

TODAY

**理事長就任のご挨拶****一般財団法人金属系材料研究開発センター****理事長 井上 昭彦 (新日鐵住金株式会社 代表取締役副社長)**

このたび、当財団の理事会において、理事各位のご推挙により、理事長に就任いたしました。

当センターは、1985年に創立され、現在推進中の「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」を始めとする金属系材料の研究開発や「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」、6月に採択が決まった「超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業」などの省資源・省エネルギー技術開発、リサイクル技術開発、地球温暖化防止技術開発等、国の施策に沿った多くの技術開発に関わってまいりました。これまでの間、当センターの運営と発展に尽くされた諸先輩並びに会員各位に深く敬意を表したいと思います。

現在、我が国の科学技術開発は、国が定めた第5期科学技術基本計画の3年目にあたり、ここに掲げられた Society5.0 の実現、イノベーションによる社会の改革をめざした開発が着実に進みつつあります。こうした中、そのような新しい社会をも支えていく金属産業においても IoT 技術などを活用した新たな材料設計技術、材料製造技術が求められつつあります。一方、地球温暖化問題、資源問題等、グローバル対応等、従前からの重要な課題に対

しても継続的に対応することが必須であり、これらの諸課題に技術開発の面から積極的に対応し、国際的競争力を保ちつつ、継続的な発展が我々に求められているわけです。ここにおいて当センターが果たす役割は大きいものがあると言えます。

我が国の産業の将来に向けての更なる発展を実現するために、金属系材料分野を中心とする技術開発を、企業間連携または大学、国立研究所など連携も視野に入れて継続的に推進していくことが必要であると考えております。このような点において、当センターはオープンイノベーションによる開発を実施してきており、これらを通じた人材育成にも寄与してまいりました。これらの企画・推進を更に進めていくことが当センターの重要な役割であると思っております。

このような技術開発を推進するため、経済産業省を始めとする関係機関のご指導並びに会員各位のご協力により、当センターの使命達成に貢献できますよう、微力ながら尽力する所存であります。

今後、一層のご支援とご協力をお願いいたします。就任のご挨拶とさせていただきます。

WMM2018 国際会議

高効率モーター用磁性材料技術研究組合

主席研究員 谷川 茂穂

1. はじめに

高効率モーター用磁性材料技術研究組合の技術調査活動として6月12日(火)～14日(木)の期間ドレスデン(独)で開催された技術シンポジウム「WMM2018」に参加し、軟磁性材料の技術動向調査を実施したので、その概要を報告する。

2. 会議の概要

WMMは、IMF(Institute of Metal Forming)と英国磁気学会が主催する、金属材料科学をベースとする軟磁性材料(電磁鋼板が主)に関するシンポジウムである。2004年から2年毎に過去7回欧州で開催されている。2012年までの5回は全てドイツのフライベルグで、2014年は英国のカーディフで2016年はイタリアのローマで開催された。本年度はフライベルグに近いドレスデンのArt Hotelを会場にして開催され、欧州のエンジニアや研究者を中心とする約150人の参加者があった。



講演会場 ドレスデン市街地 ツヴァインガー宮殿

3. 軟磁性材料の生産量

図1は、英国電気学会資料による2016年度の世界の軟磁性材料の生産比率であり、電磁鋼板が全体の96%を占める。なお総生産量は、1200万トン/年となっている。電磁鋼板では、主として配電トランスなどに応用される方向性電磁鋼板が192万トン(16%)に対し、モーター・発電機などに応用される無方向性電磁鋼板が960万トン(80%)と圧倒的に多い。

無方向性電磁鋼板の生産量は、対2004年比150%であり過去12年間に1.5倍の伸びを示している。その他4%の軟磁性材料の生産量は50万トンで、その内訳を総生産量より算出し、図2に示す。低損失金属軟磁性材料アモルファス合金の2016年の生産量は、約6万トンで、12年間で3倍の伸びを示している。用途分野は、ほぼ100%トランスである。

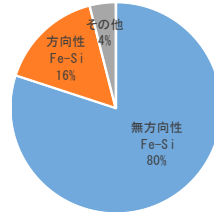


図1 軟磁性材料の生産比率

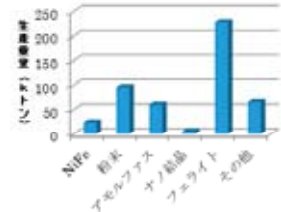


図2 軟磁性材料の生産量 (Fe-Si 除く)
(英国電気学会資料より算定)

