

Dy・Co フリー高耐候性 Nd 系ボンド磁石

新宅 雅哉* 久米 泰介** 榛葉 和晃*** 大瀧 拓弥***

1. はじめに

愛知製鋼では世界最強クラスの磁力を有する Dy・Co フリーNd 系ボンド磁石（商品名マグファイン®（MF））を製造・販売している。一般的な Nd 磁石は希土類、特に重希土類である Dy の調達先を中国に依存している。一方で、MF は重希土類フリーであり、Nd は中国産以外も使用している調達安定性に優れた Nd 系ボンド磁石である。磁石には、磁石粉末（磁粉）を焼き固めた焼結磁石と、樹脂で結合させることで固めたボンド磁石があり、それぞれ表 1 に示すような特徴を有している。

表 1 ボンド磁石と焼結磁石の特徴

種類	ボンド磁石	焼結磁石
磁力	中（～0.9T）	高（～1.4T）
加工性	高、樹脂と同じ射出及び圧縮成形が可能	低、基本は切削
組付け	圧入、インサート成形	接着材を使用
主な形状	リング等 3 次元形状	基本は板状

MF の高い加工・組付け性による工程簡略化の提案等によって、これまでに電動工具・車載用シートモータやドローン等に採用されてきた。

本報では、2024 年 9 月に供給体制を確立した高耐候性を付与したマグファイン®について紹介する。

2. マグファイン®の耐候性

用途にもよるが、モータは高温下の過酷な環境に長時間曝されることが多く、特に車載用はその傾向が顕著である。一般的に磁石は酸化や腐食が起ると磁力が低下し、トルク等のモータ特性の低下を招いてしまうため、車載用をはじめ多様なモータに採用されるためには磁石の耐候性を高める必要がある。ここでの耐候性は、耐酸化性と耐腐食性の両方を指す。従来 MF は 80℃の大気下であれば長時間放置しても一定以上の磁力低下は起こらないが、130℃以上では経時的な磁力低下が起こってしまっていた（図 1）。この

ような曲線的な磁力低下は外挿での予測の信頼性が低いため、モータの設計が困難になり、お客様にとって使い勝手が悪い磁石となっていた。

また、モータは大気下以外にも高温高湿な雰囲気下や熱水中等のさらに過酷な環境で使用されるケースもある。MF の適用用途を拡大し、お客様にとって使い勝手の良い磁石とするためには、大気下だけでなく熱水中等の幅広い環境を想定した耐候性向上が必要である。

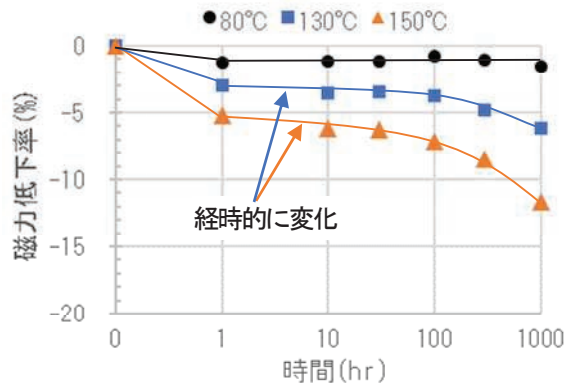


図 1 従来 MF の大気下での耐酸化性

3. 高耐候性マグファイン®の開発

ボンド磁石の耐候性を向上させるためには、酸化と腐食の 2 つの劣化モードに対応する必要がある。

一般的に Nd 系磁石では Co 等の添加元素によって腐食電位をコントロールし、腐食反応が進行しないようにすることで耐腐食性を付与している。実際に車載用電動ウォーターポンプ等の熱水中で使用される Nd 系ボンド磁石には数%の Co が添加されていることがほとんどである。しかし、Co は特定国でのみ採掘される調達リスクのある材料であり、調達安定性の面で問題がある。また、高価な元素である点も競争力を下げてしまうため、本方策は好ましくない。

そこで酸化、腐食の原因である酸素、水等からコーティングにより磁石粉末を保護する方法を検討した。コーティングは成形後のボンド磁石に対して施す方法と原料である磁粉に対して施す方法があるが、今回は磁粉に施すことに

*スマート事業統括部 機能材事業室 **スマート生技製造統括部 機能材技術室

***部品開発部 EV モータ要素開発室

した。磁石の成形（射出成形）はお客様で実施される場合もあり、磁石コーティングはお客様の負担が増えるためである。

磁粉のコーティングには、酸などによって磁粉表面を改質して皮膜を形成する方法と、エポキシ樹脂などを磁粉表面に塗布して被覆する方法がある。いずれも比較的安価に実施することができ、調達安定性にも影響を与えないため、これらの方策を採用することにした。

