

TODAY

素材産業の復権と発展



三菱マテリアル(株)

取締役副社長 浅尾晴彦

近年、世界経済に大きな影響を及ぼす因子としてマテリアル（資源・素材・部材）に関する情報が取り上げられることが多くなってきた。例をあげれば資源価格の高騰、レアメタルパニック、素材産業の復権、石油資源の枯渇（オイルピーク）などである。

なかでも注目されるのは、資源価格高騰の問題であろう。この問題の核心にあるのは中国をはじめとする、いわゆるBRICs諸国の動向である。近年の中国経済の急速な発展と、それに伴う原材料の輸入拡大により資源価格が高騰し現在もその状況は続いている。BRICs諸国は、これからますます経済発展をとげると予想され、資源価格高騰は一過性のものでなく継続するものと考えられる。

このような状況を受けて素材産業は活況を呈しており、国内素材メーカーの決算においても過去最高の経常利益の更新などの発表が相次いでいる。90年代において素材産業は価格が低迷する中で、アメリカで勃興してきたIT産業を中心とした「ニューエコノミー」に対して「オールドエコノミー」と評価され、衰退産業と見られていた。しかし最近の盛況ぶりは、まさしく素材産業の復権といえよう。

非鉄産業界も金属価格が高騰し、その恩恵を享受している。ちなみに銅地金価格は2006年5月に一時、1トン8,800ドルという歴史的な高値を記録した。それ以降は若干落ち着きを取り戻したが、それでも1トン当たり7,000ドル台後半であり2003年初頭に比べ4倍以上の高値で推移している。しかしながら安閑と

してはられない。中国は日本と同じく銅鉱石輸入国であるが、銅製錬所の強化・増産を進め、2005年で銅の生産量を258万トン/年、消費量を358万トン/年と伸ばし、日本の生産量139万トン/年、消費量122万トン/年を大きく上回る。さらには製錬の下流展開である素形材の世界での設備投資を計画しており、近い将来銅鉱石マーケットと同様に、この分野でも攻勢が予想される。コモディティ化した商品であれば、資源国の面を有するBRICs諸国に、いずれ日本はキャッチアップされる可能性が高い。

日本の素材産業の復権と発展を確固たるものとするにはどうしたらよいか。

「オイルピーク」が現実的な問題として論じられるようになった現在、持続的経済成長の時代に対応できることが大前提となる。また資源高騰は不可避と考えられ、これに対応するためにも省エネルギー、地球環境への配慮、代替材料の促進、リサイクルといったことがキーワードになる。他方、わが国の素材産業が発展するためには素材および生産技術における独創的なオンリーワン技術の開発も重要である。

この方向に沿った金属製錬分野での先行事例として、無公害かつ省エネルギー化という特徴を有した「三菱連続製銅法(MI法)」の開発があり、最近ではチタンにおける新製錬法の取り組みなどがあげられる。また分野は異なるが日本の自動車メーカーのハイブリッド車、燃料電池車などのエコカーを支える素材産業の取り組みなどもその先進的な事例と考えられる。一方シリコンウエハー、液晶ディスプレイ材料に代表される電子材料分野における日本勢の圧倒的な強さも示唆に富んでいる。

いずれにしても、このような日本が世界のトップランナーとなっている分野において、顧客メーカーと密接に協業をすることにより独自の材料技術を開発し、キーマテリアルを提供し続けることが一つの理想的な方向として考えられる。

「省エネルギー型鋼構造接合技術の開発」成果報告

鉄鋼材料研究部 櫻谷敏和

1 はじめに

本技術開発は平成15年度から17年度の3年間にわたり、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託事業として実施された。本事業は「地球温暖化防止新技術プログラム」の「革新的エネルギー消費削減技術」の一つとして取り組まれたものであり、鋼構造物の溶接施工における鋼構造物の変形を矯正するためのガス加熱をはじめとした操作にかかわるエネルギー消費を抑制することを目的に、溶接変形の少ない溶接材料の開発と、それを用いた適切な溶接施工法を提示することを主たる課題としている。