4. シンポジウム講演の概要

オーラル講演の機関別の比率を図3に示す。企業からの講演が約7割を占める。図4に講演機関の地域別の比率を示す。欧州66%、アジア16%、北米13%、南米5%となっており、欧州以外の大部分の講演は招待講演で構成されている。日本からは招待講演で新日鐵住金が、方向性電磁鋼板の先端技術の講演を行った。中国からは、首都鋼鉄と宝山鋼鉄から、それぞれ2件の電磁鋼板に関する講演があった。内3件は、無方向性電磁鋼板に関するものである。

材料別の講演比率を図5に示す。電磁鋼板に関する講演が全体の71%を占め。方向性電磁鋼板と無方向性電磁鋼板の比率は、おおよそ1:2であった。

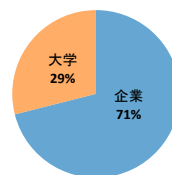


図3 機関別講演比率

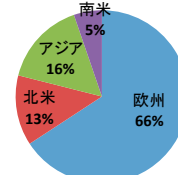


図4 地域別講演比率



図5 材料別講演比率

5. 機関別の講演概要

【宝山鋼鉄のモーター用無方向性電磁鋼板】

宝武鋼鉄集団の粗鋼生産量はアルセロールミタルに次いで世界第2位である。電磁鋼板の本格的な生産は1990年代始めより開始し、ここ20年間で急速に技術力を高めている。車載用駆動モーター用途では、高磁束密度、低損失、高強度が要求されており、鋼板の薄板化、高抵抗化、高強度化をバランスよく実現することに注力している。それに伴う製造コストの増加を抑制する、生産効率の高いプロセス技術の開発を実施している。図6は、生産効率を高めてコストを抑制する、鋳造から中間素材までのプロセス技術のトレンドを示したものである。ストリップ

キャスト法 (STC) による、薄板鋳造技術が中国メーカーで採用されている。STC による製造コストの低減の指標が表 1 に開示されている。

図 7 は宝山鋼鉄で開発された無方向性の電磁鋼板の磁束密度 (B_{50}) と鉄損 (@1T/400Hz) の関係を示すマップ図であり、図中の AHV-M シリーズが EV 用途向けに開発された新製品であり、日本国内のトップメーカーの高性能品と、ほぼ同等の性能が実現されている。

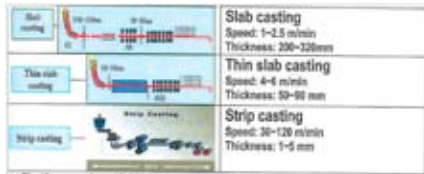


図 6 鋳造技術のトレンド¹⁾

表 1 コスト指標の比較¹⁾

コスト項目	プロセス	全投資	重量当たり投資
スラブ鋳造+圧延	100	100	100
薄型スラブ+圧延	90~100	27~33	45~55
ストリップキャスト	135~165	9~11	55~65

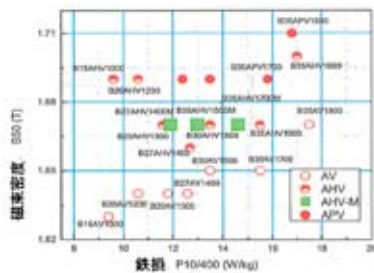


図 7 製品マップ図¹⁾

1) S.Xie ら ; Proc. of WMM'18; P.524 ~ に基づく

【POSCO のモーター用無方向性電磁鋼板】

韓国最大の鉄鋼メーカー POSCO は、HyperNO シリーズを商品化し、その生産能力を年々拡大している。2017 年末で、260 万台の電動自動車の製造に対応可能な量産ラインを構築したとの事である。講演では主に、量産品の品質安定性について品質管理データをもとに解説。先端技術に関するトピックスとして、接着積層コアの紹介があった。接着積層プロセスで従来の TIG 溶接に比較し、鉄損 (1T/400Hz) は 14%、 B_{50} は 3.2% 改善する。ただし日本では既に燃料電池車の駆動モーターコアに一部採用されている技術であり、金型内での打ち抜き接着積層装置が金型メーカーで商品化されているので、特に新規な先進技術ではない。

