
スポット溶接の可能な複合型制振鋼板「ノンビブラ」

Spot-Weldable Composite Damping Steel Sheets "NONVIBRA"

篠崎 正利 (Masatoshi Shinozaki) 松本 義裕 (Yoshihiro Matsumoto) 西田 稔
(Minoru Nishida) 入江 敏夫 (Toshio Irie) 古川 幸夫 (Yukio Furukawa) 高崎
順介 (Junsuke Takasaki)

要旨：

鋼板と鋼板の間に粘弾性樹脂を挟み込んだ複合型制振鋼板は制振能力が良く、しかもその加工性が普通鋼板にほぼ近いことから注目を集めている、しかしスポット溶接性に劣ることが大きい欠点であった。この点を解消するために、樹脂にグラファイトを添加することにより従来と同じ方法で電気抵抗溶接できる複合型制振鋼板 NONVIBRA を開発した。グラファイトの役割は溶接初期に通電パスを設けることにあり、臨界半径と臨界量は樹脂厚に依存する。グラファイト添加による損失係数や接着強度への悪影響はない。

Synopsis：

Composite damping steel sheets which are composed of two steel-sheet skin layers and a centrally disposed viscoelastic resin layer have been attracting attention. The composite damping steel sheets have better damping ability than that of other types of damping sheets and similar formability to that of conventional steel sheets. Therefore, they are expected to be widely used for many machinery and equipment components. The composite damping steel sheets, however, have poor spot-weldability, because their core resins have no electric conductivity. A few methods of welding performance have been proposed to resolve such trouble. Kawasaki Steel has developed a spot-weldable composite damping steel sheet NONVIBRA by adding graphite particles to resin layers. A role played by graphite is to provide a current path at the beginning of spot welding. A critical radius and critical amount of graphite particles for this purpose depend on the thickness of the resin layer. Graphite in the resin layer does not affect other characteristics such as the loss factor and adhesion.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

篠崎 正利*² 松本 義裕*³ 西田 稔*⁴ 入江 敏夫*⁵ 古川 幸夫*⁶ 高崎 順介*⁷

Spot-Weldable Composite Damping Steel Sheets “NONVIBRA”

Masatoshi Shinozaki, Yoshihiro Matsumoto, Minoru Nishida, Toshio Irie, Yukio Furukawa, Junsuke Takasaki

要旨

鋼板と鋼板の間に粘弾性樹脂を挟み込んだ複合型制振鋼板は制振能力が良く、しかもその加工性が普通鋼板にほぼ近いことから注目を集めている。しかしスポット溶接性に劣ることが大きい欠点であった。この点を解消するために、樹脂にグラファイトを添加することにより従来と同じ方法で電気抵抗溶接できる複合型制振鋼板 **NONVIBRA** を開発した。

グラファイトの役割は溶接初期に通電パスを設けることにあり、臨界半径と臨界量は樹脂厚に依存する。グラファイト添加による損失係数や接着強度への悪影響はない。

Synopsis:

Composite damping steel sheets which are composed of two steel-sheet skin layers and a centrally disposed viscoelastic resin layer have been attracting attention. The composite damping steel sheets have better damping ability than that of other types of damping sheets and similar formability to that of conventional steel sheets. Therefore, they are expected to be widely used for many machinery and equipment components. The composite damping steel sheets, however, have poor spot-weldability, because their core resins have no electric conductivity. A few methods of welding performance have been proposed to resolve such trouble. Kawasaki Steel has developed a spot-weldable composite damping steel sheet **NONVIBRA** by adding graphite particles to resin layers.

A role played by graphite is to provide a current path at the beginning of spot welding. A critical radius and critical amount of graphite particles for this purpose depend on the thickness of the resin layer. Graphite in the resin layer does not affect other characteristics such as the loss factor and adhesion.

1 緒 言

自動車に使用される薄鋼板の種類は多く、冷延鋼板を例にとっても絞り用鋼板、深絞り用鋼板、超深絞り用鋼板、P添加鋼板、Dual phase 鋼板、析出強化鋼板あるいは超高張力鋼板など7種もある。この外に熱延鋼板および表面処理鋼板を含めると20を下らない種類の薄鋼板が要求に応じて使われていることになる。

最近、自動車の騒音規制や車室内の居住性改善の面から制振鋼板の要求が高まってきた。すなわち上述した自動車用薄鋼板とほぼ同等の機械的性質を有しながら、制振性能が飛躍的に優れた鋼板の開発が要請された。このようなニーズは自動車業界だけでなく、家電、産業機械、OA 機器あるいは造船や橋梁など多方面から出されている。当社はこの要求に応じて薄鋼板の間に粘弾性樹脂を挟み込んだ複合型制振鋼板 **NONVIBRA** を開発した。構成は似ているが樹脂の種類と厚さの異なる軽量鋼板 **RIVER LAMINATE** を併せて開発し、これらを複合鋼板と呼ぶことにした。両者の主な相違点を **Fig. 1** と **Table 1** に示す。

一般に双晶型、転位型あるいは強磁性型などの防振合金¹⁾に比べて、複合型制振鋼板は最も重要な特性である制振性能においてはるかに優れており、防振材料として最も好ましい材料といえる。また複合型制振鋼板を普通鋼板と比較すると **Table 2** のようになる。すなわち複合型制振鋼板の制振性能は普通鋼板の $10^2 \sim 10^3$ 倍高く、

