

ボンド磁性材料のイノベーション

日本ボンド磁性材料協会
会長 芳賀 美次



1980年代の10年間は、ボンド磁石にとって急速な発展期にあった。1980年にはボンド磁石専用の磁場射出成形機が世界で初めて上市され、同時期に化学会社から磁性コンパウンドの外販が始まった。これによって多くのエンブラ成形メーカーが、ボンド磁石事業に参入し、それまで蓄積した高い成形加工技術が、ボンド磁石に活かされ、多種多様な成形磁石が誕生した。圧縮成形磁石も81年頃には、Sm-Co系を中心に大きく進展した。圧延成形や押出成形によるボンド磁石は、70年代から実用化されていたが、80年代で磁力が向上し、応用製品もさらに多様化した。磁石粉末では、異方性ボンド磁石用ストロンチウムフェライトが、80年から83年頃までに安定した品質に改良され、1983年に発表されたネオジム系磁石は、高性能な等方性用磁石粉末として、86年から供給が可能になった。90年頃には、HDDR法によるネオジム系異方性磁石粉末の製法が発表され、同年に発表されたSm-Fe-N系磁石粉末も90年代前半には上市された。この様にこの約10年間は、ボンド磁石の磁力を向上させるいくつかのイノベーションがあり、加工技術や応用製品においても基本的な技術基盤が完成した時期であったと言えるでしょう。また生産数量の成長率は、ベースが低かったこともあって、毎年2桁成長であり、各社大勢の人員を投入し活力に満ちていた。しかし、1990年のバブル崩壊と2000年頃から始まった、ボンド磁石の海外生産移転によって、日本におけるボンド磁石関係者が、大幅に減少した。さらに海外生産移転によって、研究部門と生産現場が離れることになった。一般的に研究・技術部門と現場が離れると、現場

に起こっている問題点や新しい研究課題が見えにくくなり、技術の強化や進展が遅くなる傾向がある。現在のボンド磁石にも、一部このような状況があって、イノベーションが起りにくくなっているのではないだろうか。

ところで、ボンド磁性材料産業を活気つけるイノベーションとは、何だろうか。何をどの様に行ったら、イノベーション的と言えるだろうか。現役の皆さんは、常にこの課題を念頭に置かれていることと思うが、筆者も考えてみたいと思う。

考える前に、イノベーションについてふれておきましょう。イノベーションは、1911年にオーストリア出身の経済学者シュンペーターによって提唱され、日本では、1958年の「経済白書」で初めて「技術革新」と翻訳された。シュンペーターの提唱から100年経とうとしているにもかかわらず、今日においてもイノベーションという言葉が聞かない日か、無いくらいである。百科事典の「ウィキペディア」によると、「イノベーションとは、新しい技術の発明だけではなく、新しいアイデアから社会的意義のある新たな価値を創造し、社会的に大きな変化をもたらす自発的な人・組織・社会の幅広い変革である。つまり、それまでのモノ、仕組みなどに対して、全く新しい技術や考え方を取り入れて新たな価値を生み出し、社会的に大きな変化を起こすことを指す」と書かれている。

この様な定義を読むと尻込みしたくなりますが、それでも現役の皆さんが、考えるきっかけに

なって欲しいという願いを込めて、思いつくままいくつかの項目を列記してみたい。これらの項目は、技術的裏付けが乏しいため、原理的に問題があったり、コストが合わない、価値が低いなどの問題の他、既に研究済み・実用化済みのものもあると思うが、ボンド磁性材料と成形品のイノベーションにつながることを期待して述べてみたい。

