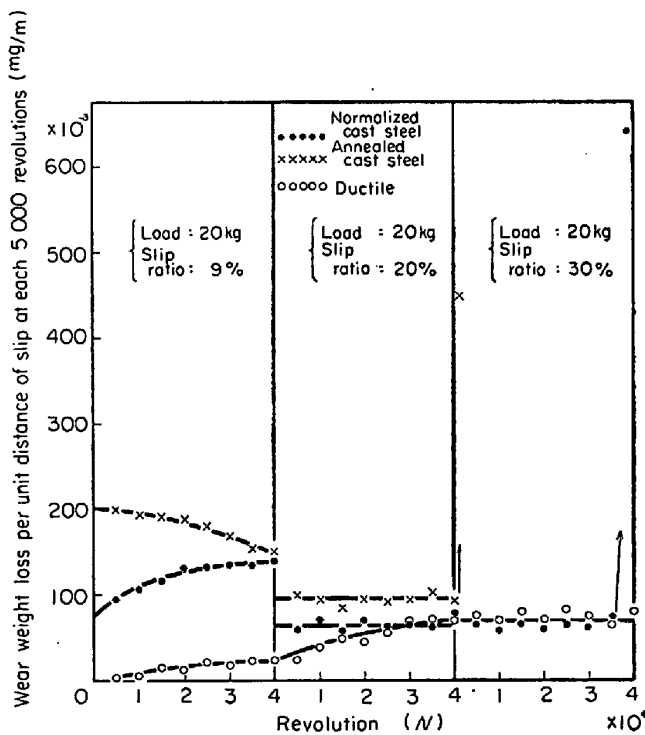


Fig. 3. Relation between the wear loss of special cast steels or ductile and slip ratio.

発的に摩耗量が増大し融着現象を呈する。焼準材はある一定値付近に納まっているが、40 000 回転近くになると焼鈍材と同様急激に摩耗量が増大する。ダクタイル鋳鉄の場合は摩耗量はほぼ焼準材と同一レベルに並ぶが、回転数が増しても急激な摩耗量の変化は見られない。

試験片の表面状況は Photo. 2 (a) に特殊鋳鋼焼準材の例を示す。写真 (a-1) はすべり率 9% の場合で、

摩擦速度が小さいときは薄い酸化膜が全面を覆い酸化摩耗を起こしはじめる。写真 (a-2) はすべり率 20% の場合で、摩擦速度が大きくなると表面に酸化膜が一層濃く覆うようになり酸化摩耗が促進される。写真 (a-3) はすべり率 30% の場合で、一層摩擦速度が大きくなると、しばらくは酸化摩耗を維持するが最終的には、むしろ破壊を起こし輝面摩耗へ進む。

3.2 摩耗減量の単位回転数あたりの変動と荷重との関係

試験片の組み合わせは同種材とし、下方試験片の回転数を 800 rpm にし、上方試験片は下方試験片との摩擦で回転されるようにして、すなわち作意的にすべりを発生させないようにして荷重を種々変化させて摩耗実験を行なった。

3.2.1 回転数あたりの摩耗量の変化

結果は各材質別に分けて Fig. 4, 5, 6 に示す。横軸に回転数を対数目盛で示し、縦軸に単位回転数あたりの摩耗量を示す。Fig. 4 はアダマイト材質の場合である。実線で示すのは炭素量 2.10% の材質で、最大荷重 250 kg (Hertz の接触圧力の式で換算した応力で 124 kg/mm²) のとき 5 000 回転を過ぎてから摩耗量が増加しはじめ、その後摩耗が進行するにつれ一層急速に摩耗量を増し 14 800 回転で極大値 (696 × 10⁻⁵ mg/N) に達する。荷重 200 kg (110 kg/mm²) のときは 15 000 回転付近までは薄い酸化膜が発生しているが、この点を過ぎてから次第に破壊 (急激なひつき摩耗) を起こしはじめ 25 000 回転で極大値 (451 × 10⁻⁵ mg/N) を示す。さらに荷重を 150 kg (96 kg/mm²) にすると 30 000 回

