

STX-21 ニュース

物質・材料研究機構 超鉄鋼研究センター

(<http://www.nims.go.jp/stx-21/>)



発行 独立行政法人
物質・材料研究機構
超鉄鋼研究センター
平成 15 年 7 月 1 日発行
〒305-0047
茨城県つくば市千現 1-2-1
TEL: 029-859-2102
FAX: 029-859-2101

'03 年 7 月号 (通巻第 71 号)

目 次

1. 鉄鋼を凌駕するものは鉄鋼
清水建設株式会社 技術研究所 常務執行役員 所長 藤盛 紀明 1
2. TOPICS 高強度微細粒鋼の高サイクル疲労破面
冶金グループ 島倉 俊輔、横浜国立大学 梅澤 修 2
3. TOPICS 溶射プロセス改良による耐高温腐食皮膜の開発
材料研究所 溶射工学グループ 黒田 聖治 3
4. センター便り「超鉄鋼で築く 21 世紀」シンポジウム報告
材料研究所 信頼性評価グループ 萩原 行人 4

1. 鉄鋼を凌駕するものは鉄鋼

清水建設株式会社 技術研究所 常務執行役員 所長 藤盛 紀明

筆者は大学時代からコンクリートを専門分野としていたがコンクリートプレファブの接合に溶接を使用することで溶接の勉強を始め、いつの間にか鉄骨構造、溶接、非破壊検査へと専門がシフトしていた。鉄を切断する時の甘い匂いやコンクリート養生室のなんとも言えない匂いが好きになり、匂いに誘われて鉄もコンクリートも筆者の愛する構造材料となっていた。

ところがこよなく愛したコンクリートや鉄と別離することを決断したのは 40 代半ばのことだった。「新しい建設空間構築のためには新しい材料の開発が必要」と思い立ち新素材開発に挑戦したのである。1980 年代の初めに米国オハイオ州にあるバテルメモリアル研究所に「21 世紀の建設構造材料探索」を発注した。研究所のあるコロンバス市へ足しげく通い、バテルの研究者と大いに飲んだものである。

共同で行ったブレインストーミングの結果として 230 項目にわたる新材料候補が提案された。鉄鋼系材料に関しても色々な提案が行われた。発泡鉄、不純物リッチ鉄、非鉄金属との混合鉄、新素材補強鉄、ウイスキー繊維などなどである。当時米国鉄鋼メーカーは元気が無く、超鉄鋼のような提案は残念ながら行われなかった。社内で大プロジェクトを結成し選別した結果、注力したのは鉄筋や鉄骨に代わる構造材料としての繊維補強プラスチック (FRP) の実用化であった。それから苦節 20 年、この

努力は未だ大きな成果に結びついてはいないが、ようやく日本と米国で本格的なトラス構造や橋梁に採用され始めている。

この材料が建設産業により深く浸透し、定着するまでにはさらに 10 年以上の年月が必要ではないかと思われる。そこで筆者は再度方向転換を行い、高密度繊維補強 (繊維リッチ) 高強度コンクリート (鉄のようなコンクリート) 開発に挑戦した。米国の MIT やシガン大学との共同研究開発の結果、技術的には所定の性能を得ることが出来た。しかしながらコストが高く広く普及するまでには至っていない。地球環境時代となり不純物を多く含んだリサイクル鋼材の構造利用を検討しようと提案した。これもバテル研究所の提案にあったものである。これまでの奮闘をセメント新聞と言う専門紙に「鉄のようなコンクリートとコンクリートのような鉄」と題するエッセイを投稿した。

20 年以上も鉄やコンクリートに代わる構造材料探索の旅に出て得られた結論は既存構造材料の高機能化であった。超鉄鋼研究センターが開発中の材料は筆者の長年の夢を実現してくれるものと大いに期待している。



2. TOPICS

高強度微細粒鋼の高サイクル疲労破面

- 回生素材を利用するリサイクル鉄の超鉄鋼化 -

冶金グループ 島倉 俊輔、横浜国立大学 梅澤 修



はじめに

材料リサイクルの障害を逆利用するプロセスの開発は、環境負荷を低減できる新システム創出に大きく貢献できる。例えば銅(Cu)は、鋼を再溶解するプロセスでの除去が困難な元素であり、ある温度範囲では熱間圧延の際に脆化の要因となる。しかし一方で、Cu は鋼のフェライト基地を強くする元素でもある。