2 事業の背景・目的

鋼構造物の溶接施工においては、溶接金属の凝固冷却過程の熱収縮に伴い溶接変形が生じる。その変形量が、例えば道路橋では道路橋示方書、船舶では日本鋼船工作精度基準に規定される許容範囲を超える場合には、変形を矯正するためのガス加熱等の作業が実施されている。なかでも角変形は局部座屈耐力の低下や構造物の外観の悪化を招くため、変形矯正作業は必須とされ、多くの熱エネルギーと労力が費やされている現状にある。

本事業では溶接継手部材の変形を、加熱矯正作業を要する水準以下に抑制できる溶接材料を開発するとともに、その溶接材料を活用した溶接施工法を提案する。さらに施工された鋼構造体の健全性の評価を実施し、新技術を安全に活用していく基盤を定めることを目的とする。

本開発の鍵となる技術は溶接部の変形を軽減できる溶接材料の開発である。具体的には図-1に示すように、溶接金属の冷却過程におけるオーステナイト組織からフェライト組織への変態に伴う変態膨張特性を制御することで、適切な温度域で変態膨張させる

ことにより溶接変形を軽減させることを目指す。

3 開発の体制

本事業は、NEDOからの委託を複数の企業(JFEスチール(株)、神鋼タセト(株)、石川島播磨重工業(株)、川崎重工業(株)、及びJRCM)で受託し、さらに、大阪大学大学院工学研究科と同大学接合科学研究所との共同研究を実施する体制のもとで推進した。

参加企業・大学の連携のもとに、効率的に開発を推進するために、以下の3つの分科会を設けた。

〔溶接材料分科会〕

変態開始温度(ここでは、マルテンサイト変態の開始のため、Ms点とする)を従来溶接材料に比較して低温化するためには、マルテンサイト系の溶接材料の適用が必要となる。溶接変形低減に効果のあるMs点の範囲を明確にすること、その材料の耐割れ性、溶接施工性等を改善して実用性のある材料として開発することを第一段階の課題とする。これらの知見をふまえて多様な溶接条件に応じた溶接材料を提示することを最終的な目標とする。

〔溶接施工方法分科会〕

開発された溶接材料を適切な条件で活用する指針を得るためには、変態膨張特性を解析に反映させる高度な溶接シミュレーション技術の開発が必要である。各種溶接材料を使用した多様な溶接継手の変形挙動の精密計測試験を併用しつつ、その開発を実施する。開発ソフトに基づくパラメトリック解析により、幅広い観点から施工法の提言を行うことも課題とする。

〔構造健全性分科会〕

新溶接材料を溶接継手の基本特性を評価するとともに、溶接作業性の観点からの情報を含めて溶接材料開発に反映させる。さらに、開発溶接材料により施工された平面パネル、立体構造体の疲労特性及び大変形時における溶接金属の健全性を評価し、開発技術を安全に活用するための基盤情報とする。

