ワイパブレードドラバーの役割と機能について

小林 陽*

Role and Function of Wiper Blade Rubber

Akira KOBAYASHI (Fukoku Co.,Ltd., 6 Showa, Chiyoda-machi, Oura-gun, Gunma, 370-0723, Japan)

Wiper blade rubber is a very important part in the automotive wiper system. Wiper blade is used under the severe environment, then many characteristics are required besides wiping ratio, low-abrasion, low-friction, low-deformation and so on. To satisfy the function, besides the rubber material, surface treatment and coating are also important technologies.

Key Words : Wiper Blade, Blade Rubber, Automotive Parts, Friction, Abrasion, Deformation

1. はじめに

自動車用ワイパの歴史を顧みると、1903年頃は運転者が室内から手でレバー軸を介してワイパブレードを作動させ、ガラス表面を払しょくしていた。その後1920年にTRICO社が動力源にエンジンの吸気圧を利用した吸気式モーターを実用化し、続いて1922年頃にはBOSCH社によりバッテリーを動力源とする電気式ワイパモーターが開発実用化された¹⁾。

その後、ワイパブレードを作動させる動力・機構・ワイパブレードの構造・形状等が工夫改善されてきたが、自動車のガラス表面に付着した雨水・泥水・雪・ほこりなどをぬぐい取る手段としての基本原理は大きくは変わっていない。

ここではワイパシステムの構成、役割、そこに使われるワイパブレードドラバー（以下ブレードドラバー）の役割と機能について述べる。

2. ワイパの構成と役割

ワイパシステムは、ワイパモーターの回転運動をリンク機構を介してワイパアームに伝達させる。ワイパアームは扇形に往復運動し、その先端に取り付けられたワイパブレードがガラス面を払しょくし、ガラス表面に付着した雨水・泥水・雪・ほこり等をぬぐい取る(図1、図2)。

ワイパブレードにはワイパアームから所定の圧力がかかり、バーティブラ(板バネ)により圧力を均一化してブレードドラバーを加圧する(図3)。

実際にガラス表面を払しょくするのはワイパブレードに

取り付けられたブレードドラバーであり、ブレードドラバーは

図1 ワイパシステム

図2 ワイパブレード(トーナメント構造)

*株式会社フコク技術本部、機能品技術部ワイパー技術課(〒370-0723 群馬県邑楽郡千代田町昭和6番地)マネジャー。昭和57年、成蹊大学工学部工業化学科卒業。同年、富国ゴム工業(株)(現、株式会社フコク)入社、現在に至る。専門は、ゴム・エラストマー物性。

図3 ワイパブレード（トーナメント構造）の圧力分布

ワイパシステムの中でも非常に重要な部品といえる。

3. ブレードラバー

ブレードラバーはアームからの圧力を受け、常時ガラスに加圧されている。ブレードラバーとガラスとの接触幅は約 $10\mu\text{m}$ であり、その圧力は $1.3\sim 2.0\text{ MPa}$ となり、自動車タイヤの数倍以上である。タイヤの転がり摩擦に対して、ブレードラバーは潤滑摩擦と時には摩擦の激しい凝着摩擦²⁾を繰り返す。更に日光(紫外線)・熱・酸素(O_2)・オゾン(O_3)・雪や砂塵などにさらされ、かなり過酷に使用される部品の一つである。

3.1 ブレードラバーの要求特性

前記のような環境下で使用されるブレードラバーには、種々の要求特性があり、それを満足させるために、今までさまざまな材質・表面処理および形状が検討されてきた。以下にブレードラバーの要求特性について述べる。

3.1.1 払しょく性 払しょく性はブレードラバーの最も重要な基本特性である。ブレードラバーはガラス面でスムーズに作動し、雨水を払しょくする。そのためリップ部先端のエッジ部が直角であり、長手方向に直線的でなければならない。エッジ部に異物や欠けによる凹凸があると払しょく性は満足しない(図4)。一般にエッジ部に凹凸があった場合、その大きさの約10倍の幅で払しょく性のスジ残りが発生するといわれている(図5)。

また、払しょく時の水膜をできるだけ薄くし、視界を確保

図4 ブレードラバーの断面図

スジ残し

ビビリによるふき不良

浮きによるふき不良

異物

直線性悪

バリ

図5 ふき残しパターン

倒れ過ぎ

最適(45°前後)

