

摩擦係数安定銅フリーブレーキパッド

Copper Free Brake Pads with Stable Friction Coefficient

光本 真理 Masamichi Mitsumoto

開発統括本部 社会インフラ関連材料開発センタ 高機能部材開発部

1 概要

自動車のブレーキには、回生協調や自動ブレーキなどの高度な制御システムの導入が進んでいる。これらのシステムにはブレーキ制動力の安定性が欠かせないため、ブレーキパッドには摩擦係数の安定化がますます求められている。同時に、ブレーキパッドが含有する素材の環境適合性への要求も年々厳しくなっており、特に北米では銅の使用規制が2021年から段階的に開始される^{1,2)}。

これらの要求に対し、銅の持つ熱伝導性や高温での潤滑機能を複数の素材で補完するとともに、制動前後で摩擦面の成分変化を小さくする改良で、摩擦係数を安定化させた銅フリーブレーキパッドを開発した。開発品はブレーキ鳴きや異音の発生も少なく静粛性に優れる。

Highly controlled brake systems such as “regenerative brakes” and “automatic brakes” have become common for automobiles over the past few years. It is essential for the new brake systems to maintain stable brake force, so the stability of friction coefficient generated by brake pads is becoming increasingly important. On the other hand, requirements for eco-friendliness of materials contained in brake pads are getting tighter, and regulations to eliminate copper will start in North America from 2021^{1,2)}.

To cope with this situation, we have developed “copper free brake pads with stable friction coefficient” by substitution of alternative materials to perform copper functions, such as thermal conductivity and lubricating property, and improvement to reduce the component change of the friction surface before and after braking. As an additional result, we have achieved brake noise reduction.

2 製品の特徴

- ・銅を含有しない(2025年 北米銅規制適合)
- ・高温制動や多湿放置に対して摩擦係数が安定
- ・ブレーキ鳴き、異音が発生し難い

3 開発の経緯

銅は1000℃を超える融点を有するとともに延性が高いため、摩擦界面に皮膜を形成し(図1)、ブレーキパッドの熱伝導率、および耐摩耗性を高める(図2)。この点から、銅はブレーキパッドに必須な素材と考えられてきた。しかし、制動で排出される摩耗粉に含まれる銅が河川の水質を汚染するとの懸念から^{3,4)}、ブレーキパッドに含有される銅を2021年には5 wt%以下、2025年には0.5 wt%以下とすることが北米で義務づけられた。

さらに、高度なブレーキシステムの普及に伴ってブレーキパッドの摩擦係数安定化が従来以上に要求されている。また、駆動系の静粛性が格段に向上したEVやHEVではブレーキ鳴きや異音の低減に対する要求水準も高まっている。ブレーキ鳴きや異音は、摩擦係数の上昇や1回の制動中の摩擦係数の変化によって発生するため、摩擦係数の安定化が重要である。

これらを背景として、摩擦係数の安定性を付加価値とする銅フリーブレーキパッドを開発した。

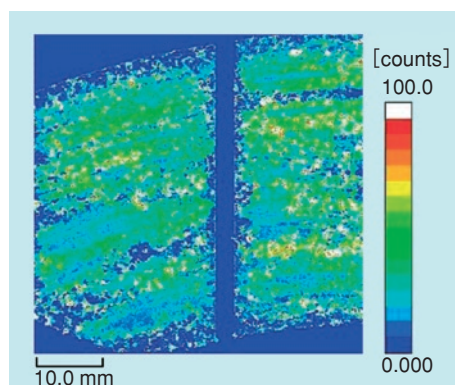


図1 500℃制動後にブレーキパッド表面に形成された銅の皮膜(EDX)

Figure 1 Copper layer on the brake pad formed after 500°C braking (EDX)

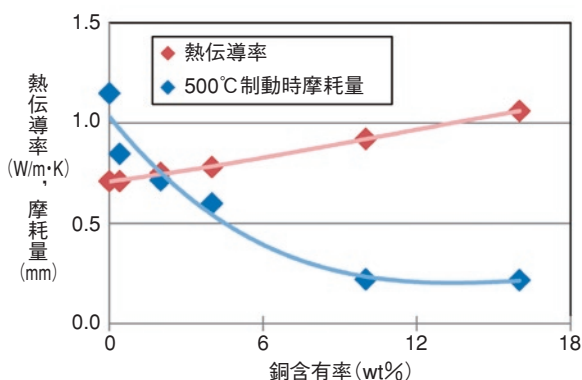


図2 銅の減量によるブレーキパッドの熱伝導率、耐摩耗性の低下

Figure 2 Lowering of thermal conductivity and wear resistance of brake pad by copper reduction

4 技術内容

製品特性

表1に示すように、開発品は銅を含有する現行品と同等水準の熱伝導率、耐摩耗性を有する。また、高温制動履歴前後の摩擦係数の変化が従来品より小さく、多湿放置後の摩擦係数上昇も小さい。その結果、ブレーキ鳴きや異音の発生も少なく、現行品に対して優れる。

