

NKK has developed a wide variety of state-of-the-art flat-rolled products in response to demands from both domestic and overseas customers. This paper introduces typical new products for use in automobiles, electric appliances, can making, and enameling that were developed by NKK in the last decade based on its continuous annealing technology.

1. はじめに

当社が世界に先駆けてシート用連続焼鈍ライン (NKK-CAL) を実用化して四半世紀が経過した。その間、日本の自動車産業の成長・発展と生産拠点の海外進出の動きは目覚しく、当社の薄鋼板は自動車メーカーのニーズに応える形で量の拡大と品質の向上を果たした。とりわけ1990年代以降は、北米におけるCAFE (Corporate Average Fuel Economy) 規制の動きを機に、省エネルギー、地球環境保全、リサイクルなどのグローバルな視点と、衝突安全性などの乗員保護の視点での車作りが強く求められるようになり、構造設計・材料技術・生産技術が一体となった、いわゆる Simultaneous Engineering による車作りを視野に入れた技術開発を推進した。その結果、自動車を構成する(1) ボディーパネル、(2) シャシー足回り部品、(3) 安全強度部品、(4) 駆動系部品のおのおのについて特長ある商品を開発・商品化するとともに、高強度鋼板を高精度で成形加工する技術、CAE による部品の成形難易評価と鋼板選定技術、加工部品の接合技術、部品の衝突安全性能評価などに関しても独自の技術開発を進めた。

一方、1980年代後半より当社は薄板分野における新規事業開拓の一環として、無方向性電磁鋼板や高 Ni 合金鋼薄板などの高機能薄板市場への参入を果たした。とくに、1990年以降の省ヒート・省エネルギー・省コストの

強さとしなやかさを演出し世界をリードする薄鋼板

一方、サイドメンバーやセンターピラーなどボディの内板骨格部品には、1990年代に入り車体の衝突性能向上の観点から 590MPa 級を超えた高強度冷延鋼板の適用検討を進めた。とくに、ボディ下部の骨格部品には防錆性能の観

当社は、1990年代初頭高強度鋼板のプレス成形技術として期待された対向液圧成形法が抱える、生産性が低くプレ

の相反する要求を満足するため、鋼を高純度化して結晶粒径の適正化を図ることで、ヒステリシス損の大幅な低減を可能にした。鋼の高純度化として MnS 低減による粒成長性向上に着目し極低硫化した。さらに、極低硫化に伴い発生する表層窒化を防止するため界面偏析型の元素を添加した。0.5mm の BF および BFA-CORE の磁束密度-鉄損特性を Fig.9 に示す。JIS グレードに比べ BF および BFA-CORE は大幅に高磁束密度、低鉄損化が達成されている。

BF-CORE はモータの高効率化を実現した。その一例として電動パワーステアリング (EPS) 駆動用モータへの適用が挙げられる。EPS は従来の油圧パワーステアリングに比べ 3~5% の燃費改善が見込まれるが、操舵性に影響するモータ空転時のトルク発生 (ロストトルク) を抑えるため、ヒステリシス損の低い材料が求められる。BF-CORE を DC ブラシレスタイプの EPS モータに適用してロストトルクを比較した結果を Fig.10 に示す。40% 程度のロストトルク低下が確認された。BF-CORE は EPS 以外にもハイブリッド電気自動車の駆動モータなどに使用され、自動車のエコ技術を支える材料として期待される。