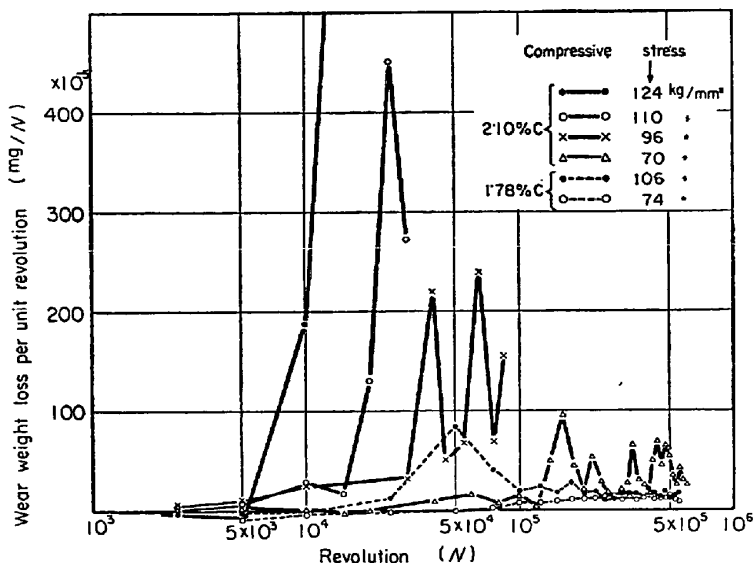


Fig. 4. Relation between fluctuations in wear loss and revolutions under the various loads (on adamite).

転で破壊が起こり 40 000 回転で極大値 ($220 \times 10^{-5} \text{mg/N}$) を示す。一層荷重を 80 kg (70 kg/mm^2) に軽くすると、120 000 回転付近から破壊が起こり 160 000 回転で極大値 ($97 \times 10^{-5} \text{mg/N}$) に達する。また点線で示すのは炭素量 1.78% の材質で、荷重 180 kg (106 kg/mm^2) のとき 25 000 回転から変化が見られ 50 000 回転で極大値 ($85 \times 10^{-5} \text{mg/N}$) に達する。しかし高炭素アダマイトの場合と比較して単位あたりの変化量は少なく、したがって変動のグラフの山もなだらかになる。荷重 140 kg (93 kg/mm^2) では、さらに破壊までの寿命が延びる。荷重 90 kg (74 kg/mm^2) では破壊は全然起

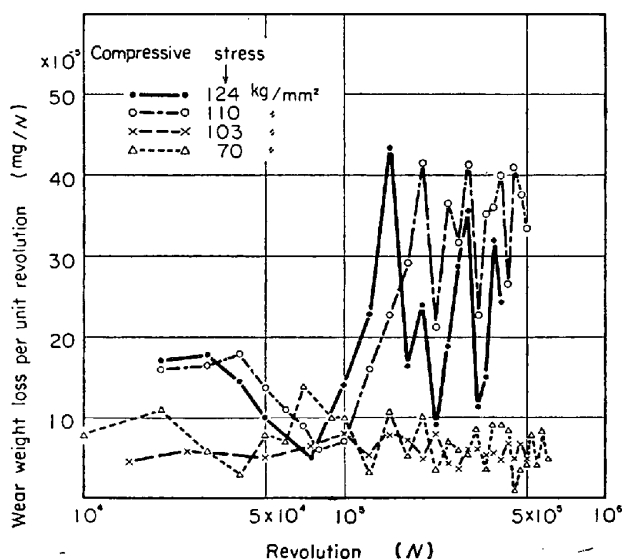


Fig. 5. Relation between fluctuations in wear loss and revolutions under the various loads (on special cast steel).

