

STX-21 ニュース



独立行政法人 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 17 年 6 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

05 年 6 月号 (通巻第 94 号)

目次

- | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|---|
| 1. 鋼材と溶接材料の開発 | 大阪大学接合科学研究所 客員教授 百合岡 信孝 | 1 |
| 2. TOPICS WC-Co HVOF 溶射皮膜の密着性評価 | 材料研究所 溶射工学グループ 渡邊 誠、黒田 聖治、大和田 亜以子 | 2 |
| 3. TOPICS 低炭素鋼薄スラップ凝固材の組織と力学性質 | 冶金グループ 殷 福星 | 3 |
| 4. センター便り フロンティア・サークル -任期を終えて-、受賞報告 | | 4 |

1. 鋼材と溶接材料の開発

大阪大学接合科学研究所 客員教授 百合岡信孝

筆者は鉄鋼メーカーで鋼材の溶接の研究を長年担当してきた。鋼材の多くは溶接して構造物に組立てられるので、溶接性は構造用鋼材に要求される重要な特性の一つである。新しい鋼材を開発する際、溶接性の確保が常に重要な課題であった。また、新鋼材にはそれに適する溶接材料が必要で、新鋼材の性能が画期的であればあるほど適用溶接材料の開発は難しくなることを経験してきた。その一例を新開発レールで紹介する。

新幹線では列車高速走行のため、市街地路線では騒音防止のため、海外など重荷重軌道では継目箇所の路盤安定のために、レールを溶接しロングレールにする。レールは先ず耐摩耗が重要で高強度でなければならない。そのため、欧米では重荷重用には合金鋼系レールを用いる。レール頭部は耐摩耗のほかに耐疲労、潤滑性が要求され、それらの要求も十分に満たす共析系(0.78%C)微細パーライト系の高強度レールが我が国で開発された。

レールはほとんどがフラッシュ溶接で接合される。このプロセスは溶融部を加圧で排出してしまう固相接合法である。しかし、信号用絶縁継手部や伸縮継手部など加圧できないところでは手溶接やテルミット溶接など溶融溶接が実施される。高強度レール用の溶接材料にCr-Mo系低合金鋼を用いたが、低C系なので共析系の母材より融点が100°Cほど高くなり、溶融溶接すると母材レールの

熱影響部が一部溶融してしまう。合金レールではこの問題はない。レール開発側は溶材のC量を高めれば良いと簡単に云うが、母材熱影響部欠陥は防いでも溶接金属の凝固割れが問題となる。とにかくP、Sを



極端に低減した高C系溶材を製造したが、凝固割れ防止のために高度技術を要する溶接作業となっている。高強度レールは輸出が多く、海外ではテルミット溶接が主でパーライトレール用のテルミット溶剤が必要となったが、溶剤はドイツの会社が製造しており、高C系溶剤の開発には苦労させられた。

レールの場合は固相接合主体であったが、一般構造用鋼や自動車用薄鋼板は溶融溶接主体なので、これら新開発鋼の開発に際しては対応する溶接材料と溶接技術を考える必要がある。鉄鋼メーカーと溶材メーカーでは研究の規模が異なり、高機能になるほど溶接材料開発は困難となるので民間側だけの研究では不十分で、物材機構などの機関が溶接基礎研究に目を向けて指導力を発揮していただければと思っている。新たに開発される鋼材が真に実用化されるために。

2. TOPICS

WC-Co HVOF 溶射皮膜の密着性評価

- 優れた密着性発現メカニズムの解明・応用を目指して -
材料研究所 溶射工学グループ
渡邊 誠、黒田 聖治、大和田 亜以子



はじめに

溶射コーティング材において、皮膜の基材に対する密着性は、溶射皮膜の適用可能性・寿命・メンテナンスコストを支配する最も重要な因子の一つである。一般的に高速フレーム(HVOF)溶射により作成される皮膜は高い密着性を示すことが知られているが、中でもWC-Co系サーメット皮膜は非常に優れた密着性を示すことが経験的に知られている。この材料は、WC一次粒子をバインダーであるCoがつなぎ合わせた組織からなる。しかしながら、その高い密着性のために、皮膜を剥離させることが難しく、密着性に関する定量的な報告は極めて少ない。それゆえ、その高い密着性の発生メカニズムに関して不明な点が多い。