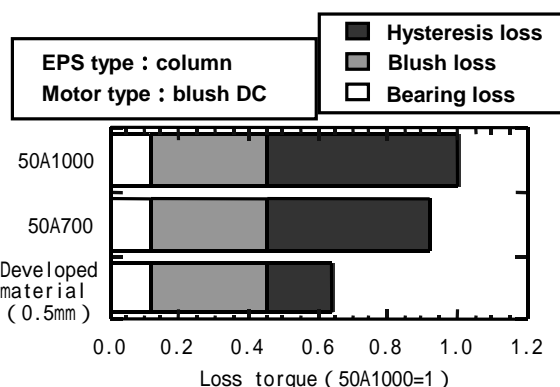


Fig.10 Improvement of loss-torque in EPS motor

4.2 高けい素電磁鋼板

当社は、高周波鉄損が極小でかつ磁歪がゼロとなる 6.5% けい素鋼板の量産技術の研究に取り組み、世界で初めて化学気相蒸着法 (CVD) を用いた 6.5% けい素鋼板の連続製造技術の開発に成功した。1993 年に連続 CVD ライン (NKK-SEL) を稼働させ、6.5% けい素鋼板 (商品名; スーパー-E コア) の量産を開始した。さらに、CVD の特長を生かして板厚方向に Si 含有量を変化させた傾斜高けい素電磁鋼板 (商品名; スーパー-HF コア) を開発した^{19),20)}。スーパー-HF コアは板厚方向でけい素の濃度勾配を形成させることで表皮効果を誘起し、20kHz 以上の周波数でスーパー-E コアより鉄損を 20~30% 低減することに成功した。

Fig.11 に 6.5% けい素鋼板用 CVD 法の原理を模式的に示す。CVD 法では冷間圧延された 3% けい素鋼板を無酸化雰囲気中で加熱しながら鋼板表面に 4 塩化シリコン (SiCl₄)

を供給することで、鋼板表面の鉄と SiCl₄ 中の Si の置換反応によって、表層に Fe₃Si を形成させる。その後無酸化雰囲気中での均熱処理で Fe₃Si 中の Si を鋼板内部へ均一に拡散させて 6.5% けい素鋼板を得る。

Fig.11 Principal of CVD method in NKK-SEL

スーパー-E コアは、板厚 0.1mm と 0.05mm を生産しており、その代表的磁気特性を Table 1 に示す。たとえば、10kHz の高周波鉄損は同じ板厚の方向性電磁鋼板に比べ約 1/2 であり、無方向性電磁鋼板の 40% 減の極めて優れた特性を有する。また、騒音の原因となる磁歪は方向性電磁鋼板の 1/10 程度であり、一般無方向性電磁鋼板に比べると約 1/80 まで低下する。

今日、スーパー-E コアは高周波低鉄損および低騒音材料として、太陽光発電、無停電電源、インバータおよび高速モータなどに使用されている。

Table 1 Magnetic properties of NK Super E Cores

5. テレビ用薄鋼板の創生とその技術展開

当社は 1970 年代に業界に先駆けてカラーテレビシャドウマスク用 Al キルド鋼板を商品化した。1980 年以降のマルチメディア化時代の到来に対応して、長年培ってきた高純度鋼の溶製技術を生かし、更に最新鋭の冷間圧延機ならびに光輝焼鈍設備を駆使して、高精細ディスプレイ、大画面 TV 用にアンバー合金薄板を始めとするマスク材の開発を手がけ、量産化に成功した²¹⁾。Fig.12 に CRT に組み込まれる各種機能性薄鋼板の構成と、磁気シールド性に優れたインナーシールド材、防爆バンド材など、新規開発商品を模式的に示す。

5.1 Al キルド系シャドウマスク材

シャドウマスク材は、主にフォトリソグラフィ、プレス前焼鈍、曲面プレス成形、黒化処理の工程を経て製造されるため、材料の極限までの高純浄性と材質均一性が要求され

Fig.12 NKK's new steel sheet products for CRT

る。カラーテレビの開発当初はリムド鋼が用いられていたが、曲面プレス成形時の透過むら(伸びむら)の問題より、降伏伸びを抑制し組織が均一なAIキルド鋼板(NKTV-X)を開発した。その後、NKTV-Xはプレスマスクの代表的商品として高い信頼を得るとともに、1990年代以降も低保持力化、連続焼鈍化などの課題に取り組んだ。