こらず終始表面が酸化膜に覆われて、酸化摩耗が促進される。

Fig. 5 は特殊鋳鋼焼準材の例を示す。荷重 250 kg (124 kg/mm^2) のとき 75 000 回転付近までは酸化膜がはり摩耗量も少ないがこの点を通過すると表面状況は、ぎざぎざの肌荒れを呈し摩耗量が急激に増加しはじめる。150 000 回転で極大値 ($43 \times 10^{-5} \text{mg/N}$) に達する。荷重 200 kg (110 kg/mm^2) では 100 000 回転付近から破壊を起こしはじめ 200 000 回転で極大値 ($41.5 \times 10^{-5} \text{mg/N}$) を示す。破壊を誘発する荷重大なる場合は、総じて破壊開始後大きな振幅で摩耗量 (mg/N) が変動している。荷重 172 kg (103 kg/mm^2)、80 kg (70 kg/mm^2) の場合は荷重の点では大きな差異があるが摩耗量の大きな変動はともに見られず、終始酸化摩耗が促進されてグラフの波形も類似している。

動はともに見られず、終始酸化摩耗が促進されてグラフの波形も類似している。

Fig. 6 はダクタイル鋳鉄の場合である。荷重 250 kg (124 kg/mm^2) のとき 50 000 回転をすぎると、急激なひつかき摩耗が起こりはじめ、100 000 回転で極大値 ($83 \times 10^{-5} \text{mg/N}$) を示す。荷重 180 kg (106 kg/mm^2) では 75 000 回転から破壊が起こり、150 000 回転で極大値 ($57 \times 10^{-5} \text{mg/N}$) を示した。荷重 106 kg (98 kg/mm^2) に落とすと、破壊までの寿命も延びて、140 000 回転付近から起こり 160 000 回転で極大値 ($41 \times 10^{-5} \text{mg/N}$) に達する。荷重の小さな場合 90 kg (74 kg/mm^2) は今までの材質の場合と同様に表面破壊を起こすことなく終始酸化摩耗が進んでいる。

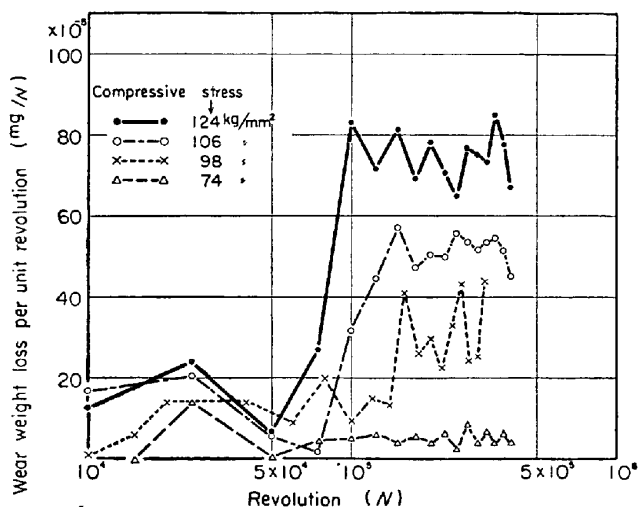


Fig. 6. Relation between fluctuations in wear loss and revolutions under the various loads (on ductile).

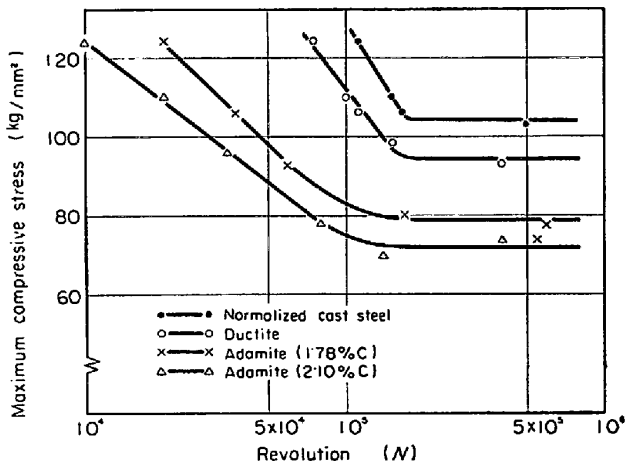


Fig. 7. Relation between maximum compressive stress and revolution number at the destructive wear (on several materials).