表 2 接着積層による性能改善²⁾

	TIG 積層	接着積層
鉄損 (w/kg)	19.4	16.7
B_{50} (T)	1.54	1.59

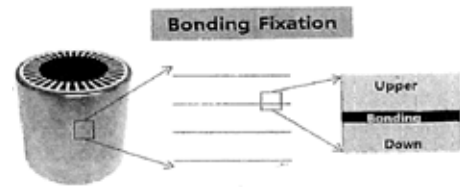


図 8 接着積層プロセス²⁾

2) S.Lee ら ; Proc. of WMM'18; P.34 ~ に基づく

【Fe 基アモルファス材料】

米国メトグラス社からは、Fe 基アモルファス材料と Fe 基ナノ結晶材料に関する材料の紹介があった。表 3 に Fe-Si-B アモルファス薄帯の特性を示す、飽和磁束密度は電磁鋼板に比較し約 20% 低いが、保磁力は Fe-3% Si に比較し約 1/6 であり、また板厚が約 $25 \mu\text{m}$ と標準的な電磁鋼板の 1/10 程度で、ヒステリシス損失、渦電流損失がともに低いので、高効率な配電トランスの巻き磁心として普及している。アモルファス材を応用したモーターは、国内の装置メーカーからフェライト磁石とアモルファスコアを組み合わせたアキシシャルギャップ構造の圧縮機用モーターとして商品化されているが、これ以外での量産事例は、ほとんど無いのが現状である。講演内で、ラジアルギャップ構造に適用できるアモルファスコアの加工技術を研究開発中とのアナウンスがなされたが、具体的な技術内容は言及されなかった。

アモルファス材は、メルトスピニング法による超急凝固プロセスにより、溶湯を高速回転する単ロール上で連続鋳造し、得られた薄帯をスプール上に巻き取ることにより製造される。一方 Fe 基のナノ結晶材料は、連続鋳造したアモルファス状の薄帯をポスト熱処理し、10~20nm の微細結晶を析出させることにより、優れた軟磁性を発現させる。FT-3 (商品名ファインメット[®]) は、Fe-Si-B-Nb-Cu 系の材料で、アモルファス相中に微細な Fe-Si 結晶が析出したナノ構造組織を有する。主に 100~1kHz の周波数帯域で使用される受動部品などに応用されている。一方高 B_s ナノ結晶材は、Fe-Si-B-Cu 系のナノ結晶材料であり、結晶相が bcc-Fe であるため、既存のナノ結晶材ファインメット[®] と比較し高い飽和磁束密度が得られるという特長がある。この材料は、現在開発途上にあり、次世代軟磁性材料として期待されている。また国内の研究機関で、企業と共同で Fe-Si-B-Cu-P 系の高 B_s ナノ結晶材料 (ナノメット) の実用化研究が進められている。

表 3 Fe 基アモルファス材料³⁾

	B_s (T)	H_c (A/m)	ρ ($\mu\Omega\text{m}$)	λ_s (ppm)	板厚 (μ)
2605SA1	1.56	1.2	1.3	27	23.5
2605HB1M	1.63	1.1	1.2	27	25.0

3) E.A. Theisen; Proc. of WMM'18; P.448 ~

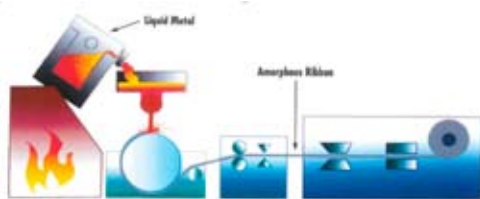


図9 アモルファス合金の製造プロセス
(出展：メトグラス社技術資料より)

【高Bs Co-Fe系結晶材料の開発と応用】

VAC社(独)からは、Co-F系およびFe-Ni系材料の開発状況に関する講演がなされた。Fe-50Co-2Vに代表される薄板材料は、これまで材料コストなどの制約から航空機に搭載する高パワー密度の発電機用途などの限定された分野で使用されてきたが、近年ハイエンドの電動自動車などへの応用が模索されている。鋼種の選択肢を広げることや自動車用途向けに材料特性を最適化することが求められており、顧客要求に対応する材料開発が進められている。VACODUR49は、Nbを微量添加した高Bsのバルク軟磁性材料で、40A/mの低保磁力と400MPa以上の高い降伏応力を有する。図10に、VAC社で製造されている各種Fe-Co系材料の飽和磁束密度と電気抵抗をパラメータにして示す。(図中には、Fe、Fe-Si、Fe-Si-CrなどのCoフリーFe系バルク材料をFe-Coとの比較で示す。)