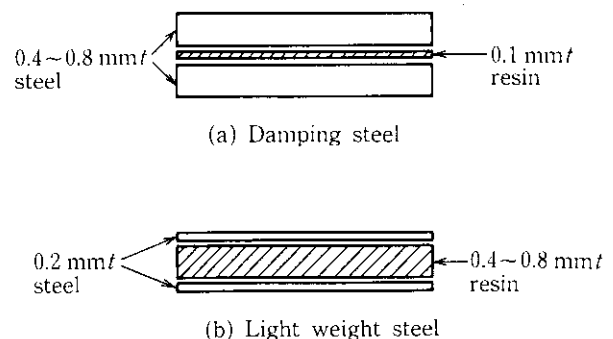


Fig. 1 Two types of composite steel sheets

Table 1 Differences between two types of composite steel sheets

	NONVIBRA	RIVER LAMINATE
Object	Vibration damping	Weight reduction
Resin	Viscoelastic	Thermoplastic
Ply-ratio	≤ 0.2	≥ 0.5

機械的性質はほぼ同等である。耐熱性については自動車の製造工程で受ける塗装焼付処理に耐えるので問題はない。しかしスポット溶接性に関しては、従来開発されていた複合型制振鋼板はその作業

*¹ 昭和59年8月13日原稿受付

*² 技術研究所第3研究部薄板研究室主任研究員（課長）

*³ 技術研究所第3研究部薄板研究室研究員

*⁴ 千葉製鉄所熱間圧延部熱延技術室主査（課長）

*⁵ 技術研究所第3研究部部長

*⁶ 千葉製鉄所管理部薄板管理室主査（課長）

*⁷ 千葉製鉄所管理部薄板管理室主査（掛長）

Table 2 Properties of conventional composite damping steel sheets

Property	Characteristic compared with SPCE
Damping ability	$10^2 \sim 10^3$ higher
Tensile property	Almost the same
Formability	Almost the same except that wrinkles are apt to occur
Spot weldability	Very poor

性において普通鋼板よりも劣っている。それは中間層の樹脂に本来導電性がないため、従来の方法ではダイレクトスポット溶接が不可能であるからである。この欠点を改善するため、バイパス回路の設置²⁾、補助電極の装着³⁾およびパンチマーク法⁴⁾が提案ないしは実施されている。これらの方法によりスポット溶接が可能になるものの、溶接に要する時間の増大、溶接品質の不安定性の増加およびコストアップをもたらすもので、複合型制振鋼板のスポット溶接性を普通鋼板と同程度に改善するための根本的な方法ではない。

筆者らは従来と同じ方法でダイレクトスポット溶接が可能になるような複合型制振鋼板の開発をめざして研究を行い、制振性を発揮させる粘弾性樹脂にグラファイトを配合することによってその目的を達成した。本報告ではまず中間層樹脂層に導電性を持たせるための基礎実験について述べ、つぎにその基礎実験結果に基づいて開発した複合型制振鋼板 NONVIBRA の基礎特性について述べる。

2 基礎実験

本章では複合型制振鋼板にスポット溶接性を付与するために行った基礎実験の結果を示す。

2.1 実験方法

2.1.1 供試用制振鋼板の製作

実験用の制振鋼板を製作するにあたって、Table 3 に示すように、

Table 3 Materials used for the test

Material	Characteristics
Steel sheets	SPCE grade Thickness: 0.6 mm TS 32 kgf/mm ² , YS 19 kgf/mm ² , El 47 %
Graphite particles	Fine pieces smashed from carbon electrodes Diameter: 50 to 300 μ m Content: 10 to 50 wt%
Resin	Polyethylene (PE) pellet with adhesiveness

鋼板には 0.6 mm 厚の SPCE、樹脂にはグラファイトを配合したときの製膜性を考慮してポリエチレンを用いた。樹脂層に導電性を付与するためのグラファイト粒は粉碎後篩で分級し、その平均粒径を 50~300 μ m の範囲に調整した。またその添加量はポリエチレンの 10~50 wt % の範囲で変化させた。

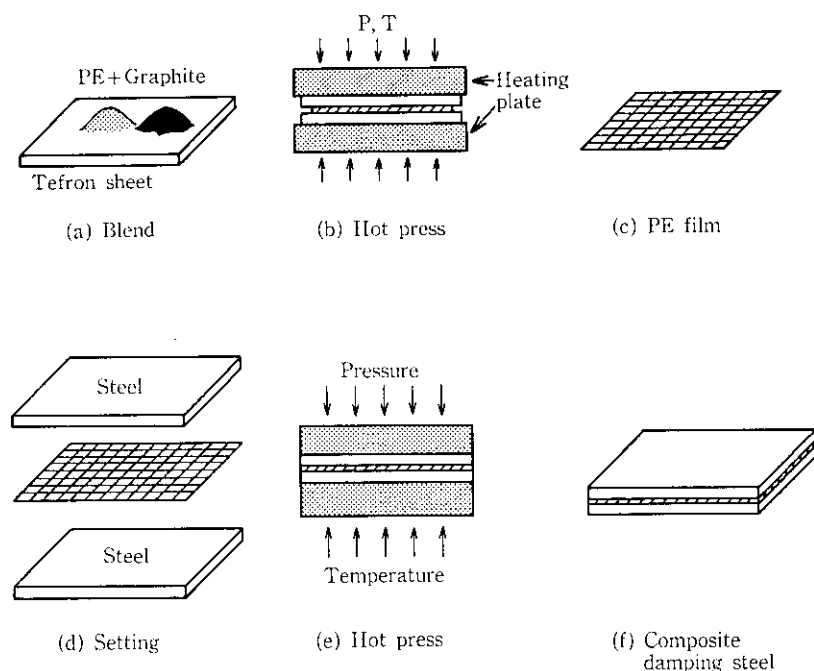
このようにして調製したポリエチレンペレットとグラファイト粒を、Fig. 2 に示すように、2 枚のテフロンシートに均一に混合分散させ、研究室ホットプレスで融着させた。こうしてできたグラファイト入りポリエチレンフィルムを 2 枚の SPCE で挟み、再度ホットプレスして制振鋼板を製作した。