4 開発成果の概要

(1) 溶接変形の少ない適正Ms点を有する溶接材料の開発

鋼材のMs点を化学組成から予測する式をベースに、Ms点を変えた材料を試作し、MIG溶接施工された隅肉溶接継手の角変形を評価した。

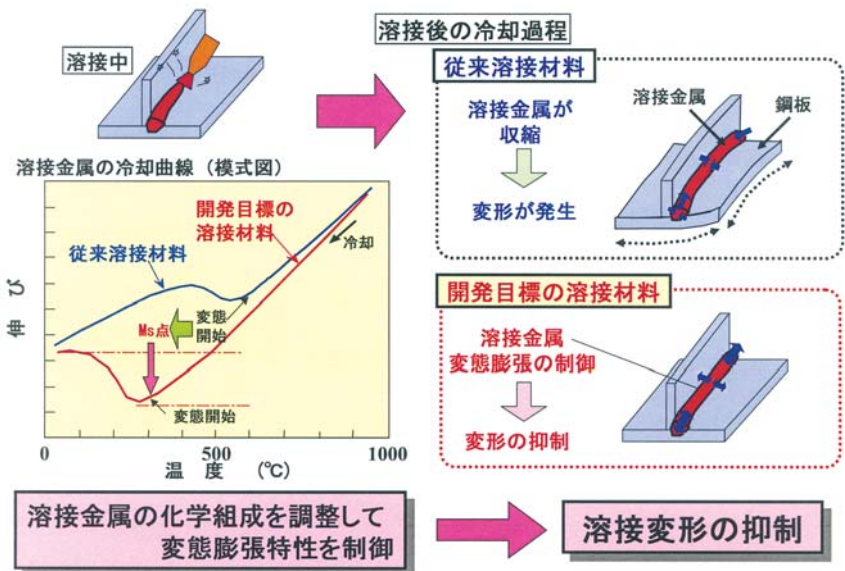


図-1 溶接金属の変態膨張を利用した溶接変形制御技術の概念

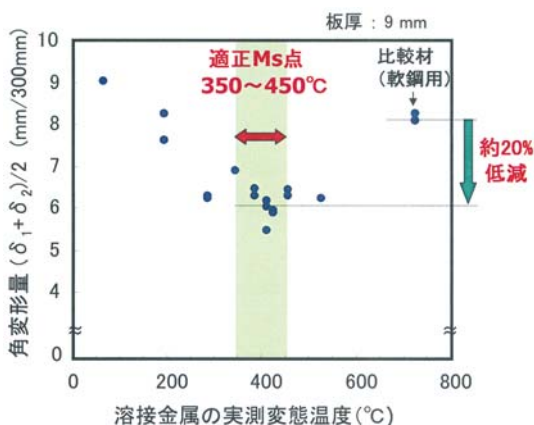


図-2 溶接金属の変態開始温度(Ms点)と変形量の関係

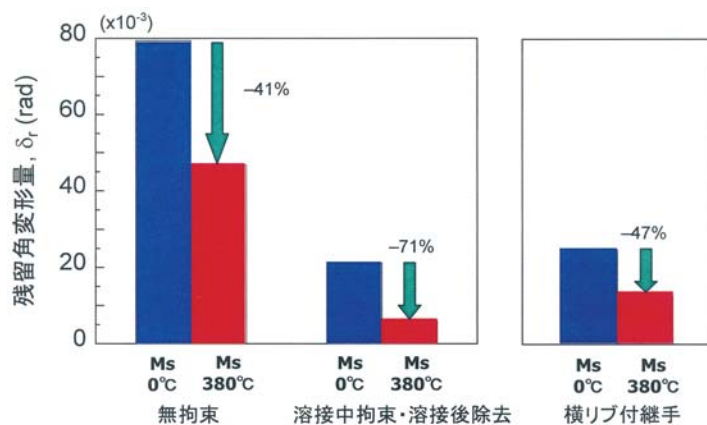


図-3 残留角変形量に及ぼす溶接材料のMs点及び外的拘束条件の影響

$$Ms(\text{°C}) = 719 - 26.5 \cdot \text{Nieq} - 23.7 \cdot \text{Creq} \dots\dots$$

(ここで、Nieq、Creqは鋼中の他成分の寄与を考慮したNi、Cr等量)

9mm厚の鋼板を用いた隅肉溶接施工で角変形量を評価したデータの一例を図-2に示す。溶接材料の母材による希釈を考慮した溶接金属のMs点として、適切な温度範囲が350~450°Cであることが示されている。

この溶接材料はNi、Crを含有する系であり、溶接時の高温割れ、溶融金属の流動性の問題に起因するビード形状不良、酸素含有量の増大に伴う急速なシャルピー衝撃値の低下、等の問題を潜在的に有している。これらの課題の解決にも着実に取り組み、実用に足る水平隅肉溶接用フラックス入りワイヤ、全姿勢隅肉溶接用フラックス入りワイヤ、及び突合せ溶接用ソリッドワイヤを開発する成果を最終的に得ている。

(2) 溶接変形の少ない溶接施工方法決定手順の提案

溶接変形が問題になる6~19mm厚の鋼板を対象に溶接材料の変態膨張特性、入熱条件、及び溶接施工の際の鋼材の拘束条件を変えた溶接施工を行い、継手の変形挙動を評価した。単純な継手についてはレーザ変位計による変形挙動の連続測定データを入手した。溶接材料の適正Ms点に関しては図-1に代表される成果を得たが、適切な溶接施工技術提言の基盤となる溶接施工時の鋼材拘束の効果にかかわる情報も多く得られた。