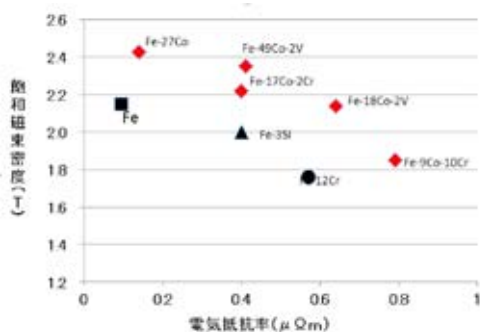


図10 Fe-Co系軟磁性バルク材料⁴⁾

4) N.Vollbers; Proc. of WMM'18; P.43 ~に基づく

【薄板電磁鋼板によるモータ性能評価】

世界最大の鉄鋼メーカーアルセロールミタルは、モータ用に特化した材料開発をおこなっており商品名iCARE[®]として実用化している。開発した電磁鋼板iCARE[®]を用いて設計したモータ性能の解析結果に関する講演があった。iCARE[®]の材料特性に関する情報は開示されていない。iCARE[®]SabeおよびiCARE[®]Torqueの2グレードの材質が上市されてお

り、Sabeは低損失材、Torqueは高B材と推定される。いずれも、従来材(板厚350μm)に対し板厚が200~300μmと薄く設定されている。

図11に示す、磁石をロータに埋め込んだ永久磁石同期モータのステータおよびロータコアに新材料を適用したモデルモータのトルク密度およびモータ効率、鉄損などを自社で開発した電磁解析ソフトを用いてシミュレートしたモータ性能評価結果が紹介された。

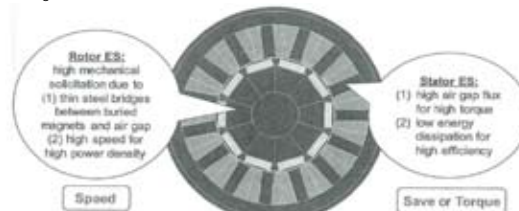


図11 PMモータの解析事例⁵⁾

5) S.Jacobsら; Proc. of WMM'18; P.553 ~

【PMGの軟磁性粉末材料】

粉末冶金メーカーのPMG(独)からは軟磁性粉末焼結および圧粉磁心に関する講演があった。この分野では、材料技術における大きなブレークスルーはここ数年見られない。製造プロセスで、SLM、EBW、3-D screen printingなどによる、Additive Manufacturingプロセスが欧米を中心に盛んに検討されている。永久磁石を含む磁性材料の新しい製造プロセスとして、Additive Manufacturingが注目されているが、製品形状が磁石材料より複雑な軟磁性コア材料の製造に適したプロセスとして、今後の進展が期待される。

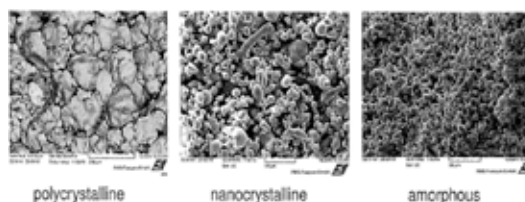


図12 各種軟磁性粉末⁶⁾

6) A. Schoppaら; Proc. of WMM'18; P.389 ~

6. おわりに

軟磁性金属材料に特化したシンポジウムは本学術講演会を除いてほとんど無いため、今回ワールドワイドの軟磁性材料メーカーの最新技術動向に関する情報を入手することが出来、有意義なシンポジウムであった。

The Japan Research and Development Center for Metals
JRCM NEWS / 第382号

内容に関するご意見、ご質問はJRCM総務企画部までお寄せください。
本書の内容を無断で複製・複製・転載することを禁じます。

発行 2018年8月1日
発行人 小紫正樹
発行所 一般財団法人 金属系材料研究開発センター
〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11 東洋海事ビル6階
TEL (03)3592-1282 (代) / FAX (03)3592-1285
ホームページ URL <http://www.jrcm.or.jp/>
E-mail jrcm@oak.ocn.ne.jp