2.1.2 試験項目

Table 4 に試験項目と試験条件を、Fig. 3, Fig. 4 および Fig. 5

Table 4 Evaluation tests for composite damping steel sheets

Test item	Test condition	Measurement and evaluation
Damping property	20~120°C Mechanical impedance method	Loss factor (Q^{-1})
Spot weldability	Tip: CF type, 6.0 mm dia. Electrode force: 200~1 000 kgf Welding current: 6~12 kA	Nugget formation TSS, CTS Fracture mode
Adhesivity	-20~100°C INSTRON type	Lap shear strength

**Fig. 2** Procedure of sample preparation

にそれぞれ損失係数、スポット溶接継手強度および鋼板と樹脂の間の接着強度を測定するための試験片形状と寸法を示す。

制振性能を示す損失係数 (Q^{-1}) は機械インピーダンス法⁹⁾により、20°C~120°C の温度範囲で求めた。試験片は水平に置き、長手方向の中央をクランプして加振すると同時に加速度を測定した (Fig. 3)。

スポット溶接性を評価するのに万裕工業(株)製のダイレクトスポット溶接機 (容量 600 kVA) を用い、Fig. 4 に示したように、約 1.3 mm 厚の制振鋼板と 1.2 mm 厚の SPCE をスポット溶接した。引張剪断試験と十字引張試験はそれぞれ JIS Z 3136 と Z 3137 に基づいて行った。評価項目はナゲットの形成のしかた、継手の強度および破壊モードである。

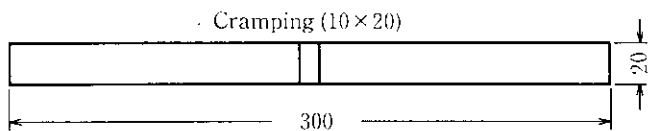
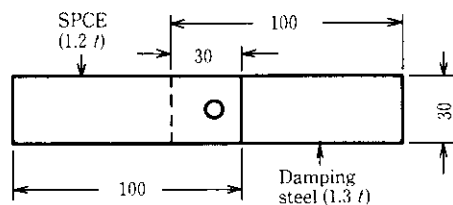
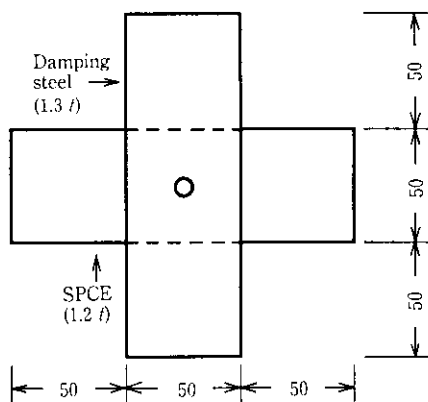


Fig. 3 Size of a test-piece for damping test (mm)



(a) Tensile shear strength



(b) Cross tension strength

Fig. 4 Configuration of spot welded joints used for tensile test (mm)

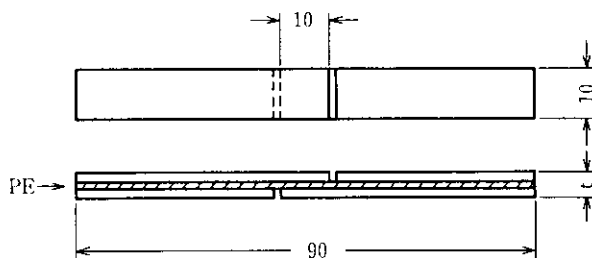


Fig. 5 Configuration of a test-piece for adhesivity test (mm)

鋼板と樹脂の間の接着強度は JIS K 6850 に準拠して行った。試験片の形状は Fig. 5 に示したように、1 枚の制振鋼板に精密カッターで切れ目を入れ、剪断剥離力を測定して単位面積当りの強度で表した。なお試験片の温度は -20°C~100°C の範囲に変えた。

2.2 実験結果

樹脂にグラファイトを配合する場合に考慮に入れるべきことは、グラファイトの平均粒径 D_g 、添加量、および粒度分布である。Fig. 6 は D_g を 200, 150 および 100 μm の 3 種に調整し、ポリエチレンへの添加量はそれぞれ 30, 30 および 20 wt% と一定にしながら膜厚 t_r を 50~500 μm に変えて製作した制振鋼板のスポット溶接性を示している。いずれの場合にも膜厚 t_r がグラファイトの平均粒径 D_g より大きくなるとスポット溶接成功率が低下することがわかる。このことは D_g の大きさだけがスポット溶接成功率に影響するのではなくて t_r も重要な意味を持ち、 D_g/t_r 比が 0.8~1.0 以上ならば成功率が 100% になることを示す。なお D_g の方が t_r より大きい場合が Fig. 6 に示されているが、 D_g は製膜前の値を示し、 t_r は制振鋼板製作後の値を示しているため、このような場合には制振鋼板の製作過程でグラファイトが破壊していると考えられる。

膜厚を約 200 μm と一定にした場合のスポット溶接性に及ぼすグラファイトの添加量と平均粒径 D_g および電極加圧力の影響を Fig. 7 に示す。溶接可能範囲 (スポット溶接成功率が 100% になる条件範囲) は 200 μm の膜厚よりやや小さい 175 μm の平均粒径のときに最大となり、20 wt% の添加量でも良好なスポット溶接性がえられる。電極加圧力を 200 kgf から 400 kgf へと高くすることにより、溶接可能領域がグラファイト粒径の小さい方に広がり、125 μm の D_g でも良好な溶接性がえられる。