1. ボンド磁石に強磁場応用の可能性

近年の超伝導技術の発達に伴って10T（テスラ）級の強磁場が簡単に利用できるようになってきている。10Tの強磁場で研究されている例を見ると、磁化率が小さい有機・無機の反磁性体や常磁性体にも興味深い挙動が見られる。例えば、結晶性高分子の配向制御、結晶成長、磁気分離などが活発に研究されている。また、主鎖に芳香環を含有する高分子繊維は、いずれも繊維軸が磁力線の向きと平行に磁場配向する。ボンド磁石のバインダーとして使用されている樹脂のPPS繊維も配向する。これは、芳香環が磁場に対して平行となる配向が、エネルギー的に最も安定しているからである。グラファイトやカーボン繊維、カーボンナノチューブ、窒化ホウ素粉末なども配向する。この様な強磁場をわれわれが関係するボンド磁石の成形加工に有効に応用出来ないだろうか。

1) フレキシブルボンド磁石の配向度の向上

筆者が以前、フェライト系フレキシブル磁性コンパウンドを磁場射出成形を行い、高性能なボンド磁石を得ようと試みたことがある。配向磁場は、1T程度であったが、熔融粘度が高いためか配向度が低く、磁力の弱い成形品しか得ることが出来なかった。5T、10Tの強磁場は、射出成形機では無理だとしても、押出成形では可能ではないだろうか。高い熔融粘度と強磁場の配向に及ぼす力関係は、どの様になっているだろうか。

2) 軟磁性粉の局所高濃度化成形の可能性

磁性流体に磁石を近づけると磁場が発生した部分に微粒子の磁性粉が集まってくる。同様に、軟質磁性粉を樹脂に低濃度に充填した軟磁性コンパウンドを強磁場成形すると、局所的に磁性粉を高濃度化・異方化させることが出来ないだろうか。もし可能であれば、ノイズ抑制を必要とする部分

に磁性粉を集め、あるいは配向させノイズ抑制効果を高め、その他の部分は軽量で機械的特性に優れた成形品が得られる可能性がある。

2. 希土類磁性コンパウンド製法への超臨界流体応用の可能性

磁性コンパウンドは、押出機などで樹脂を溶融し磁粉を添加し混練している。この時高温のため、多少なりとも樹脂や磁粉が酸化劣化する。特に微細な希土類系磁粉は、酸化劣化したり、発火したりして性能が大きく低下することがある。Sm-Fe-N系磁粉は、200℃を越えると、酸化や脱窒素が起こり性能が低下する。磁粉が一旦樹脂に包まれると酸素が遮断され、酸化劣化が起こりにくくなるので、コンパウディングは極力低い温度で行いたい。この低温コンパウディングで酸化を防止する方法として、超臨界炭酸ガス流体が応用出来るのではないだろうか。

超臨界流体とは、気体と液体が共存できる限界の温度・圧力（臨界点）を超えた状態にあり、通常の気体、液体とは異なる性質を示すユニークな流体である。この流体は、どこにでも忍び込む気体の性質（拡散性）と、成分を溶かし出す液体の性質（溶解性）を持っている。二酸化炭素（炭酸ガス）は、臨界点が比較的低い温度、圧力（31.0℃、72.8気圧）であることと、毒性がなく安全なため使い易い。（株）日本製鋼所の特許に磁性コンパウンドの製法ではないが、「微細フィラー混合材料の製造方法」に、バインダーになる樹脂として、ポリアミドやPPS樹脂も含まれている。

耐熱性の高い希土類磁性コンパウンドの製法に、超臨界炭酸ガス流体が応用できないだろうか。

3. インサート成形による高耐熱性磁石の成形加工方法

自動車や電動工具などに、高い磁力と耐熱性に優れたボンド磁石が望まれている。Dy10%添加されたネオジム系焼結磁石は、現在200℃まで長期使用が可能と言われている。またPPS樹脂にガラス繊維（GF）を40%充填した材料のUL温度インデックスもやはり200℃位である。この両材料を使用して耐熱性磁石成形品を得ることが出来ないだろうか。まず焼結磁石を切削し、磁力が必要な部分に、必要最小限のサイズに