3.2.2 回転数と最大圧縮応力との関係

以上の各材質について、単位回転数あたりの摩耗量の急激な変動点（破壊開始点と極大点の平均値）をとらえて、そのときの回転数と、そのときの荷重を Hertz の接触圧力の式で換算した最大圧縮応力との間の関係調べてみた。横軸に対数目盛で破壊までの回転数を取り、縦軸にそのときの最大圧縮応力をとると、Fig. 7 に示すグラフが得られた。このグラフは一種の摩耗を媒介とした繰返し圧縮応力による摩耗疲労線図を示している。この線図から各材質の圧縮応力による疲労限度を比較すると、アダマイト材質が最も疲労限度が低く、中でも炭素量の高いほど、破壊にいたる寿命も短く疲労限度も低い、なおアダマイトの線図は炭素量の高いものほどなだらかな勾配を示し、いかにも鑄鉄系の疲労曲線²⁾に類似している。次に高いのはダクタイル鑄鉄で、破壊にいたるまでの寿命も疲労限度もアダマイトに比較して向上している。今回実験の中で最も高いのは、特殊鑄鋼焼準材 (1.36% C) で疲労限度は約 104 kg/mm² と向上しているこれはこの材質が、早期に急激なひつかり摩耗を起こすほどの炭素量を含有せず、またマトリックスも微細なソルバイト組織を呈し、炭素量に依存しないカタサを有するため、むしれ現象も起こりにくく、したがって寿命が伸長し、疲労限の向上をもたらしたものと思う。

4. 考 察

まず荷重を一定にして、すべり率を種々変化させた場合の関係をみると、アダマイト材質は、すべり率小、すなわちすべり摩擦速度が小さいときに摩耗が激しく摩擦速度が 25 cm/sec または 36 cm/sec になると摩耗量が

激減する傾向にある。なお 40 000 回転ごとにすべり率を変化させることによる初期摩耗の変化は認められなかった。また連続使用することによる影響も見られなかった。以上の傾向は炭素量の多いアダマイトほど顕著である。前回りの実験の結果、アダマイトの摩耗は、ひつかり摩耗が主で炭素量の少ないものは、ひつかり破壊の程度が弱く酸化摩耗が同時に起こっている。この際 α -Fe₂O₃ や Fe₃O₄ の酸化粉が一種の減摩作用⁵⁾をするものと考えられる。高炭素アダマイトの場合の落下粉中に α -Fe₂O₃ のみで Fe₃O₄ がないのは、ひつかり作用がはげしく、したがって表面温度が低かったことを示す。そこでアダマイトについては、合金しやすさ⁶⁾による粘着現象は見られず、またグラファイトも存在しないので、その潤滑作用を期待することもできない。したがってすべり率の低いときはひつかり摩耗が起こり、すべり率があがると、すなわち摩擦速度が大きくなると表面の摩擦熱が大となり酸化物を発生し、この酸化物と脱落粉末とがヤスリの目つぶしの役³⁾（象眼作用）をして摩耗を減じているためと思われる。LUCCHINI および ROS⁴⁾ がアムスラ式試験機によるすべりを種々変えた実験において、粉末のラップ作用と酸化物の減摩作用とがあわせ起こるのですべり率が上がっても摩耗はあまり大とならない旨報告している。しかしこれは回転数あたりの全摩耗量を考えたから摩耗量の変化がないのであつて、筆者らの行なつたように単位摩擦距離あたりの摩耗量を測れば当然状況判断が異なってくる。つまりすべり率が上がっても全摩耗量があまり大きくならないということは、単位摩擦距離あたりの摩耗量で表現すると酸化物による減摩作用で実質的には減少していることを意味する。