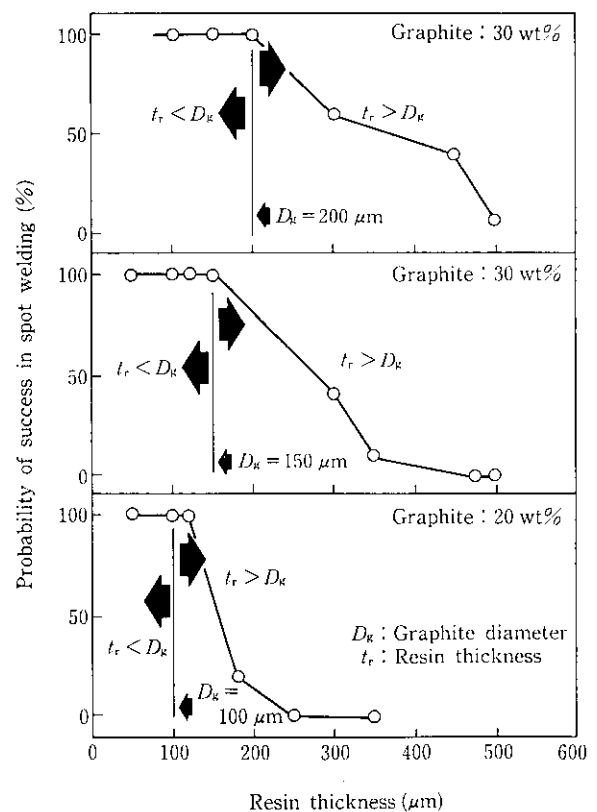


Fig. 6 Effect of resin thickness on spot weldability (electrode force: 200 kgf)

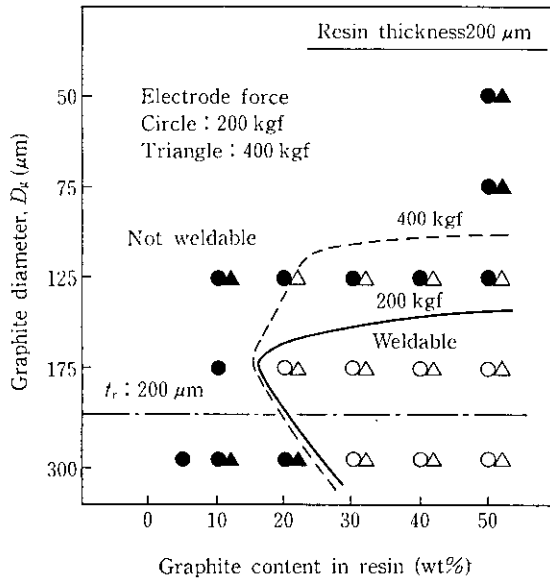


Fig. 7 Effect of content and average particle diameter of graphite on spot weldability
(Electrode: CF, 6.0 mm ϕ)
(Welding current: 10 kA $\times$ 12 cycle)

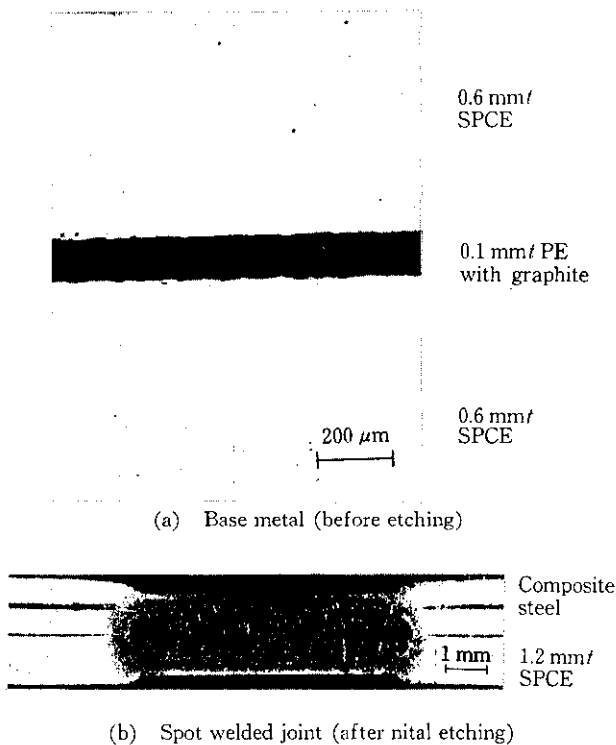


Photo 1 Structure of spot-welded composite-steel joint
(Electrode: CF, dia. 6.0 mm, 270 kgf)
(Welding current: 9.8 kA $\times$ 12 cycle)

Photo 1 の写真は t_r が 0.1 mm グラファイトの添加量 20 wt %, D_g が 80 μ m の制振鋼板の溶接部の断面組織を示す。ナゲットは制振鋼板を構成する 0.6 mm 厚の 2 枚の鋼板と 1.2 mm 厚の SPCE の合計 3 枚の鋼板にわたって形成されていることがわかる。制振鋼板の母材の写真には樹脂膜の中に数個のグラファイトが観察される。

上述の 0.6/0.1/0.6 mm 厚の制振鋼板と 1.2 mm 厚の SPCE を接合したスポット溶接継手の引張剪断強度 TSS および十字引張強度 CTS に及ぼす溶接条件の影響をそれぞれ Fig. 8 および Fig. 9 に示す。図中の数字は引張剪断強度あるいは十字引張強度を kgf/spot

