620.178.162:625.036.7:669.14-15.545

高周波熱処理をした炭素鋼(レール, タイヤ)の摩耗試験について (第2報, 潤滑状態の場合)⁽¹⁾

八 木 明⁽²⁾

On the Abrasion Test of Carbon-Steel (Rail and Tyre) After Hardened
by Means of High Frequency Induction
(The 2nd Report, Under the state of lubrication)

by Akira YAGI

Following the Abrasion test under dry condition which has been reported by the author, in his Report part 1, the ideal combination of the rail and the tyre was researched under the state of lubrication in which 2 or 3 drops of Mobile-oil (No. 40) were supplied every day. The result of this research is reported in this paper.

Without quenching the rail and tyre, no satisfactory effect could be obtained owing to "Pitting".

When both of them were thermoquenched, the weight of wear was very little and the obtained result was very remarkable.

If one of them was quenched the effect was good. But, For the previous two results were good different from each other by both quenched.

1. ま え が き

レールとタイヤの摩耗防止方法として, 焼入れと潤滑油を併用することは, 今日では, もう完全に実用化されたような感であるが, その出発は常識のみから始められたような感を受け, 正直な表現をすれば理想的な組合わせを立証するに足る実験結果はわからないままで使われているようである。

すなわち西原博士を中心とした諸報告⁽³⁾はマンガン含有量の少い炭素鋼であるために, そのままではレールとタイヤの場合には当てはまらないであろうし, また国鉄と住友製鋼が協力して行った標準組織同志の潤

滑状態の場合の実験⁽⁴⁾も接触回数が少いために本当の効果はわからないのではなからうか。

よって筆者は, レールとタイヤの特殊性を考慮して行った第1報⁽⁵⁾の内容を潤滑状態で検討し, この場合の理想的な組合わせを見出そうとした。

2. 試験条件の概要

1. 乾燥状態のときの概要

(a) 試験機と試験片 試験機はアムスラー型で円柱形に削った試験片をばねで圧接しながら回転接触させ, 樹替歯車の操作によって任意のすべりを与えるようにしてある。

第1表 潤滑状態の場合の実験記号

記 号		A	B	D	E	G
組 合 わ せ	レール	標準 (C-5)	標準	標準	800°C 水焼 (C-60)	800°C 油焼 400°C 戻し (C-38)
	タイヤ	標準 (C-19)	800°C 油焼 400°C 戻し (C-49)	800°C 水焼 (C-59)	標準	標準
接 触 ・ 応 力		40~90 kg/mm ²				
す べ り 量		乾燥状態: 各応力に対し 0, 2, 5, 10% の4段階 潤滑状態: 各応力に対し 0, 10% の2段階				

注: 一() の数字はロックウエルの数字

試験材料は、実際の廃材より削り出し、レールは 0.53, タイヤは 0.65 の炭素を含有し、焼入れ (800°C 油焼, 400°C 戻し) を併用したときの組合わせの記号の凡例は、第 1 表に示すとおりで、潤滑状態では英字の下に一印を付し、A のように表わすこととする。

(b) 接触応力 レールとタイヤの接触応力は弾性限界内に限らないが具体的な値は実際の接触跡や諸論文を参照して $\sigma=40.0 \sim 70.0 \text{ kg/mm}^2$ 程度と判断し、試験片の接触応力はヘルツ式で計算して比較の目安とした。

またフランジ部分 (レール頭側部) の応力もタイヤ踏み面 (レール頂部) の応力をそのまま用いてよいと判断した。

(c) すべり量 フランジ部分 (レール頭側部) の接触状態は、掛替歯車の操作によって上試験片の回転数を増し、転動と同時にしゅう動を与えてその割合は最高を 10% とした。

(d) 試験結果の集計 上記の範囲でレールとタイヤは熱処理条件、接触応力、すべりによって個々の組合わせができるが、それぞれの実験は任意接触回数ごとの摩耗量を化学天びんではかって摩耗量、接触回数の関係を求め、この結果から一定接触回数ごとの単位面積から摩耗した比摩耗量を算出し、一つの熱処理の組合わせごとにひとまとめとした比摩耗量、接触応力、すべりの関係から総合した考察を行った。

2. 潤滑条件 以上の乾燥状態のときの試験条件をそのまま潤滑状態におくが、実際のレールとタイヤでの潤滑は油膜を絶やさぬ程度が精一杯であり、また潤滑油もモビール 40 番程度が適当と考えるので、今回はこれのみの試験とし、油の種類はまた改めて検討することとした。