高強度鋼や表面硬化鋼の高サイクル疲労では、介在物等を起点とした内部破壊によって破断強度が長寿命域で低下することがよく見かけられる(これは fish-eye 破面とも密接な関係がある)。この現象は金属微細組織の影響も受ける。金属微細組織は化学成分、相変態及び変形条件などによって制御できる。そこで、バネ鋼と軸受鋼の2種類の焼入れ焼戻しマルテンサイト鋼について、Cu を含む高強度微細粒鋼の高サイクル疲労挙動を破面観察から検討した。

試験材の疲労強度

バナジウム添加のバネ鋼(SRS)と一般的な軸受鋼(SUJ2)を比較材として、1mass% Cu を添加したバネ鋼(SUP12Cu)と1mass% Cu を添加した軸受鋼(SUJ2Cu)を検討した。また、比較材に繰り返し加

工熱処理(RTMT)を施したのもも検討した。これは高周波により1073 K に加熱したものを鍛造する処理を3回繰り返したものである(SRS-FG, SUJ2-FG)。疲労試験は、油圧サーボ試験機を使用し、最小/最大応力比(R=0.01)の一軸正弦波形荷重制御で行った。試験温度は室温である。

図1は、疲労破断寿命と疲労強度/引張強度比で疲労特性を整理したものである。バネ鋼の中では、SRS-FG は SRS より高い疲労強度を示す。SUP12Cu は SRS の疲労強度高サイクル域でSRS とほぼ等しい疲労強度を示すが、低サイクル域ではわずかに高い疲労強度を現す。軸受鋼では、低サイクル域で SUJ2-FG と SUJ2Cu は共に SUJ2 より低い疲労強度を示したが、高サイクル域では高くなり、Cu 添加によってさらに高まった。

高強度微細粒鋼の高サイクル疲労破面

図2は fish-eye 疲労破面の例である。SRS-FG は、表面下の割れ発生であるが高サイクル域で高い疲労強度を示した。

以上のように、バネ鋼においては、RTMT プロセスと Cu 添加を結合すると引張強度と疲労強度の両方を高める可能性がある事がわかった。

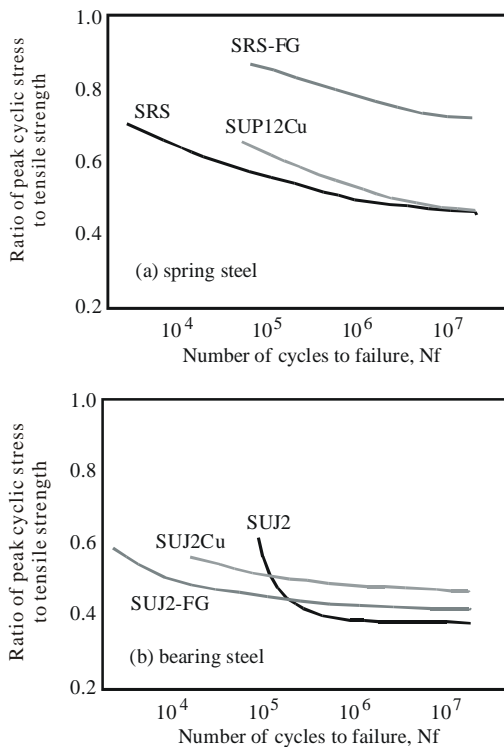


図1 疲労強度と引張強度の比による S-N 曲線

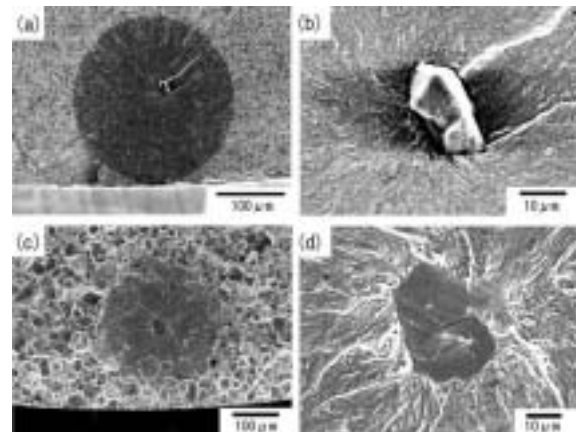


図2 高サイクル疲労破面

(a)(b)SRS-FG($\sigma_{max}=1200\text{MPa}, N_f=7.25 \times 10^6$)

(c)(d)SUJ2-FG($\sigma_{max}=850\text{MPa}, N_f=4.46 \times 10^6$)