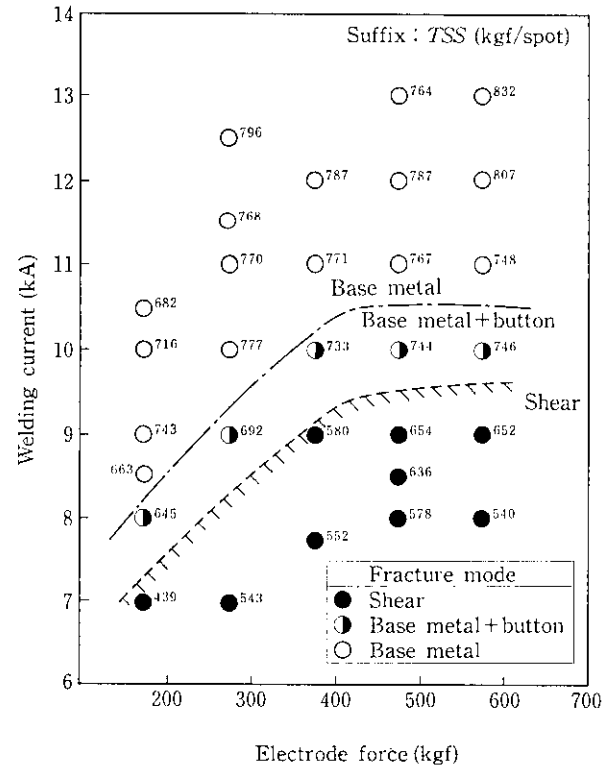


Fig. 8 Effect of welding current and electrode force on tensile shear strength when a composite damping sheet (0.6:0.1:0.6 mm t) was spot welded with a SPCE grade steel sheet (1.2 mm t)

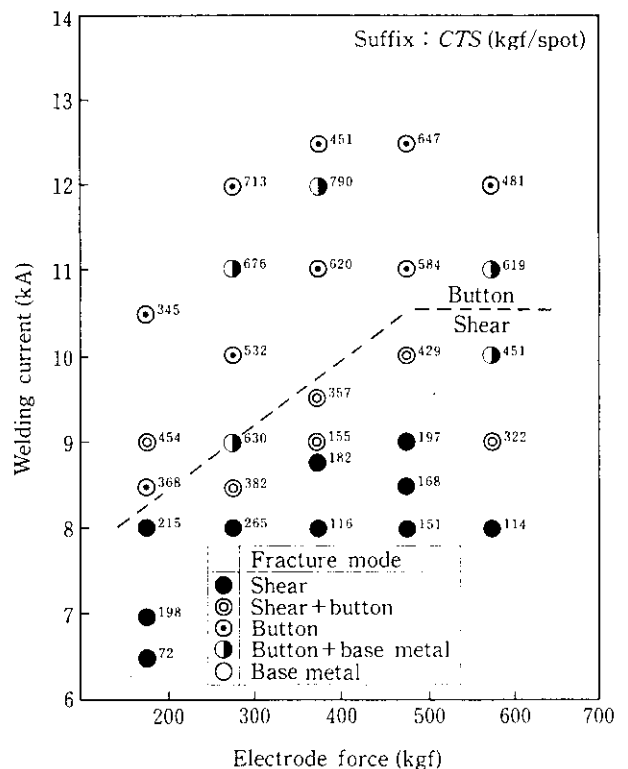


Fig. 9 Effect of welding current and electrode force on cross tension strength when a composite damping sheet (0.6:0.1:0.6 mm t) was spot welded with a SPCE grade steel sheet (1.2 mm t)

で表示したものである。Fig. 8 からは広い溶接条件範囲で SPCE 同士の溶接の場合に匹敵する引張剪断強度がえられていることがわかる。溶接部の破断形態は溶接電流が低いとシャー破断となり、溶接電流が高いと母材破断となっており、これも SPCE 同士の溶接の場合と同じである。一方、Fig. 9 からは十字引張強度の値が引張剪断強度の値に比べて全体に低く、かつバラツキが大きいことがわかる。これは十字引張の場合には制振鋼板を構成する 2 枚の薄鋼板に均等な力がかかり難く、ややもすると 1.2 mm 厚の SPCE と 0.6 mm 厚の SPCE をスポット溶接した場合と同じような応力状態になるためであろう。溶接部の破断形態には母材破断がなく、シャー破断かあるいはボタン破断である。