立ち過ぎ

図6 ブレードラバーの接触角

図7 厚み寸法違いによる接触角（シミュレーション）

図8 厚み寸法違いによる接触角の変化（シミュレーション）

するためには、ガラスに対する接触面圧力が高い方が有利である。したがって、先に述べた接触幅 $10\ \mu\text{m}$ を維持するにはリップ部とガラス面との接触角（以下接触角）が適切である必要がある。適切な接触角とは 45° 前後とされており^{3, 4)}、おおよそ 20° 以下になるとリップ部側面がガラス面にあたることにより接触面圧が低下し水膜が厚くなり、払しょく性は低下する。逆に 70° 以上になると作動時に倒れが安定せず、スティックスリップ現象⁵⁾（以下ビビリ現象）が発生する可能性がある（図6）。この接触角がブレードの長手方向全体で大きな変化があってはならない。また、気温の変化、特に低温時も柔軟性を維持し、一定の接触角であることが望まれる。

また、寸法精度も重要な要素である。任意の形状でリップ部の厚みとネック部の厚みを中心に対して $\pm 0.1\ \text{mm}$ でシミュレーションを行った結果を図7、図8に示す。リップ部の厚みとネック部の厚みが中心の場合、接触角は 46° であったが、 $\pm 0.1\ \text{mm}$ の範囲では接触角は $29^\circ \sim 53^\circ$ まで変化するという結果である。

3.1.2 静粛性 ブレードラバーはガラス面上をスムーズに動き、ビビリ現象や異音があってはならない。近年、自動車室内の遮音性が高くなってきており、フロントガラスから直接伝わる音は運転者に不快感をもたらす。そのため静粛性も重要な特性といえる。

作動時の音に対して重要な要素は、適度な摩擦抵抗であ

図9 エッジ部の偏摩耗箇所

ることである。摩擦抵抗が高い場合、ワイパブレードが飛び跳ねて大きなビビリ音を発生する場合がある。また、通常の雨で使用するほか小雨のようなガラス面がセミドライ状態で使用すること、及びガラス面のほこりをウォシャー液を使用してぬぐい落とす場合もある。そのため、ウェット状態（流体摩擦領域）に対してセミドライ（混合摩擦から境界摩擦領域）やドライ（乾燥摩擦領域）の状態⁶⁾でも摩擦係数が大幅に増加してはいけない。

ブレードラバーの音にはビビリ音・作動時の擦れ音のほかに反転時の反転音もある。摩擦抵抗を下げてビビリ音・作動時の擦れ音を低減したり、ブレードラバーの形状により反転音を低減させる方策が取られるようになってきている。

3.1.3 初期性能の維持 初期性能とは、主として払しょく性・摩擦抵抗が挙げられる。払しょく性では、耐摩耗性とその摩耗形態が重要である。耐摩耗性が良くないと早期にエッジが摩耗し、払しょく性は低下する。また、長手方向で全般的には摩耗は少ないものの、部分的に摩耗が多い、いわゆる偏摩耗の状態でも払しょく性は低下する。偏摩耗の要因には、ブレードラバー内部の異物やカーボンブラックの分散不良により、その部分が欠落して偏摩耗を起こすようなゴムに起因するものもあるが、ガラス面に付着したタールやピッチならびに鳥のふんの上をワイパブレードが作動する事により、偏摩耗が起こることも多く、ブレードラバーの方からでは対応できない現象もある（図9）。

また、変形により接触角が大きくなり変化してはならない。ブレードラバーは使用せずにガラス面に圧着されている時

間が圧倒的に長い場合、使用する際変形により接触角が変化し、ビビリ現象が発生したり、より変形量が多い場合には、反転不良が発生しワイパブレードが飛び跳ねる場合もある。

ブレードラバーはネック部の厚みは0.4～0.5 mm、リップ部の厚みは0.6～0.7 mmが一般的であり、これらの部分は応力集中しやすく、早期にオゾンき裂が発生しないような配慮が必要である。

3.1.4 周辺への影響 自動車の塗装に対して汚染性がないことが必要である。特に白色系のボディ塗装に対してブレードラバー中の老化防止剤が雨水やウォシャー液等で抽出され、汚染しないように注意が必要である。また、ゴム材中の硬い異物やブレードラバーのはずれやちぎれにより、金具がガラスに当たってガラスを傷つけてはいけぬ。

この他に急激な摩擦抵抗の増加は、ワイパモーターをロックさせる場合があるので、注意しなければならない。

3.2 ブレードラバーのゴム材について

以上のようにブレードラバーの要求特性から、ゴム材としては、低摩耗・低変形ならびに耐オゾン性・低温性・耐汚染性が良好であることが挙げられる。

ポリマーとしては天然ゴム(NR)が多く使用されているが、耐候性・変形性を考慮してクロロブレンゴム(CR)を

NRにブレンドしたものや、摩耗性を考慮しスチレンブタジエンゴム(SBR)をNRにブレンドしたものもある。最近、はっ水のガラス面用としてシリコンゴムも使用されるようになってきた。