本研究では、WC-Co HVOF溶射皮膜の密着性を定量的に評価し、組織との相関について明らかにすることを目的とした。特にWC一次粒径サイズの影響に着目した。

WC一次粒径の密着性への影響

基材として鏡面研磨した炭素鋼(S45C)を用い、HVOF溶射法によりWC-Co系皮膜(膜厚～約800 μm)を堆積させ、試料を作成した。試料を短冊状に加工後、皮膜表面側から界面へ向かってノッチを導入し、四点曲げ試験を行うことにより界面破壊靭性値を評価した(模式図参照)。WC一次粒径の異なる五種類の原料粉末(二次粒径: 約45 μm)を同条件下にて溶射し、試料とした。

界面破壊靭性は図1に示すとおり、WC粒径の増大に伴い、高くなる傾向を明確に示した。最も低い値となったType A(WC一次粒径: 約200nm)でさえ、界面破壊靭性値は約500J/m²であり、ステンレス鋼SUS316LのHVOF溶射皮膜の値、200～

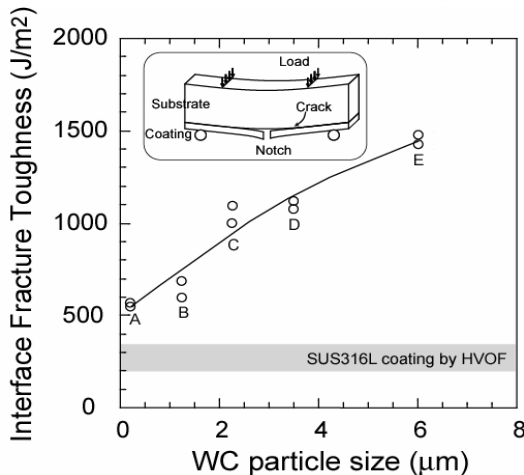


図1. WC一次粒径の界面破壊靭性値への影響

300J/m²と比較しても非常に高いことが理解される。溶射プロセス時、投入された粉末は2000～2500の高温に極短時間さらされるが、WCが完全に分解されることは無い。そのため、固相である炭化物相と、液相であるW-Co合金相(WはWCの分解反応から生成)の固液混合状態にて基材に衝突すると考えられる。この固相である炭化物相の堆積挙動が、界面靭性値に大きな影響を与えていると推測される。そこで、溶射スプラット(一個の原粉末が基材に衝突・扁平・凝固した後の組織)の断面組織観察を集束イオンビーム(FIB)装置により行った。

WC-Coスプラット断面組織

スプラット組織は鏡面研磨した基材上に皮膜作製時と同条件にて堆積させた。図2に最も高い靭性値を示したType E(WC一次粒径: 5～7 μm)のスプラット断面組織を示す。FIBによりスプラット断面作成後、試料台を傾けて観察を行った。図中、黒く判別される粒子が炭化物相であり、その大きさは原粉末に含まれる粒子径とほぼ等しい。また、別枠に見られるようにWC粒子が基材側に押し込まれている様子が観察される。最も一次粒径の小さなType AではこのようなWC粒子の基材への食い込みは認められなかった。WC一次粒径が大きくなるにつれ一個のWC粒子の持つ運動エネルギーが高くなり、基材衝突時に周囲の合金相や界面部を圧縮し局部的に緻密化すること、その結果、密着性が改善されることが示唆される。また、これら押し込まれたWC粒子が界面き裂進展時に破壊抵抗として働くと考えられる。より詳細な堆積挙動・破壊過程について今後、研究を進めていく予定である。