損失係数の温度依存性に及ぼすグラファイト添加の影響はほとん

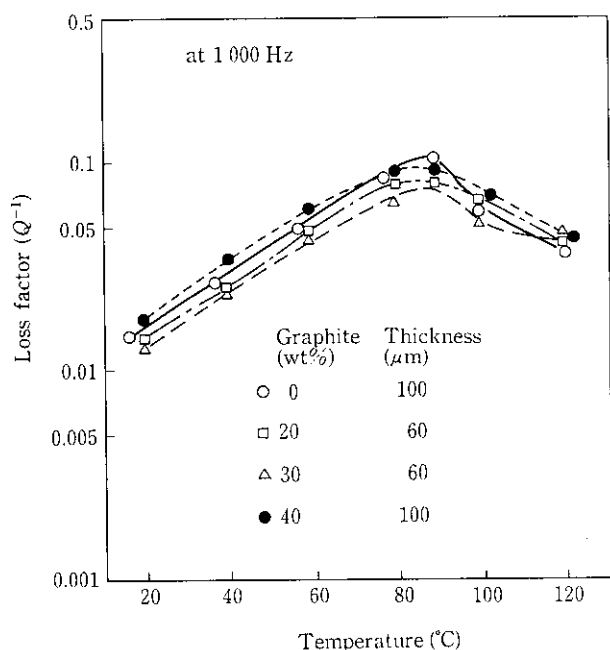


Fig. 10 Effect of graphite addition on temperature dependency of loss factor

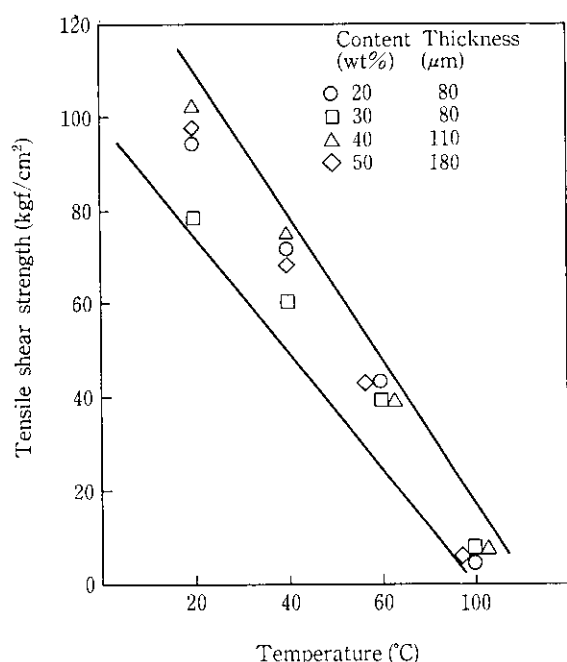


Fig. 11 Effect of graphite addition on temperature dependency of adhesive strength

どなく (Fig. 10), また剪断剝離強度もあまり低下しない (Fig. 11)。以上のことから、複合型制振鋼板にスポット溶接性を付与する手段として樹脂にグラファイトを添加することは有効な方法であり、制振性や接着強度への悪影響がほとんどないことがわかった。

2.3 溶接機構

グラファイトを添加した複合型制振鋼板をスポット溶接する際、どのような現象が現れるかを詳細に調べ、グラファイト添加によるスポット溶接性付与の機構を考えた。

Fig. 12 に制振鋼板のスポット溶接の通電挙動を通常鋼板同士のものと比較して示す。通常鋼板同士の場合は最初の半サイクルから設定どおりの 2 次電流が流れているが、制振鋼板の場合は最初の 2 サイクルは設定値の約 3 分の 1 しか 2 次電流が流れていない。制振鋼板のスポット溶接におけるこのような通電挙動は他社製制振鋼板のバイパス回路設置による樹脂の予熱のための予備通電⁹⁾とよく似ていることから、膜中のグラファイトが通電初期の通電回路となって樹脂を加熱・軟化させ、制振鋼板を構成する 2 枚の鋼板を直接に接触させるようになるものと考えられる。いいかえれば当社が開発したスポット溶接可能な制振鋼板におけるグラファイトの役割は、バイパス回路設置という溶接施工上の工程を省略することである。そのためバイパス法のように溶接ピッチによって溶接品質が変動することなく、本制振鋼板を使用すれば健全で安定した品質がえられる。

Fig. 13 はスポット溶接中の電極チップの動きをモニタリングし

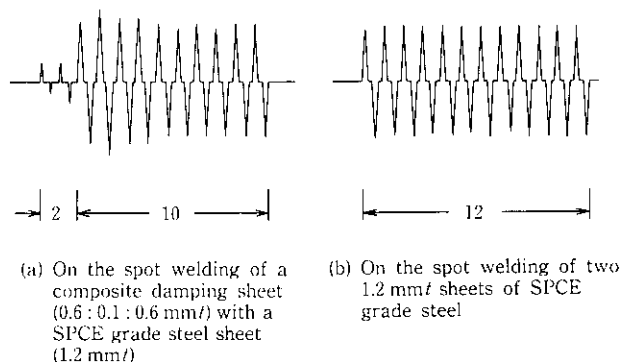


Fig. 12 Comparison of secondary welding current
(Electrode: CF, 6.0 mm dia., 300 kgf)
(Welding current: 10 kA × 12 cycle)

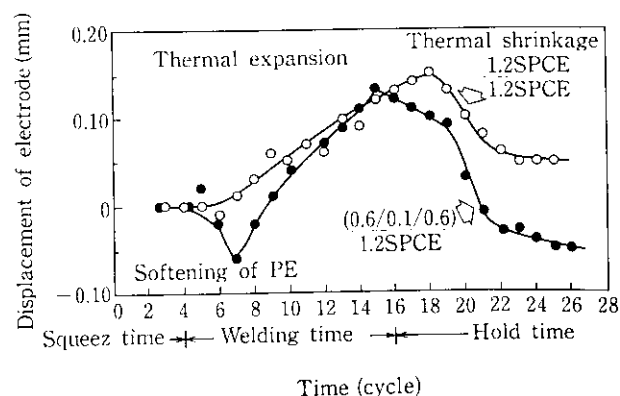


Fig. 13 Comparison of electrode displacement during spot welding
(Electrode: CF, 6.0 mm dia., 300 kgf)
(Welding current: 10 kA)

Table 5 Mechanism of improvement in spot weldability

Graphite particle			Spot welding	Spot weldability
Diameter	Density	Distribution in PE		
Fine	High			Poor (impossible)
Proper	Middle			Good (stable)
Coarse	Low			Good (unstable)

た結果を示しており、制振鋼板の場合には通電初期の3サイクルでチップが下降し（膜厚が0.06 mm 薄くなったことを示す）、樹脂の軟化が明瞭に認められる。

以上の実験結果からグラファイトの通電回路形成を模式的に表すと Table 5 のようになる。膜厚とグラファイト添加量を一定とすると、膜中のグラファイトの分布は同表に示すように微細粒・高密度、粗大粒・低密度およびその中間の三つの場合が考えられる。