磁石にとって最も過酷な環境である熱水中でも腐食を抑制するためには、非常に高い耐腐食性が要求される。種々検討した結果、単層のコーティングだけでは十分な耐腐食性を確保できないことが分かったため、多層コーティングを施すことで耐腐食性を確保した（図2）。なお、本コーティング技術は特許出願済みである。

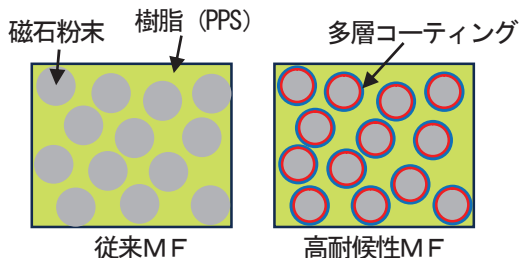


図2 従来、高耐候性MFのイメージ図

4. 高耐候性マグファイン®の特性

従来MFと今回開発した高耐候性MFの大気下での耐酸化性試験結果を図3に、熱水中での耐腐食性試験結果を図4に示す。大気下では150℃まで加熱しても長期間にわたって経時的な磁力減少はほぼ起こっておらず、耐酸化性が向上したことが確認できた。また、熱水中においても80℃での経時的な磁力低下は起こっておらず、1000hr時点での磁力低下を従来MFに対して14%改善できた。

表2に従来MFと高耐候性MFの磁気特性を示す。ここで B_r は磁力を、 iH_c と bH_c は磁力の耐熱性（保磁力）を示す指標であり、いずれも望大特性である。今回開発した技術は磁粉へのコーティング技術であり、コーティングする磁粉の種類に応じて高保磁力タイプと高磁力タイプの2種類の磁石がある。

高耐候性MFは磁石組成の見直しも同時に行っているため、従来MFに対して磁力が6~9%向上している。これらの磁力は熱水中での使用を想定した高耐候性Nd系ボンド磁石の中でもトップクラスの値であることを確認している。

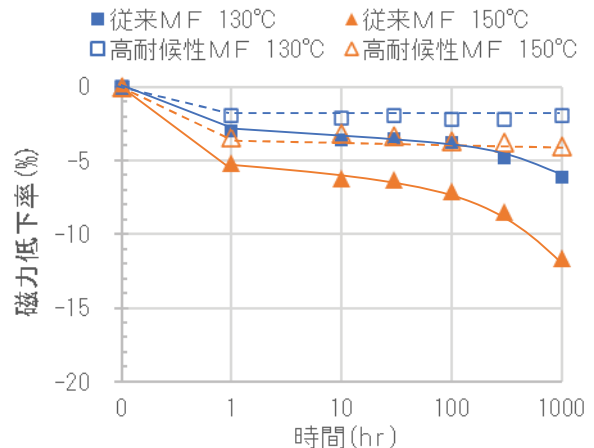


図3 従来、高耐候性MFの大気下での耐酸化性

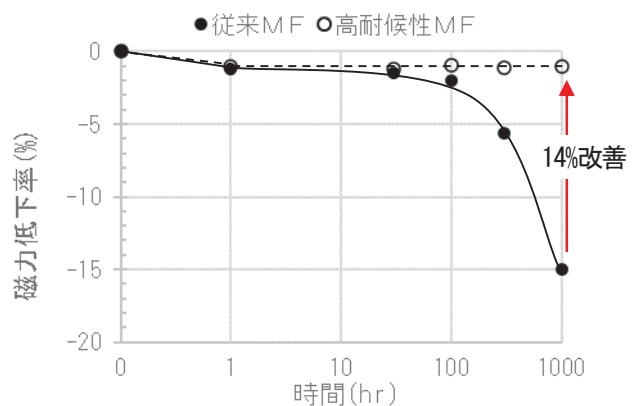


図4 従来、高耐候性MFの耐腐食性

試験条件：80℃@50% L L C水溶液

L L C：自動車用ロングライフクーラント

表2 従来、高耐候性MFの磁気特性(代表値)

	特徴	B_r	iH_c	bH_c
		T	kA/m	kA/m
高耐候性MF	高保磁力	0.69	1350	490
	高磁力	0.73	1060	490
従来MF	高保磁力	0.65	1260	450
	高磁力	0.67	1020	440

5. おわりに

今回Dy・Coフリーの高耐候性Nd系ボンド磁石を開発した。本商品は高温大気、熱水中で長期間にわたって磁力を安定させることが可能であるため、モータ設計のし易さが改善されており、お客様にとって使い勝手の良い磁石とな

っている。また、特定国に偏在している資源を用いておらず、従来MFと同様に調達安定性に優れている。

本商品は24年9月よりサンプル提供を開始しており、電動ウォーターポンプなどの過酷な環境で磁石を使用する用途に展開を検討している。

今後も顧客ニーズをくみ取りながら磁石開発を継続的に行い、需要の増える電動車の主機・補機用モータの商品力向上に貢献していきたい。