特殊鑄鋼の場合は、摩擦速度が 25 cm/sec 以下のときは酸化摩耗が起こり急激な変化は認められないが、摩擦速度が 36 cm/sec になると焼鈍材は摩耗開始と同時に、また焼準材は 40 000 回転付近でそれぞれ爆発的なむしれ現象が見られる。これは摩擦速度が小さいときには、酸化物が微粉末として存在し減摩作用⁵⁾を有するが、摩擦速度が増すと酸化物の存在は圧殺されて脱落粉は輝面をおびた扁平なものとなる。これは合金しやすさ⁶⁾による粘着の影響と考えられる。この傾向は素地が、パーライトの球状化した軟らかい焼鈍材のほうが顕著である。素地がソルバイト組織を示す鈍準材については、最大摩擦速度に達してからもしばらくは酸化摩耗が維持されることから素地の靱性が影響してくることがわかる。西原ら⁷⁾もアムスラ式試験機による研究において、摩耗量の多い輝面摩耗をするものの粉末が扁平なものが多いことを指摘している。

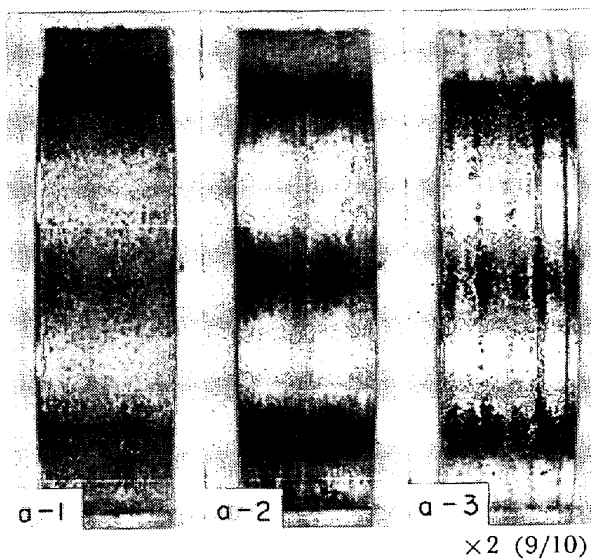
ダクタイル鋳鉄は各すべり条件下でわずかず増加しているが、他の材質に比較すると耐摩耗性は数段優れている。これは前回報告したごとく、遊離グラファイトの潤滑作用によつてひつき作用や焼付作用が抑えられた低温酸化摩耗を起こしているためと思われる。

次に摩耗減量の単位回転数あたりの変動と荷重との関係を考察すると、アダマイト材質の場合、総じて破壊までの回転数は少ない。しかも同一荷重の場合炭素量の多いもののほうが早期に破壊を起こしていることがわかる。破壊程度も、単位回転数あたりの摩耗量の極大値を比較すると高炭素アダマイトほど、また荷重大なるものほど大きい。これは破壊（急激なひつき摩耗）が素地の靱性と密接な関係を有していることを示す。すなわちアダマイト中に硬いセメントタイトの含有量が増すと、硬度は上昇するが靱性の点で劣るため、ひつき現象が起こると、セメントタイトは掘り起こされ、さらにその硬い脱落粉は軟質の素地も削り取る結果になる。なお通常の転動疲労による表面の荒れは、潤滑剤の存在のもとにピッチング現象が見られ、ここにいうひつき現象とは区別される。SPORKERT[®]は、鋼ローラの研摩剤を用いた実験で、低硬度のローラほど摩耗量が少ない実験結果を得たことの原因として、研摩剤が硬い面には入りにくく、軟らかいほうへ入りやすいために、軟らかい面に研摩剤が埋め込まれて、耐摩耗性が向上すると、結論づけている、しかしこれには、素地の靱性を考慮していない点など疑問が残る。