3. TOPICS

溶射プロセス改良による耐高温腐食皮膜の開発

- ガスシュラウド HVOF 溶射の廃棄物発電環境への適用試験 -

材料研究所 溶射工学グループ 黒田 聖治



背景と目的

廃棄物発電の効率化には、ボイラーチューブ等の高温腐食が大きな課題となっている。NEDO や都を中心に精力的な材料開発が進められており、溶射コーティングも有力な防食対策の選択肢の一つとして研究されている。近年、我々は高速フレイム(HVOF)溶射にガスシュラウドを組み合わせることによって、緻密で酸化度の低い合金皮膜を大気中で形成するプロセスを開発し海水や酸水溶液環境での耐食性を実証してきた。このプロセスで形成した溶射合金皮膜の高温腐食環境への適用可能性を検討するために、100時間の模擬腐食試験を行った。

実験方法

溶射プロセスとして大気中プラズマ溶射(APS)、高速フレイム(HVOF)溶射、ガスシュラウド付HVOF(GS)溶射の3種類を比較した。各プロセスによってインコネル 625、50Ni-50Cr、ハステロイ C の各合金をディスク状の S15C 基材上(14mm × 5mm t) に約 400 μm の厚さでコーティングした。試験条件は

表 合成灰の組成 (mass%) と試験ガス組成

Al ₂ O ₃	CaSO ₄	ZnSO ₄	Fe ₂ O ₃	NaCl	KCl	Na ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄
27	25	4	4	5	5	15	15
HCl	SO ₂	O ₂	CO ₂	H ₂ O	N ₂		
1000ppm	50ppm	10%	10%	20%	bal.		

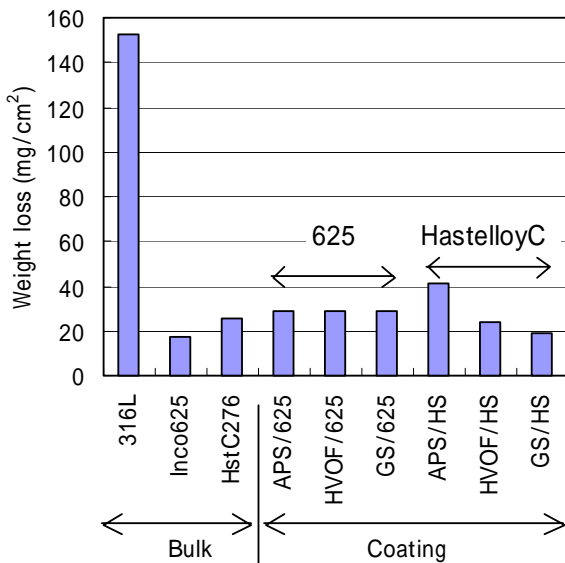


図 1 高温腐食試験後の試料の重量減。板材と溶射被覆材。625 合金では 3 種類のプロセスで減量にほとんど差がないが、ハステロイ C では GS 溶射皮膜が最も減量が少なかった。

NEDO に準拠した合成灰(表上段)を試験片表面積に対して 40mg/cm² 塗布し、HCl 等を含む組成(表下段)のガス中で 550、100 時間試験した。試験後、脱スケールし重量変化及び断面組織観察を行った。

腐食試験結果

図 1 に試験後の重量減 (2 回の試験の平均値) を 3 種類の板材及び 625 合金とハステロイ C を被覆した試験片について示す。625 合金の場合、重量減は 3 種類のプロセスでほとんど違いはなく、板材より約 60% 多かった。ハステロイ C 及び Ni-50Cr の場合 APS>HVOF>GS の順に減量は少なく、特にハステロイ皮膜(GS/HS)の減量は板材と同等であった。図 2 に試験後に脱スケールした 625 合金皮膜断面の塩素分布を EPMA によって測定した結果を示す。APS 皮膜では皮膜中の気孔を介して Cl が基材にまで達していることが分かる。これに対して GS 溶射皮膜では Cl の内部への浸透はほとんど見られなかった。HVOF 皮膜への Cl の浸透はわずかに GS 皮膜より多い程度であった。

今回の試験は 100 時間と短時間であったため、基材まで腐食成分が浸透した APS 皮膜でも皮膜の割れや剥離にはいたらなかった。しかし、より長時間ではどの皮膜材料でも緻密性の最も高い GS 溶射皮膜が耐久性に優れることが予想される。