潤滑油の量は予備試験で検討した結果、すべりを 10% 含む 90.0 kg/cm^2 の応力のときでもまだら摩耗に達するまでは 1 日に 2, 3 滴程度を補給すればさしつかえないことがわかったのでこの潤滑量で日夜連続運転を続行した。

3. 試験継続の限度

潤滑下の鋼の転しゅう動接触では 10^6 回接触程度でまだら摩耗を発生するが、レールとタイヤの性格より考えれば、まだら摩耗の発生後でも使用することを余儀なくせられる。

予備実験で、まだら摩耗発生後になお試験を継続す

第 1 図

れば接触面はいよいよ粗悪となり、漸次振動は増大して極端な場合には潤滑油を一瞬にして追い出してしまい、乾燥状態のときよりも悪く——この程度になれば試験機をこわすおそれが十分にある。——なることすらあって全く中止の判断がつかない。

ゆえに第 1 図に示すように、試験片の偏心が ϵ に達し、荷重装置の所で E の変位を与えるようになるから転動のみのときは $E=0.5 \text{ mm}$ ($\sigma \approx \pm 1.0 \text{ kg/mm}^2$) しゅう動を併用すれば $E=1.5$ ($\sigma \approx \pm 3.0 \text{ kg/mm}^2$) を限度として中止の目安とした。

3. 摩 耗 試 験

(標準組織同志の結果)

1. まだら摩耗発生までの経過 第 2 図は新しくレール=0.71, タイヤ=0.69 の炭素を含有する JIS 規格に相当する試験片で行った実験結果を示し、以下この材料の組合わせ記号は A_1 としておく。

これをみれば発生期 (発見は視察によった) までの接触回数も、すべりを入れる目的で早く回わしている上試験片 (タイヤに相当する) よりも、おそい下試験片 (レールに相当する) にまずまだら摩耗を発生していることは従来の報告と一致する。

ただ発生期のやや早いことは、マンガン含有量の比較的に多いこと、毎分接触回数を従来の 2~4 倍にし

第 2 図

たために、試験機自体の振動特性に起因すると考えられるが、これは実用上ではさしつかえない程度である。

2. まだら摩耗発生後の状態 第2図をみるとだいたい接触応力に相応した三つの形がみられるが、いずれにしてもまだら摩耗は発達の一途をたどると見なす方が無難と考えられる。

ここで第2図からまだら摩耗発生以前および発生以後に前記の中止限度に達した場合の比摩耗量を算出して、乾燥状態のときの結果と対比して表わした図が第3図である。

また第4図は第1報に用いた材料のAを立体図表として同様に比較したものであるが、この二つの実験に筆者の定めた中止基準を当てはめれば、だいたい乾燥状態の数分の1になる。

第3図

第4図

したがって、この基準いかんによってその結果も当然変化し、第3図中の $\sigma \approx 90.2 \text{ kg/mm}^2$ の場合は極限を示したのであるが、このように乾燥状態のときよりも悪くなることすらあることに注意すべきである。

3. 実際と本実験の解釈 レールとタイヤに標準組織のままで潤滑することは古くより試みられているが、その効果は乾燥状態の $1/2 \sim 1/4$ 程度を上下して意外に少いことはこの実験で説明できる。

その理由として乾燥状態で非常に荒れている接触面に部分的に油を塗っても効果の薄い⁽⁴⁾こともうなずけるが、全レール上の全タイヤに油を塗り得たとしてもまだら摩耗で接触面があらくなることと実質的に同一ではなからうか。筆者は実験経験からレールとタイヤの接触によって生じる総合的な条件いかんによって効果に変動のあることが、実地調査よりわかっているの

で、これは今後に残った振動を中心としたレール・車両構造の機械力学と潤滑工学の広汎な立場から解かれねばならない問題と考えるのである。

結局A組合わせで摩耗を防止しようとするれば、まずレールとタイヤの接触応力を極力減少($\sigma \leq 50 \text{ kg/mm}^2$)するような軽量、無振動の車両を工夫すべきで、たとえば田中氏らによって報告されたボギー台車の側受支持方法⁽⁶⁾は曲線、直線にかかわらず横圧を減少させる一方法と見なすことができようが、実際の効果については別稿で検討したい。

4. 摩耗試験

(標準対焼入組織)

本項は第1報のB~D, E~Gの組合わせを潤滑した場合で、乾燥状態のときのような極端な一方に傾斜をのける現象は認められないが、組合わせのいかんによってはまだら摩耗の影響を受けることがわかった。