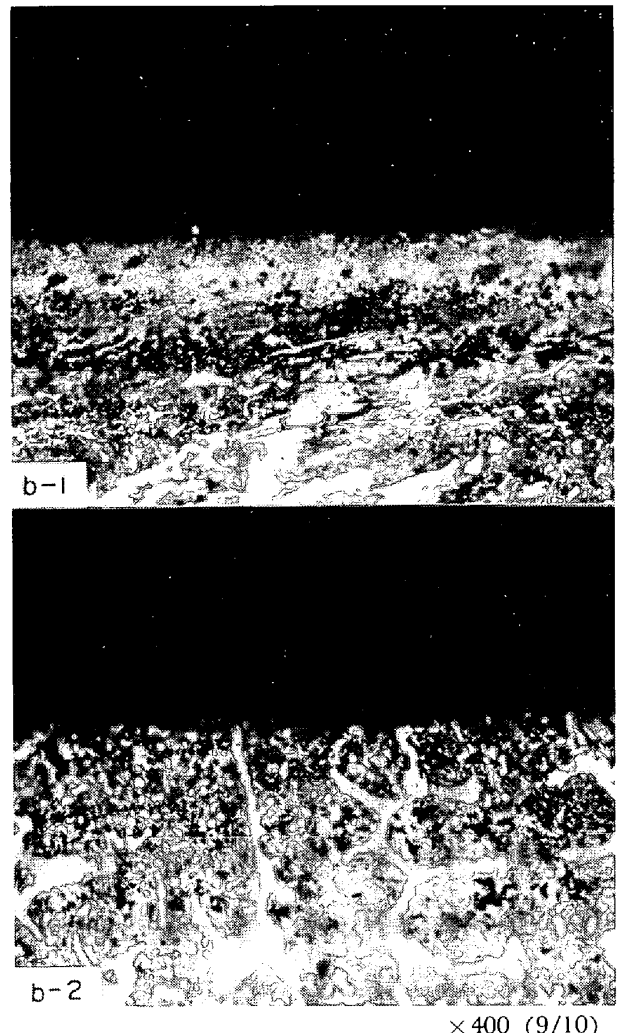
特殊鋼焼準材ならびにダクタイル鋳鉄の場合も荷重

大なるものほど、破壊にいたるまでの回転数は少なく、破壊程度も大きいようである。これも急激な摩耗が素地の靱性と関係の深いことを示している。すなわち以上の材質中で焼準材は極大値に関して最も低い値を示している。これは前回の実験でも見られたように、摩耗を長く続けても表層部のぜい化の進行がおさえられ、素地の靱性を長期間維持できるためと思われる。

アダマイト材質の例をとつて試験片表面の肌状況を観察すると、Photo. 3 (a) を得る。写真 (a-3) は荷重 250 kg (124 kg/mm²) のもとで、ひつきによる破壊を起こしたものを示す。写真 (a-2) は荷重 180 kg (106 kg/mm²) のもとで 35 000 回転付近で一度破壊が起こりその後酸化摩耗が促進されたものを示す。写真 (a-1) は荷重 100 kg (78 kg/mm²) のもとで終始酸化摩耗を起こしたものを示す。Photo. 3 (b) は試験片リング側面より見た表面付近の摩耗状態の顕微鏡組織写



(a-1) load 100kg, (a-2) load 180kg, (a-3) load 250kg
Photo. 3. (a) Typical examples of surface condition after 600 000 revolutions on the various loads.



(b-1) microstructure of specimen (a-3) in Photo 3-a,
(b-2) microstructure of specimen (a-1) in Photo 3-a
Photo. 3. (b) Microstructures in the side wall of surface layer.