微細粒・高密度の場合はグラファイトが膜中に均一に分散しており、電極加圧によって膜厚が薄くなってもグラファイト粒同士の接触が起き難いので、実質上スポット溶接は不可能である。ただし、バイパス回路を設けて樹脂を予熱する方法をとる場合には、グラファイトを添加しないものに比べてはるかに容易に溶接することができ、しかも溶接品質が安定している。一方、粗大粒・低密度の場合には通電は容易であるのでスポット溶接は可能であるが、場合によっては電流が電極間の最短距離を通らず、迂回することになって、溶接品質が不安定となる。その中間の状態では電極加圧により、電極—鋼板—グラファイト—鋼板—電極という通電パスが形成され、安定した溶接品質がえられる。

Table 5 に示したグラファイトの存在状態を検証するため、次の計算を行う。グラファイト粒の形状を球と仮定し（半径を r とする）、それが1辺 l の正方形のフィルム（膜厚を t とする）の中に間隔 d ごとに n 個ずつ格子状に並んでいる場合を考えてみる。樹脂とグラファイトの密度をそれぞれ ρ_r と ρ_g 、グラファイト添加量の樹脂に対する重量割合を R とした場合、次の2式が成り立つ。すなわち

$$\frac{(4/3)\pi r^3 \times n^2 \times \rho_g}{[l^2 - (4/3)\pi r^3 \times n^2] \rho_r} = R \quad (1)$$

$$l = d \times n \quad (2)$$

である。計算を簡単にするためにグラファイトの粒径が膜厚に等しい、つまり $t = 2r$ とすると、式 (1) と式 (2) からグラファイトの間隔 d は次式で表すことができる。すなわち

$$d = \left(\frac{\pi \rho_g}{6R} + \frac{\pi \rho_r}{6} \right)^{1/2} t \quad (3)$$

となる。ここで $t = 0.1$ mm, $R = 0.20$ とすると、 $\rho_g = 2.3^{(7)}$, $\rho_r = 0.9^{(8)}$ であるから $d = 0.25$ mm となる。

Photo 1 (a) に示した制振鋼板では $t = 0.1$ mm, $R = 0.20$, $2r = 0.8t$ であるので d は 0.20 mm と計算される。したがって 1.0 mm の長さの膜中に5個のグラファイトが存在することになるが、同写真にはそれにほぼ近い状態が観測される。また電極チップの先端径は 6.0 mm であり、チップによって加圧される面積の膜中には約 700 個ものグラファイトが存在していることになり、これが通電の均一性を保証していると考えられる。

3 スポット溶接の可能な制振鋼板の特性

以上の開発基礎実験をもとにして、損失係数が高く、スポット溶接の可能な複合型制振鋼板 NONVIBRA を開発した。外皮鋼板には非時効性超深絞り用冷延鋼板 KTUX を用い、制振鋼板製造時の熱影響により時効に基づく不具合が発生することがないようにした（規格名 KTD-C）。外皮鋼板として熱延鋼板や表面処理鋼板を使用することもできる。

Table 6 に常温用制振鋼板 KTD-C (R) と中温用制振鋼板 KTD-C (M) (いずれも 0.8/0.1/0.8 mm t) および素材鋼板 KTU-X (0.8 mm t) の機械的性質を示す。制振鋼板と素材鋼板の引張特性はほとんど同じであり、絞り成形性の目安となる r 値と限界絞り比 (LDR) も同様である。Photo 2 は常温用制振鋼板 KTD-C (R) (0.8/0.08/0.8 mm t) と SPCE (1.79 mm t) をエリクセン試験機で深絞り試験したカップを示す。ポンチ径は 100 mm、ポンチ肩半径は 12 mm、ダイス肩半径は 4 mm である。しお抑え力はそれぞれ 5 t と 3 t とした。写真のカップはいずれも限界絞り比に近い状態で絞った（それぞれ 2.20 と 2.05）ものを約 5 mm 耳切りしている。KTD-C は絞り性が SPCE よりも良いため、自動車部品の中でも絞り加工のとくに厳しいオイルパンにも適用できる。また Photo 3 に示すように、深絞りをした後フランジをスポット溶接するが、シーム溶接すればコンプレッサーなどのカバーにも適用できる。

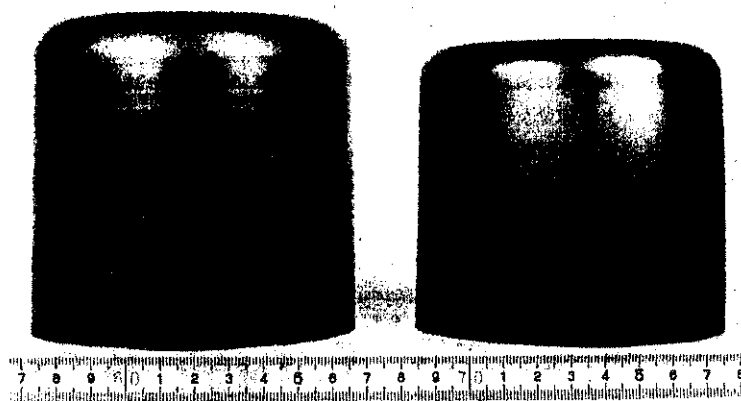
Fig. 14 に常温用および中温用制振鋼板のスポット溶接時の通電挙動を示す。常温用制振鋼板では通電の最初から設定値にほぼ近い溶接電流が流れる。中温用制振鋼板では最初の 1~2 cycle 間弱い溶接電流が流れ（樹脂の予熱の役割）、その後は設定どおりの 2 次電流が流れる。なおシーム溶接についてはダイレクトスポット溶接と同