3.3 ブレードラバーの摩擦について

これまで述べてきたように、ガラス面上を作動するブレードでは、摩擦抵抗は重要な要素である。ここでブレードラバーの摩擦についてもう少し詳しく述べる。

ブレードラバーの摩擦抵抗は、高すぎる場合にはワイパモーターがロックする場合もあるし、モーターロックに至らない場合でもビビリ現象が現れる場合がある。また、摩擦抵抗が高ければ摩耗の進行も早くなる。

ブレードラバーの摩擦抵抗を下げる手段としては、ハロゲン化に代表される化学的表面処理とコーティングのような物理的処理がある。

3.3.1 ハロゲン化処理 ハロゲン化処理については、1988年Gladstone⁷⁾により報告されて以来、多くの研究がなされてきた⁷⁻⁹⁾。ハロゲン化処理の代表的なものに塩素化処理がある。EPMA分析では塩素は表面から約10 μm の範囲に分布しており、表面の2～4 μm が硬化膜となっていることがわかる(図10)。塩素は付加量の増大に伴い摩擦係数の低減効果がある(図11、図12)。ただし、塩素

図10 ギュム表面の塩素の確認 EPMA, SEM像+線分析

(○: NR, ●: CR/NR = 50/50)

図12 摩擦係数と処理時間の関係

(○: NR, ●: CR/NR = 50/50, 塩素ガス濃度 50 vol%, 蛍光X線条件: 照射面積 0.9 cm^2 , 管球電圧 50 kV, 管球電流 40 mA, 照射時間 10 s)

図11 塩素ガス処理による塩素付加量と処理時間の関係

図13 摩擦係数、ふきレベルと表面処理状態の関係(概念図)

の付加量が多くなると適正なガラス面との接触角が保てなくなったり、表面硬化によりガラス曲面への追従が悪くなり、払しょく性が低下する。したがってハロゲン化処理は摩擦係数と払しょく性を考慮して適正な幅で管理しなければならない(図13)。

3.3.2 コーティング 近年、低摩擦化や低摩擦の長寿命化を目的にハロゲン化処理のみでなくコーティングを使用することが多くなっている。以前から一部のブレードラバー用にコーティングはされていたが、以前のものはブレードラバーのゴム材との密着性が弱く、すぐにはがれてしまうものが多かった。最近は摩擦係数の高い水のガラス面にも対応できる低摩擦のコーティングや長寿命のコーティングが使用されつつある(図14, 図15)。

測定条件：洗浄面，30秒散水作動ののち5分間断水作動，500 mm
ワイパブレード(コーティング無)，アーム押圧：16.7 N/m

図14 ワイパブレードの摩擦負荷(実車)

測定条件：洗浄面，30秒散水作動ののち5分間断水作動，500 mm
ワイパブレード，アーム押圧：16.7 N/m

図15 ワイパブレードの摩擦負荷(実車)コーティングの有無の関係

図16 コーティングの概念図

コーティングは一般に固体潤滑剤とバインダーから成り、固体潤滑剤は摩擦抵抗を下げる目的で使用され、グラファイト(黒鉛)・二硫化モリブデン・フッ素樹脂(PTFE)などがある。バインダーは固体潤滑剤をブレードラバーのゴム材に密着させること及び被膜の強度を上げることを目的に使用され、ゴム系や樹脂系のものがある。固体潤滑剤とバインダーは溶剤に溶かして塗布するのが一般的である(図16)。

固体潤滑剤の比率が高くなると摩擦係数は下がるが、相対的にバインダーの比率が低くなり、ゴムとの密着性は低下し、耐久性が低下する。逆に固体潤滑剤の比率が低くなると摩擦係数は下がらず、バインダーの摩擦係数の影響が高くなる。

また、コーティングの付着は基本的にブレードラバーのエッジに対して異物となりうるため、コーティングの塗布についてはエッジの直線性を損なわないように考慮しなければならない。

4. 寒冷地専用ブレード

今まで一般的なワイパブレードについて述べてきたが、ここで寒冷地専用ブレードについて述べる。

寒冷地専用ブレードは、ウィンターブレード・スノーブレードと呼ばれ寒冷地で冬期に使用される。特徴としては、氷雪によるレバー金具の凍結を防止するために、レバー金具を包むカバーがあることと、ブレードラバーのネック部などの凍結を防止するために、ブレードラバーの断面形状が凹凸のない単純な形状になっている点である(図17)。