して、これをGF40%入りPPSコンパウンドを使用して射出成形機でインサート成形して得られたものは、やはり200℃に耐える磁石成形品になるという考え方である。この種の磁石成形品は、現在市場で見当たらないが、既に日本の会社から特許が出願されている。

4. 二色成形・多層成形の磁性材料成形品への応用

特性の異なる材料を組み合わせることで多層化することによって、単層では出来ない高い性能が得られることがよくあり、応用例も増えている。成形加工機とその周辺装置が進化し、いろいろな製品を加工出来るようになってきているが、ボンド磁性成形品への応用が少し遅れている様にも思える。コスト要因もあると思うが、いろいろなアイデアを投入して多様な応用製品の開発が望まれる。

1) 二色成形磁石の小型モーターロータへの応用

2006年5月16日の当協会の技術例会で、日立金属(株)の三田正裕氏が、「二色成形磁石回転子のモーターへの応用」について講演を行った。エポキシ系バインダを使用し、圧縮成形したロータであるが、ボンド磁石と圧粉磁心を一体化成形する技術である。この方法で得た磁石回転子は、ピーク磁束密度や着磁ピッチ、外径振れ等のばらつきが少ない優れた特性を実現した例である。

2006年12月8日のJABMシンポジウムでは、三菱電機(株)の松岡篤氏による、「高効率化を可能にする樹脂鉄心モーター」に関する講演があった。ルームエアコンなどに搭載するブラシレスDCファンモーターは、低騒音と省エネの両立が課題になっている。この課題をモーターのロータを二色成形することで改善しようとした例である。ロータの内側に軟質磁性粉末と樹脂を混練したコンパウンドを射出成形機で成形し、その外側に希土類ボンド磁石を一体化成形することで、省エネ・低騒音化を改善している。

この種の応用製品は、まだまだあるのではないだろうか。

2) 電磁波遮蔽の高性能化

軟質磁性シートと金属箔、例えばアルミ箔などを片面に貼り付け二層にしたり、中間に入れて

三層にすることでノイズを反射・吸収し、より高性能な電波遮蔽シートができるのではないだろうか。ロールによる多層成形だけではなく、射出成形でも金属箔を必要な部分に貼り付ける成形が、今は容易にできることから、高性能な電磁波遮蔽成形品が出来る可能性が高い。この種の多様な製品は、もっと市場に出ても良いのではないだろうか。

5. 射出成形型内表面蒸着の電磁波遮蔽可能な成形品への応用

2006年5月19日のJABM技術例会において、(株)日本製鋼所の西田正三氏が、金型内で複数の成形品を1つの成形品に組み立て可能なDSI(Die Slide Injection)と多材質成形法についての講演を行った。この中で自動車の方向指示ランプの反射面に、ステンレスのスパッタリングを行い成膜するシステムの紹介があった。この方法は、現在メッキで電磁遮蔽を行っている部分に応用出来るのではないかと思う。さらに成形材料を軟質磁性粉を充填した透磁性コンパウンドにすると、ノイズの反射と吸収を同時に行うことが出来る可能性もある。

以上、いろいろな可能性を思いつくまま述べてみた。これらの1つが実用化されても、ボンド磁性材料のイノベーションにはならないと思うが、多くの人のアイデアで、沢山の新しい技術が実用化されれば、業界が活性化し、全体としてイノベーション的になるのではないかと思う。経済情勢が低迷している現状で、1社では重荷のばあいは、数社で行えば可能な場合もある。研究費が多く必要とする場合は、国からの支援も可能かも知れない。協会の仲介が必要なきには、その方法を検討し、対応が可能と思う。皆さんがお仕事の計画書を作成されるときに、意識して新しいテーマも組み入れたらどうでしょうか。毎年、何かが新しくなっていれば、製品の価値が高まり、競争力も強化される。厳しい経済情勢のもとで、会員の皆様が大変ご苦労されていることと推察するが、勇気を持って革新的テーマも取り上げ、ボンド磁性材料業界の活力を高めて欲しいと願っている。