5.2 シャドウマスク用アンバー材

シャドウマスク用アンバー材については、基本となる低熱膨張特性以外にも、シャドウマスク材の製造工程に応じた多くの材料特性が要求される。当社では、電気炉と炉外精錬プロセスをベースとした高純度化技術、高精度な形状制御機能を備えたホットストリップミル(熱間圧延機)および広幅、高精度冷間圧延機(12段レバースミル)を駆使し、シャドウマスク用アンバー合金の溶解からエッチング原板コイルまでの高品質、高歩留まりの一貫製造体制を確立した。アンバーシャドウマスクの拡大写真の一例をFig.13に示す。当社材においては、介在物に起因する穿孔不良は見られず、エッチング性は良好である。最近では、テンションマスク用途での高強度化、磁気シールド性向上やコンピュータディスプレイ用途での超低熱膨張化といったユーザーニーズに合致した商品開発を展開している。



Fig.13 Appearance of fine pitch CDT Invar shadow mask

5.3 インナーシールド材および防爆バンド材

これらのTV用金属部材は、電子ビームの照射精度をミクロン単位まで高めるために優れた地磁気シールド性が求

められる。当社は、TVの使用条件を考慮した磁気特性として非履歴透磁率に着目した開発を進めた。Fig.14にセットスイッチ投入時の消磁過程における金属部材の磁化履歴を示す。交流消磁過程では、材料は地磁気によるバイアス磁界が重畳した状態でマイナーループを描くため、消磁後ではB-Hカーブの原点には戻らず、材料特性に応じた非定常な磁化状態となる(図中の)。このため、ブラウン管の地磁気シールド性を高めるために部材に要求される特性は通常透磁率(図中の-の傾き)よりも、非履歴透磁率(図中の-の傾き)を高めることが重要である²²⁾。こうした発想に基づき、鋼板の成分、ミクロ組織の最適化により非履歴透磁率を高めたインナーシールド材を始め、張力付加によるクリープ変形が少ないフレーム用高強度鋼板、高強度と優れた磁気特性を併せ持つ防爆バンド用鋼板の商品化に成功した。

上記した開発商品の性能を十分に発揮させるためには、各部材のブラウン管内での構成、配置を考慮した計算機シミュレーションなどの解析による磁気シールド性の総合設計技術の駆使も重要なため、これらの技術を商品設計に反映させている。

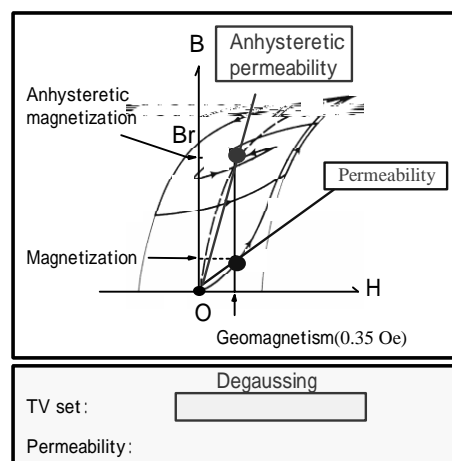


Fig.14 Schematic diagram showing T₁(matic 9-5.749 35 Tm0 0 0

6. その他の主な薄鋼板の技術開発と商品展開

6.1 缶用鋼板

1990年代以降、缶用鋼板では環境問題への対応、他素材対抗のためのコスト競争力強化、差別化技術を中心とした鋼板開発を進めてきた。

環境問題への対応では、従来の塗装に替えてフィルムラミネート鋼板の利用が指向され、2ピース缶ではPETラミネート鋼板を用いたストレッチドロー缶²³⁾が開発された。これはフランジに高いしわ押さえ圧を加え、それで生じる高張力下での曲げ・曲げ戻しで薄肉化を行う製缶方法であり、フランジ巾均一化のため鋼板には従来以上の耳発生抑制が求められた。これに対し、Fig.15に示す耳発生を集合

強さとしなやかさを演出し世界をリードする薄鋼板