カバーの材質は耐候性を考慮してCRが多いが、最近は熱可塑性エラストマーのものもある。

5. ブレードラバーの今後について

数年前からフラットブレードとかビームブレードと呼ばれる新しい構造のワイパブレードが使用されるようになってきた¹⁰⁻¹²⁾。この目的は外観性向上と高速性能の向上である。構造としてはワイパブレードのレバー金具が大幅に

図17 ウィンターブレードの構造例

図18 フラットブレード

図19 フラットブレードの圧力分布

減少またはなくなっており、ブレードラバーの上面に高速での浮き上がり防止のための、風受け面(フィン機能)を設けているのが特徴である(図18)。

このようなブレード構造になると従来のトーナメント構造と比較して圧力分布が悪くなる傾向があり、ブレードラバーの接触角が変化しやすい方向である(図19)。圧力分布を均一にするようにワイパブレードの設計上で方策も取られている。具体的にはパーティブラ(板バネ)の板厚や幅を長手方向で変化させたりしているものもある¹³⁾。ブレードラバーとしては圧力の変化に対し払しょく性や摩擦係数が変化しにくくする工夫が必要である。

6. ま と め

ワイパブレードが自動車のガラス表面に付着した雨水・泥水・雪・ほこりなどをぬぐい取る手段として、今後も基本原理が大きく変わるとは考えにくい。

しかしながら、自動車室内の遮音性向上やワイパシステ

ムの変化、ワイパブレード構造の変化に伴ってブレードラバーには、今まで以上に長寿命・低摩擦・静粛性の要求が高まり、それらのバランスを取っていくことが必要となってくる。

References

- 1) Wiper iinkai: "Jidousya-yo Wiper Souti no Gijutsu Manual", Nippon Jidousya Buhin Kougyoukai, Tokyo (1977)
- 2) Yamamoto, Y.; Kaneta, M.: "TRIBOLOGY", Rikougakusya, Tokyo, p.190 (1998)
- 3) Kogure, Y.: *Nippon Gomu Kyokaishi*, **65**, 287 (1992)
- 4) Jidousya-Gijutsukai: "Jidousya no Tribology", Youkendou, Tokyo, p.326 (1994)
- 5) Yamamoto, Y.; Kaneta, M.: "TRIBOLOGY", Rikougakusya, Tokyo, p.46 (1998)
- 6) Yamamoto, Y.; Kaneta, M.: "TRIBOLOGY", Rikougakusya, Tokyo, p.8 (1998)
- 7) Gladstone, J. H.; Hibbert, W.: *J. Chem. Soc., Trans.*, **53**, 679 (1988)
- 8) Newkirk, A. E.: *J. Am. Chem. Soc.*, **68**, 2467 (1946)
- 9) Thompson, D. C.: "Mechanical Molded Goods, Neoprene and Hypalon", E. I. DuPont de Nemours, Wilmington, DE (1955)
- 10) Kotlarski, T.; Merkel, W.; Leutsch, W.; Schmidt, T.: Jpn. Kohyou Tokkyo Koho 2001-502638 (2001)
- 11) Merkel, W.; Leutsch, W.; Kotlarski, T.; Don, F.: Jpn. Kohyou Tokkyo Koho 2001-504778 (2001)
- 12) Merkel, W.; Kotlarski, T.: Jpn. Kohyou Tokkyo Koho 2001-504779 (2001)
- 13) Swanepoel, A. R.: Jpn. Kohyou Tokkyo Koho 2002-527286 (2002)

日本語表記参考文献

- 1) ワイパ委員会：自動車用ワイパ装置の技術マニュアル，日本自動車部品工業会，東京（1977）
- 2) 山本雄二，兼田楨宏：トライボロジー，理工学社，東京，p.190（1998）
- 3) 小暮勇治：日本ゴム協会誌，**65**，287（1992）
- 4) 自動車技術会：自動車のトライボロジー，養賢堂，東京，p.326（1994）
- 5) 山本雄二，兼田楨宏：トライボロジー，理工学社，東京，p.46（1998）
- 6) 山本雄二，兼田楨宏：トライボロジー，理工学社，東京，p.8（1998）
- 10) コトラースキー，T.，メルケル，W.，ロイチェ，W.，シュミット，T.：特表2001-502638（2001）
- 11) メルケル，W.，ロイチェ，W.，コトラースキー，T.，ドン，F.：特表2001-504778（2001）
- 12) メルケル，W.，コトラースキー，T.：特表2001-504779（2001）
- 13) スワンポール，A.，R.：特表2002-527286（2002）

*

*

*

*

*