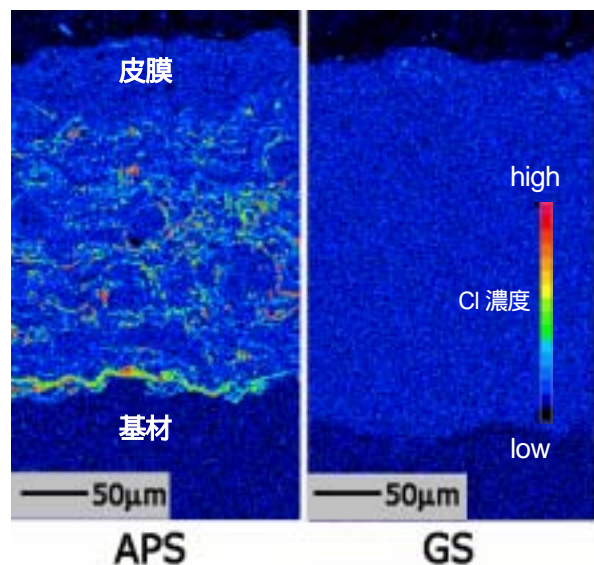


図 2 腐食試験後の 625 合金を被覆した試料の断面 EPMA による塩素分布像。大気中プラズマ(APS)溶射皮膜では気孔を介して基材にまで Cl が達しているが、GS 溶射皮膜ではほとんど Cl の進入が見られない。

4. センター便り

「超鉄鋼で築く 21 世紀」シンポジウム報告

超鉄鋼プロジェクトは第2期に入り、強度と寿命を兼ね備えたファクター4の超鉄鋼の創製、それを生かす新構造の提案と構造化技術の研究を進めています。そこで、昨年の秋から超鉄鋼を活用した土木・建築における新構造にかかわる課題の抽出を日本鋼構造協会に調査をお願いしました。今回、(社)日本鋼構造協会が主催し、利用技術研究に関する成果の発表とともに自動車産業における自動車用材料の動向の紹介を含め、超鉄鋼の利用技術に関し異分野間の情報交換と討論を行うことを目的に、シンポジウムを開催いたしました。

「超鉄鋼がつくる社会」と題し、長井超鉄鋼研究センター長が超鉄鋼プロジェクトにおける取り組み、都市再生、エネルギー分野における将来的な展開、実用化の現状について紹介しました。岐阜大学奈良教授から「土木構造への超鉄鋼利用技術の検討」、東京工業大学和田教授から「建築構造への超鉄鋼利用技術の検討」として、日本鋼構造協会技術・標準化委員会超鉄鋼利用技術検討小委員会で検討してきました成果の発表がありました。橋梁、建築構造において、超鉄鋼という新しい材料を使っの斬新な設計的考え方で耐震性に優れた安全で安心な構造物、リサイクル、リユースのできる環境にやさしい構造物、社会的トータルコストを下げられる構造物、など夢の広がるお話でした。また、トヨタ自動車(株)金属材料室の鈴木室長より「環境問題からの自動車用材料の動向と鉄鋼への期待」として特別講演をいただきました。環境問題からの燃費向上、軽量化、さらに衝突安全性などからの高強度鋼化とその背反性としての割れ、形状凍結性、特性のばらつきの問題など自動車産業での取り組みと将来的な超鉄鋼材料への期待を述べられました。

その後、(株)読売新聞社編集委員の浅羽氏の司会でパネルディスカッションがありました。新しい材料で夢のある構造物をつくっていくという熱い期待をこめられた司会で、講師の先生方から興味深いお話を引き出されていきました。

自動車を含む材料ユーザーと材料側が真剣に将来展望を語り合い、若い人たちへの夢を持たせ、しかもそれを近い将来実現していくという、意気込みにあふれたすばらしいシンポジウムでした。講師の方々、司会の浅羽さん、日本鋼構造協会の皆さんに厚く御礼申し上げます。

(材料研究所 信頼性評価グループ 萩原 行人)

受賞報告

中村 照美、平岡 和雄(溶接グループ)は、「超狭開先GMA溶接開発のための溶接プロセス数値シミュレーションシステム」に対して平成 15 年 5 月 19 日、社団法人高温学会より平成 14 年度高温学会論文賞を戴きました。

木村 恵、小林 一夫、山口 弘二(材料基盤情報ステーション 疲労研究グループ)は、「各種耐熱鋼のクリープ疲労寿命に対するひずみ範囲分割法による解析」に対して平成 15 年 5 月 23 日、社団法人日本高圧力技術協会より科学技術振興賞を戴きました。

川口 勲(溶接グループ)は、「高出力深溶込みレーザー溶接における欠陥防止のための出力変調制御法の開発」に対して平成 15 年 5 月 27 日、財団法人溶接接合工学振興会より木原奨励賞を戴きました。

5月の出来事		今後の予定	
H15.5.28	「超鉄鋼で築く 21 世紀」シンポジウム	H15.6.24-25 H15.7.29-31	第7回超鉄鋼ワークショップ サイエンスキャンプ 2003