達成手法

熱伝導率の向上を目的とし、黒鉛化度が高く、粒径の小さい黒鉛⁵⁾を選定するとともに、摩擦係数を保持できるように添加量を最適化した(図3)。

また、高温潤滑性の向上を目的とし、チタン酸塩の種類を最適化した。チタン酸塩は成分や結晶構造によって融点や摩擦特性が異なる⁶⁾。本開発品では銅と融点が近く、層状の結晶構造を有するチタン酸塩を選定し、高温潤滑性を高めた。

銅は相手材である鋳鉄製ディスクロータに対する金属間凝着力が高いため、図1、および図4-Aに示すように、現行品は500℃制動後に過剰な金属皮膜を形成した。一般的に、金属間の摩擦は界面温度等の外乱に対して摩擦係数の変動が大きいため⁷⁾、銅や鉄皮膜を過剰に形成すると摩擦係数の安定性を損なう。本開発品で銅の代替材に選定した黒鉛や層状の結晶構造を有するチタン酸塩は鉄との凝着性が低く、過剰な金属皮膜の形成を抑制できる(図4-B)。その結果、本開発品は制動条件や制動履歴等の外乱に対して摩擦係数が安定であり、ブレーキ鳴き、異音の低減も達成した。

表1 開発品の一般特性

Table 1 General properties of the new product

項目	単位	現行品	開発目標	開発品
銅含有率	wt%	15 <	0	0
熱伝導率	W/m・K	1.0	1.0	1.0
摩擦係数の安定性	高温制動前	30 km/h 2.9 m/s ²	—	0.40
		50 km/h 2.9 m/s ²	—	0.42
		100 km/h 2.9 m/s ²	—	0.46
		200 km/h 5.8 m/s ²	—	0.31
	高温制動後	30 km/h 2.9 m/s ²	—	0.45
		50 km/h 2.9 m/s ²	—	0.48
		100 km/h 2.9 m/s ²	—	0.46
		200 km/h 5.8 m/s ²	—	0.30
	多湿放置後*	5 km/h 1 MPa	—	0.58
			≤ 0.50	0.49
摩耗寿命**	—	○	○	○
ブレーキ鳴き・異音**	—	○	◎	◎

*30℃、相対湿度75%環境下で6時間 **社外委託した実車評価

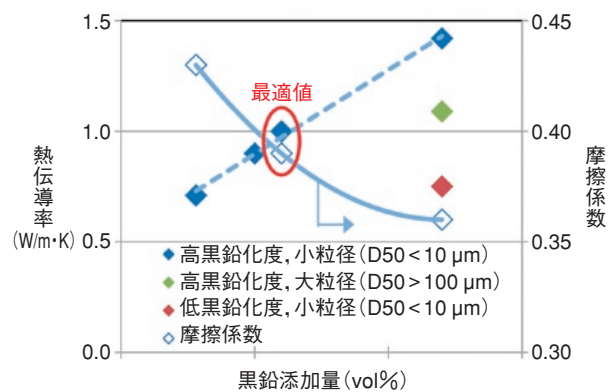


図3 黒鉛の黒鉛化度、粒度、添加量の最適化

Figure 3 Optimization of degree of graphitization, size and contents of graphite

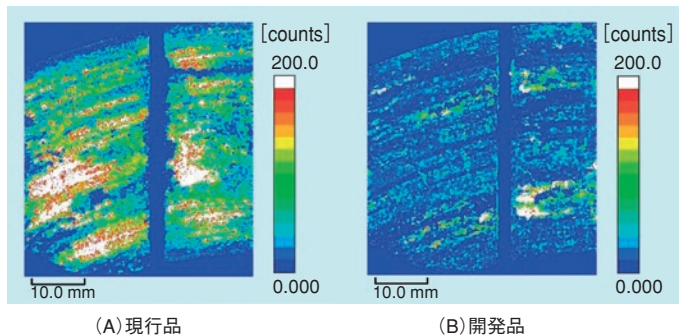


図4 500℃制動後にブレーキパッド表面に移着したディスクロータ由来の鉄の分布(EDX)

Figure 4 Iron distribution on the brake pad from disc rotor after 500 °C braking (EDX)

5 今後の展開

・開発品量産開始 ・高負荷車への銅フリーブレーキパッド適用拡大

【参考文献】

- 1) Washington State Senate Bill SB6557, An act relating to limiting the use of certain substance in brake friction materials
- 2) California State Senate Bill SB346, Hazardous materials: motor vehicle brake friction materials
- 3) Copper Action Plan Report, City of Palo Alto Regional Water Quality Control Plant(2007)
- 4) Engberg, C. C., The Regulation and Manufacture of Brake

- 5) Pads: The Feasibility of Reformation to Reduce the Copper Load to the San Francisco Bay, Stanford University (1995)
- 6) 三宅幹夫, 他: 新・炭素材料入門, (株)リアライズ社, pp.47-49(1996)
- 7) Kosuke Inada, Minoru Aki and Yoshinori Yamamoto: Relationship between powder properties of titanate compounds and brake performance, SAE technical paper 2005-01-3925(2005)
- 7) F. P. Bowden, D. Tabor: The Friction and Lubrication of Solids, Clarendon Press, Oxford, pp.33-121 (1986)