これらの実験データをもとに、汎用性のあるシミュレーションモデルを確

立する研究も同時に行った。開発モデルの基本として、溶接・熱処理解析用有限要素解析コードSYSWELDを採用した。実験的に定めた開発溶接材料のCCT図に基づいて溶接部に形成されるミクロ組織の種類と量を求め、その分率を考慮して材料特性を混合則によって定めることにより、溶接金属の変態に伴う諸現象を反映させた。開発モデルは鋼材の拘束条件を含め、測定された現象を再現できるレベルのものとして完成された。シミュレーションから予測される角変形抑制効果の一例を図-3に示すが、変態膨張効果が期待されないMs点が0°Cの材料と、最適Ms点380°Cを有する材料による差異、並びに溶接施工時に拘束力を付加することの効果も明瞭に示されている。

実際の溶接施工時の拘束力付与の方法は継手構造により検討を要するが、本開発による溶接材料と拘束力の付与にかかわる成果を活用すると、変形矯正を要しないレベルに溶接継手の変形が抑制される鋼板厚みが、従来技術の18mm以上の領域から、14mm以上の領域まで拡大できるとの見通しが得られた。この適用領域拡大は、橋梁、造船、建設機械等の鋼構造物施工分野の作業効率向上と、変形矯正に要する熱エネルギーの低減の観点から大きな意義を有するものと考えられる。

(3) 開発溶接材料の構造健全性評価
開発の対象となるマルテンサイト系溶接材料は溶接の際に不可避的に侵入する酸素による靱性低下等の問題を抱えており、これが構造体施工の際に実

際の障害となるか否かの視点から健全性評価課題を設定した。溶接金属のみを取り出した形での材料特性評価では、伸び、シャルピー衝撃値で既存材料にやや劣る結果となったものの、小型及び平面パネルを用いた疲労試験、及び座屈試験における溶接金属の割れの有無等、構造体としての健全性評価では、溶接部分に何らの問題もなく、本開発材料は従来の溶接材料に比べ遜色がなく活用できるものと判断された。

5 今後の展開

比較的短い事業期間のなかで、低温変態溶接材料を用いて溶接変形を抑制するという原理を、実用レベルで実現できる要素技術を開発・究明した。施工性にも優れる溶接材料の開発に加えて、溶接施工時の鋼材への拘束力付加の効果の大きなことを定量的に解明したことも大きな成果である。

鋼構造物施工工程のなかでオフライン的に要求される溶接変形の加熱矯正作業は、大量の熱エネルギーを消費するのみならず、熟練作業者を要する仕事でもある。「ものづくり」の現場における熟練工の減少という今後の動向を考えると、鋼構造物の施工効率・施工精度を向上させ得る本事業成果の活用は大きな意味をもつと考えられる。

本開発成果を広く活用していただく観点では、開発された溶接材料の公的認知に基づく拡販が重要となる。溶接材料の変態膨張特性を適切に表現する形での材料認定、標準化に向け、継続研究を実施している。

「環境調和型超微細粒鋼創製基盤技術の開発(PROTEUS)」第4回シンポジウム

JRCMは、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)との共催で、PROTEUS第4回シンポジウムを開催いたします。今回は、プロジェクトの最終年度のシンポジウムとして、研究成果の総まとめ報告と、今後の超微細粒鋼板の実用化のための残された課題等についての検討の場としたいと考えます。

日 時：3月16日(金) 9:30～17:30

場 所：東京電機大学7号館丹羽ホール

(懇親会) 17:45から、東京電機大学11号館17階大会議室にて

参加費：いずれも無料

問い合わせ先：(財)金属系材料研究開発センター 城田良康

詳しくは、JRCMホームページ(<http://www.jrcm.or.jp/>)をご覧ください。

平成18年(2006年)の年間主要記事索引

TODAY (巻頭言)