真である。写真 (b-1) は初期に急激な摩耗を起こした Photo. 3 (a) の (a-3) の場合で、組み合わせられた試験片は一方の摩擦力によつて他方が駆動されるため塑性流動を起こした形跡が認められる。写真 (b-2) は終始酸化摩耗が促進された Photo. 3 (a) の (a-1) の場合で、素地の組織を見る限り塑性変形を起こしていない。すべりを含みぬ相対回転面での酸化摩耗および、ひつかり現象発生機構は、Photo. 3 (b) に見られるごとく、荷重小で終始酸化摩耗を起こしたものは酸化物による減摩作用で相対回転面にすべりが発生し、表層部の破損を支配する剪断応力が緩和されて素地の塑性変形を抑えている。一方ひつかり現象を呈するものは、荷重大にして、初期に発生したわずかな薄い酸化膜を圧殺して大きな剪断応力が表層部に発生するため、素地は塑性流動を起こし母材は削り取られていく。なお以上のことを敷衍する意味で Photo. 3 (a) の 3 個の試験片について、それぞれの摩耗実験中に脱落した粉末について X 線による回折図形をとつて見た。X-ray diffractometer を用い、使用した X 線は Co K α 線 (Fe フィルター)。25 kv, 13mA である。回折結果を Fig. 8 に示す。上図形は初期に急激な摩耗を起こした (a-3) 試験片の回折である。 α -Fe のみが顕著に認められ、これはひつかりによる母材の破壊のみが起こっていることを示している。中図形は急激なひつかり摩耗が起こりその後酸化摩耗が促進された (a-2) 試験片の回折であるが、 α -Fe 以外に Fe_3O_4 と Fe_2O_3 系の酸化物が現われている。下図形は終始酸化摩耗を起こした (a-1) 試験片の回折であるが、 α -Fe は非常に少なくなり、 Fe_3O_4 と Fe_2O_3 系の酸化物の回折線が多く見られるようになる。以上の試験結果からも荷重大なるものは、摩耗表面付近が塑性流動

を起こし、むしろ現象を伴つた破壊を起こしていることがわかる。荷重小なるものは酸化摩耗が優先して、発生した酸化粉末の減摩作用も効果的で、急激な摩耗量の変化が現われることなく、終始酸化摩耗を起こすことがわかつた。

回転数と最大圧縮応力との関係は、従来まだら摩耗を媒介として、耐久曲線と全く同性質の線図が得られることでよく知られている。すなわち西原ら⁹⁾はアムスラ式試験機によりすべりを与えず完全潤滑のもとで試験を行ない、まだら摩耗を生ずる回転数と最大圧縮応力との関係が疲れ試験における S-N 曲線と同様の曲線を得ることを確認している。筆者らはすべりを与えず乾燥摩耗試験下においても、破壊(急激なひつかり摩耗)を媒介として疲労曲線に類似した耐久性曲線が得られることを知つた。したがつてここにいう耐久特性とは、まだら摩耗発生耐久限ではなく、急激なひつかり摩耗発生耐久限を意味する。以上のことは急激なひつかり摩耗が、繰返しの圧縮応力によつて接触面に塑性流動を起こせしめ、むしろ現象が見られるようになるまでの耐久限度に依存していることを意味するものと思われる。まだら摩耗の場合と比較して次の 3 点で相違が認められる。

- (1) まだら摩耗は 10^6 のオーダーで起こるが、急激なひつかり摩耗は $10^4 \sim 10^5$ のオーダーで起こる。
- (2) まだら摩耗は、ある一定限度以下の応力では回転数で増加しても起こらないが、急激なひつかり摩耗の場合、破壊は起こらないが酸化摩耗として摩耗は進行する。すなわち酸化物の粉末による潤滑作用によつて回転数が増しても破壊は起こらないことを意味する。
- (3) まだら摩耗を生じない限界圧縮応力は小さいが (30 kg/mm^2 前後)、急激なひつかり摩耗を生じない限界圧縮応力は比較的大きい (100 kg/mm^2 前後)。

5. 総 括

前後荷重を一定にして、すべり率を種々変化させた摩耗実験ならびにすべりをなくして転がり無潤滑の状態では荷重を種々変化させた摩耗実験の結果、次のことがわかつた。

- (1) すべりを含まない転がり無潤滑での摩耗実験で、回転数と最大圧縮応力との関係は、急激なひつかり摩耗を媒介として、疲労曲線に類似した線図を示す。
- (2) 高炭素鋳鋼 (アマダイト材質) はすべり率が低いときに摩耗が激しく、すべり率が高くなると急激に摩耗量が減少してくる傾向にある。この傾向は高炭素アマダイトほど顕著であることから見て、すべり率の低い初期に、ひつかり摩耗が起こり、摩擦が大きくなると表面