1. タイヤのみ焼入れした場合 第5図はB・D組合わせの一例を示し、焼入れぬレールが摩耗することは前報と変りないが、下記のような特長が認められる。

(a) B組合わせの方がD組合わせよりもはるかに効果的で、ことにB組合わせにおけるまだら摩耗の発見は困難で、かつ発達もおそい。

(b) D組合わせのまだら摩耗による被害はAのときとほとんど変わらず、最低荷重の実験でもかすかながら認められる。

(c) まだら摩耗の発生した傾向はA組合わせのときとよく似ており、発達の一途をたどる傾向がある。

2. レールのみを焼入れした場合 第6図はE・G組合わせの一例を示し、この場合はもともとまだら摩耗の発生し

第5図

第6図

やすい下試験片が焼入れのレールになっているために、タイヤ片は無処理のままでも、摩耗はきわめて少く、実際に応用するのに最も好都合であり、その特長は下記のようなものである。

(a) G 組合わせの方が E 組合わせより有効なことは前と同様である。

(b) E 組合わせでもまだら摩耗の発生は他の場合よりも少ない。

(c) 発生したまだら摩耗もある程度以上は発達せず、まだら摩耗発生の限界応力はこの実験で行った接触応力よりも高いので本報の範囲内では影響はきわめて少ない。

3. 実際と本実験の解釈 以上の結果からいずれか一方を焼入れして最低限度の潤滑さへ保ち得れば相手は無処理のままでも摩耗は著しく減少し、いまだで行った他のいかなる組合わせよりも少く、またこの場合の焼入れぬ方の受ける恩恵は、両者の炭素含有量によって変るであろうから、この点については改めて考究したい。

しかして中でも G 組合わせに相当する“焼入れレールに焼入れぬタイヤを組合わせて塗油する。”ことは現実の理想で、これは過去 2, 3 年前から摩耗の著しい曲線の外軌やポイントなどに部分的に組込まれて塗油しながら試用せられていることに一致している。

第 7 図は第 3 図の考え方でレールとタイヤの摩耗量を対比して表わしたものであるが、かように一方のみを焼入れして潤滑条件下に組合わすことは、焼入れしたもの自体の摩耗は乾燥状態と変りないが、これと組合う材料は焼きを入れなくとも筆者の推定している接触応力の範囲内ではタイヤのフランジ摩耗またはレール頭側部の摩耗を $1/5 \sim 1/10$ に減らすことも可能である。これらの実際効果については第 3 報で一括したい。

第 7 図

5. 摩 耗 試 験

(焼入れ組織同志の場合)

これに相当する DE・BG について実験してみると、乾燥状態のときと同様にいずれも摩耗は少かった。

しかし実験結果を展望すると、G 組合わせでも BG と大差なく、結局この方式が加工費その他を含めても最も利用価値があると思われるので、本報では双方焼入れの組合わせは扱わないこととした。ただし実際として時が進むにつれてレール、タイヤ双方から施工して、この組合わせができ上っても何らさしつかえはない。

6. 結 論

本報で得た結論を一括すると下記のようなものである。

1. A 組合わせはまだら摩耗のために効果は十分に上らず、乾燥状態の $1/2 \sim 1/4$ 程度である。
2. B・C 組合わせのように一方を焼入れることにより相手は焼入れぬままでも摩耗は著しく減少し、摩耗の激しいレール、タイヤでも $1/5 \sim 1/10$ に減少させる可能性がある。
3. ことに G 組合わせは双方焼入れのときとほとんど変わらず、利用価値は大きい。
4. かような一連の特殊処置を用いれば、最大の効果をあげるためにそれぞれの炭素含有量を検討する必要があるように思われる。
5. 実際との関連は第 3 報に一括する。

本報を結ぶに当り御指導を賜った朝倉、山本両博士、有益なヒントとなった西原、斎藤両博士の諸発表文、また実験、調査に協力いただいた身辺の方々に深謝する次第である。

注：一

- (1) 昭和 29 年 10 月 31 日 名古屋臨時大会講演会および昭和 30 年 4 月 7 日 第 32 期定時総会講演会において講演、原稿受付 昭和 30 年 4 月 15 日。
- (2) 正員、工業技術院大阪工業技術試験所。
- (3) たとえば
西原・河本、機械学会論文集、3 巻 13 号 (昭 12-11)
河本・菅原、同上、14 巻 48 号 (昭 23)
西原・遠藤、京大工研彙報、p. 52~56 (昭 27-3)。
- (4) 斎藤省三・山本信公、摩耗試験、137~140 ページ、トキワ書房 (昭 18-3)。
- (5) 筆者、機械学会論文集、21 巻 106 号、436 ページ (昭 30)。
- (6) 田中・日下部・堀部、第 31 期定時総会講演前刷 (昭 29-4-7 第 2 室)、または田中、交通技術、105 号 (昭 30. 4)。