Table 6 Mechanical properties of composite damping steels

	Steel	Direction	YS (kgf/mm ²)	ST (kgf/mm ²)	El (%)	Y.El (%)	$\bar{r}$	LDR
Deep drawing steel	KTU-X (0.8 mm <i>t</i>)	L	14	30	51	0	2.06	2.21
		T	15	30	53	0		
		D	15	31	49	0		
Damping steel for use at room temperature	KTD-C(R) (0.8/0.1/0.8 mm <i>t</i>)	L	14	29	51	0	2.02	2.21
		T	14	29	53	0		
		D	15	31	49	0		
Damping steel for use at middle temperature	KTD-C(M) (0.8/0.1/0.8 mm <i>t</i>)	L	14	30	51	0	2.02	2.21
		T	14	30	51	0		
		D	15	30	48	0		

Tensile test: JIS No.5, G.L.=50 mm

LDR test : Punch dia. 33 mm, BHF 500 kgf, Lubricant G 790



(a) NONVIBRA KTD-C

(b) SPCE

Photo 2 Cups drawn by Erichsen testing machine



Photo 3 A spot welded model component using NONVIBRA KTD-C

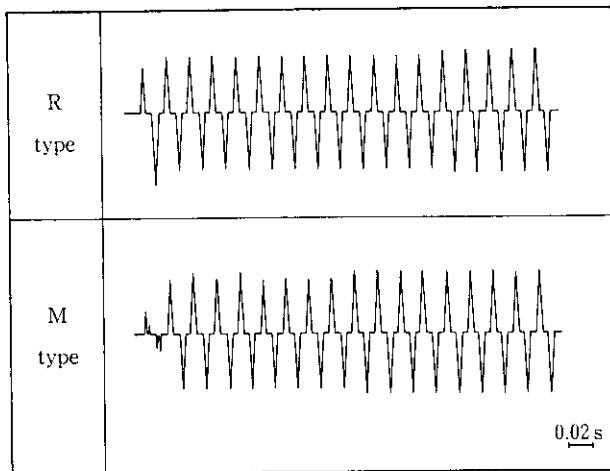


Fig. 14 Welding current of NONVIBRA KTD-C for room temperature use (R) and middle high temperature use (M)
(Electrode: CF, 6.0 mm dia., 390 kgf)
(Welding current: 11 kA × 18 cycles)

様、従来とまったく同じように実施可能である。

損失係数の温度依存性は Fig. 15 に示すとおりであり、常温用、中温用、高温用ともに約 0.5 の最大値を有し、温度依存性が少ない。これらは使用温度によって使い分けらるべきであり、RT から 120°C までの用途に対応できる。現在 KTD-C および KTD-H は多くのユーザーでテストの結果好評をえており、振動の防止、騒音発生の防止、疲労破壊の防止などに貢献すると期待される。

4 結 言

粘弾性樹脂にグラファイトを添加することにより、ダイレクトス

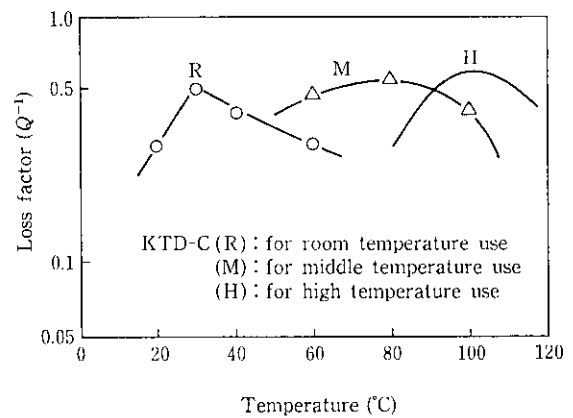


Fig. 15 Temperature dependency of Q^{-1} in three types of NONVIBRA KTD-C

ポット溶接が従来通りに可能な複合型制振鋼板 (NONVIBRA, KTD-C) を開発し、その過程で以下のことが判明した。

- (1) スポット溶接時におけるグラファイトの役割は溶接初期の通電パスになることであり、バイパス回路設置や補助電極設置に代る役目を果している。
- (2) グラファイトの粒径が樹脂厚よりやや小さい場合に配合量は最少でよく、電極加圧時に膜厚と粒径がちょうど等しくなって通電パスが形成される。
- (3) 制振鋼板と SPCE をスポット溶接した継手強度を SPCE 同士のそれと比較すると、十字引張強度はやや劣るが、引張剪断強度はほぼ同等である。
- (4) グラファイト添加による損失係数や接着強度への悪影響はない。
- (5) 超深絞り用鋼板を素材として用いた制振鋼板は同厚の SPCE より絞り性に優れている。

参 考 文 献

- 1) 杉本孝一: 「防振合金の現状について」, 自動車技術, 30 (1976) 3, 154-160
- 2) 谷餘士雄, 藤原治生, 市野博之, 小久保一郎, 野村伸吾, 柚島善之: 「防音材「高温用ダンブレイ」の諸特性」, 神戸製鋼技報 R & D, 29 (1979) 1, 4-11
- 3) 佐々木雄貞: 「制振鋼板のプレス成形」, プレス技術, 22 (1984) 4, 52-56
- 4) 林 寿雄: 「Antiphon パネルの紹介」, ポリマーダイジェスト, 35 (1983) 12, 15-22
- 5) 白木万博: 「振動解析とデータ処理の現状」, 機械設計, 18 (1974) 10, 10-19
- 6) 樺沢真事, 田中甚吉: 「樹脂ラミネート鋼板の溶接」, 鉄と鋼, 70 (1984) 5, S 338
- 7) 岩波書店: 「理化学辞典」, (1983)
- 9) 伊保内賢: 「プラスチック入門」, 工業調査会, (1978)