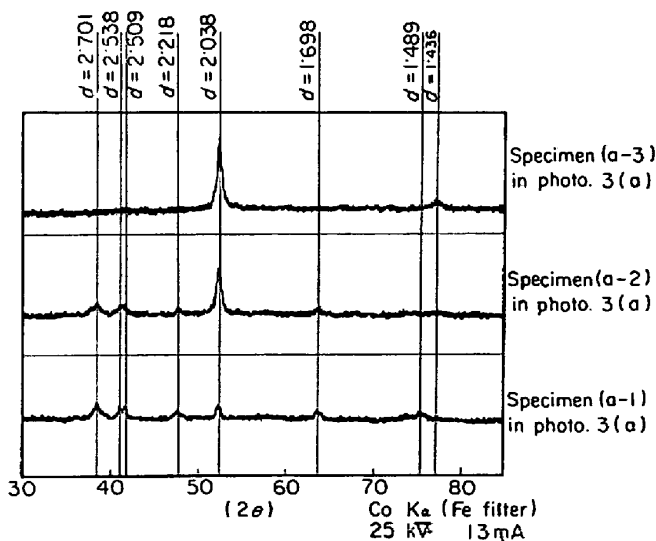


Fig. 8. X-ray diffraction data.

の摩擦熱が大となり多量の酸化物が発生し、この酸化粉末の象眼作用によつて、摩耗を減じている。また耐久特性に関しては荷重が大きくなると、早期にひつき摩耗が起こり、表面肌荒れ状況もはなはだしく悪く、破壊までの寿命は短く、疲労限の低下をきたしている。したがつてアダマイト材質のひつき摩耗は、前報で記述したごとく遊離セメントタイトの形状や分析状態によつては、外力がかかつたとき、これらの遊離セメントタイトあるいは遊離セメントタイトと素地との境界に応力集中で起こりこれらの部分から破壊が起こることにもとづいている。そこでこのひつき摩耗を抑える方向に材質ならびに用途を考慮すれば、耐摩耗性の向上が期待できる。

(3) 特殊鋳鋼はすべり率が低いときは、酸化摩耗が進み急激な変化は認められないが、すべり率が高くなると爆発的なむしれ現象が見られる。また耐久特性に関しては、素地を硬くすることで他の材質に比べて、むしれ現象が長期間抑えられる。したがつてすべりを与えた場合もすべりを含まない場合も、このむしれ現象を抑える方向、すなわち素地に強靱性を与えることによつて、表面破壊をもたらすまでの寿命が伸び、疲労限の向上が期待できる。

(4) ダクタイル鋳鉄はグラファイトの潤滑作用で耐摩耗性が良く、すべり率の変動にも十分耐えられ、接触面に発生する熱的影響が他の材質より軽微であるため、特殊鋳鋼に近い耐久特性が期待できる。

終わりに本研究を遂行するにあたり、試験片を提供された(株)淀川製鋼所に厚く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 吉岡, 山本, 稲数: 鉄と鋼, 54 (1968) 4, p.501
- 2) 機械設計便覧編集委員会: 機械設計便覧 (1958), p. 1944 丸善出版
- 3) 吉岡, 山本, 稲数: 鉄と鋼, 54 (1968) 10, S 563
- 4) LUCCHINI and Ros: Int. Schientagung, Zürich Juni, 1932
- 5) M. B. PETERSON et al.: Sliding Characteristics of Metals at High Temperatures, ASLE Trans., 3-1 (1960), p. 101
- 6) 山本: 日本機械学会論文集, 8-35 (1934), I-98
- 7) 西原, 小林: 日本機械学会誌, 第37巻 第204号
- 8) 朝倉希一: 金属の摩耗 (1948), p. 63 丸善出版
- 9) 西原, ほか: 日本機械学会論文集, 3-13, 5-21, 7-29, 4-15