- JRCMの設立20周年を迎えて 23ㄥ(1月)
 (財)金属系材料研究開発センター 専務理事 小島 彰
- 鉄鋼材料の破壊力学研究はまだ奥深い 23ㄥ(2月)
 大阪大学大学院工学研究科 教授 南 二三吉
- 持続可能な社会の構築に向けて鉄鋼業の課題 23ㄥ(3月)
 JFEスチール(株)常務執行役員スチール研究所副所長 小松原道郎
- 忙しさの中にゆとりを 23ㄥ(4月)
 高知工科大学 副学長 佐久間健人
- アルミニウムのリサイクル冶金技術者の夢と現実解 23ㄥ(5月)
 東北大学多元物質科学研究所 教授 中村 崇
- デジタル印刷技術とナノテック 23ㄥ(6月)
 (株)リコー研究開発本部技師長基盤技術研究所長 平倉浩治
- 3Bマネジメント 23ㄥ(7月)
 (株)神戸製鋼所代表取締役副社長(JRCM副理事長) 佐藤廣士
- 鉄鋼材料の新たな可能性を求めて 23ㄥ(8月)
 東京大学大学院工学系研究科 教授 小関敏彦
- 『新経済成長戦略』のどまとめについて 経済産業省経済産業政策局
 持続可能な社会の創成に向けて 23ㄥ(9月)
 豊橋技術科学大学工学教育国際協力研究センター 教授 成瀬一郎
- 金属材料の価値を世にアピールしよう 24ㄥ(10月)
 (社)日本鉄鋼協会 専務理事 小島 彰 前JRCM専務理事)
- 日本と素材技術の未来を考える 24ㄥ(11月)
 経済産業省 製造産業局製鉄企画室長 立石讓二
- 『イノベーション25』に想う 24ㄥ(12月)
 住友金属工業(株)取締役副社長 戸崎泰之

JRCM REPORT

- 『Zr-Ni系アモルファス膜利用メタノール改質水素製造装置の開発』成果報告 23ㄥ(1月)
 非鉄材料研究部 有我誠芳
- 『鉄鋼材料の破壊靱性評価手順の標準化』プロジェクト 23ㄥ(2月)
 -成果報告と今後の国際標準化推進活動- 鉄鋼材料研究部 櫻谷敏和
- 『変圧器の電力損失削減のための革新的磁性材料の開発』成果報告 23ㄥ(3月)
 鉄鋼材料研究部 板垣省三
- 平成18年度JRCM事業計画及び収支予算(概要) 23ㄥ(4月)
 3Rプログラム「アルミニウムの不純物無害化・マテリアルリサイクル技術開発助成事業」成果報告書 23ㄥ(5月)
 住友軽金属工業(株)研究開発センター 浜江和久
- 平成16、17年度地域新生コンソーシアム研究開発事業「X型大電流電子ビームによる高密度・高速描画装置の開発」成果報告 23ㄥ(6月)
 産学官連携グループ 伊藤瑛二
- 平成17年度事業報告(概要) 23ㄥ(7月)
- 『機械工業分野における効率的な先進的製品開発を可能とする設計手法のモデル策定のための調査研究』成果報告 23ㄥ(8月)
 産学官連携グループ 松本信吾(現:新日鉱テクニサーチ(株))
- 『電炉技術を用いた鉄及びプラスチックの複合リサイクル技術開発』成果報告 23ㄥ(9月)
 環境・プロセス研究部 桜木晶夫(現:大同特殊鋼(株))
- 『米国の自動車を中心とする鉄鋼材料研究情報』海外出張報告 24ㄥ(10月)
 鉄鋼材料研究部 城田良康
- 『難加工マグネシウム合金大型板材の高効率量産プレス成形型に関する研究開発』成果報告 24ㄥ(11月)
 非鉄材料研究部 松本信吾(現:新日鉱テクニサーチ(株))
- 『難成形材のプレス加工用のマイクロ金型に関する研究開発』成果報告 24ㄥ(12月)
 非鉄材料研究部 松本信吾(現:新日鉱テクニサーチ(株))

『JRCM NEWS』はホームページにpdfファイルで掲載しております。ぜひご覧ください。(URL <http://www.jrcm.or.jp/>)

The Japan Research and Development Center for Metals
 JRCM NEWS / 第243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。
 本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用しています。
 本書の内容を無断で複写・複製・転載することを禁じます。

発行 2007年1月1日
 発行人 小紫正樹
 発行所 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東洋海ビル6階
 TEL (03) 3592-128ㄥ(代) / FAX (03) 3592-1285
 ホームページURL <http://www.jrcm.or.jp/>
 E-mail jrcm@oak.ocn.ne.jp