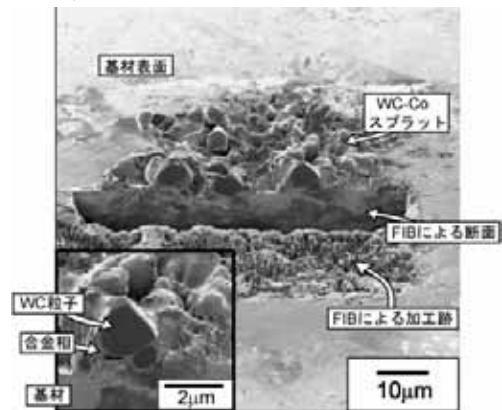


図2. WC-Co スプラットのFIB断面組織 (WC一次粒径5～7 μm)

3. TOPICS

低炭素鋼薄スラブ凝固材の組織と力学性質



冶金グループ 殷 福星

目的

多量に使用されている薄鋼板は通常連続鋳造で得られた250mm厚のスラブ材から熱間圧延や冷間圧延・焼鈍処理によって生産されている。近年、製鋼エネルギーの低減や製鋼ラインの短縮を目標としたミニルやストリップキャスト技術の開発が活発に行われ、欧米では実機生産の段階に入っている。

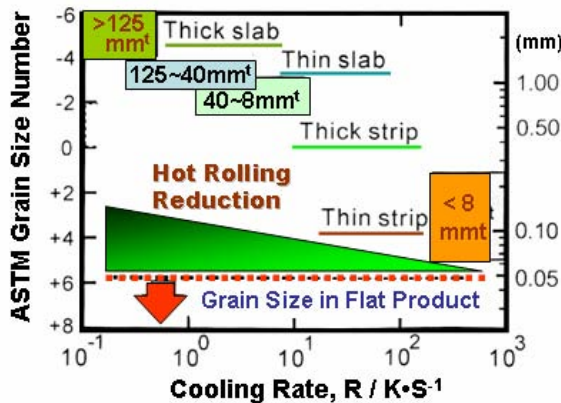


図1 連続凝固材の種類と表層凝固速度、及び厚さ方向における組織不均質性予測

図1に示したように通常連続鋳造スラブ材(>125mm²)に比べて、薄スラブ材(125-40mm²)やストリップ材(<8mm²)の表層凝固速度がそれぞれ10倍、1000倍程度と大きい。材料の組織(オーステナイト結晶粒)は凝固速度の増大と共に微細化となる。一方、凝固材表層と中心部の凝固速度の差は表層凝固速度の増大に伴い大きくなり、凝固厚さも凝固速度の差に影響する。したがって、薄スラブ凝固材においても厚さ方向組織や性質の均質性を調べておく必要がある。

試験材と材質評価方法

55mm厚 1180mm幅の低炭素鋼薄スラブ連鋳材は水スプレーで1283Kまで冷却し、その後、室温まで空冷したものである。薄スラブ材を厚さ方向で2mm厚に連続スライスし、組織や力学性質の厚さ方向の変化について解析した。鋳造

方向に対して、引っ張り方向がそれぞれ0°、45°と90°の引張試験を行い、平均r値を $r_m = (r_0 + 2r_{45} + r_{90})/4$ を決定した。また、走査電子顕微鏡を用いて各スライス位置における結晶方位や結晶粒径を解析した。

薄スラブ凝固材の組織と力学材質分布

凝固組織の二次デントライト間隔から推定し、試験した薄スラブ材の凝固速度は厚さ方向で50~1ks⁻¹範囲に変化する。室温におけるフェライト相の結晶粒径は表層の120から中心部の220μmまで変化することが分かった。しかし、薄スラブ材の強度延性特性は表層脱炭部分や中心キャビティ存在領域を除いてスラブの厚さ方向で均質である。一方、スラブ材板面に平行する{111}方位の集合組織は表層位置から3/8厚さ位置までは発達するが、その後中心位置まで逆に減少していく傾向が見られた。また、{111}//ND方位を有する結晶粒の大きさは集合組織の強さに対応した変化を示した。材料の加工性を反映するr値は(図2)、S=1付近の表層部とS=0の中心分を除いて連続的な変化を示し、{111}//ND方位を有する結晶粒の大きさと対応してスラブ材の厚さ方向に変化することが分かった。

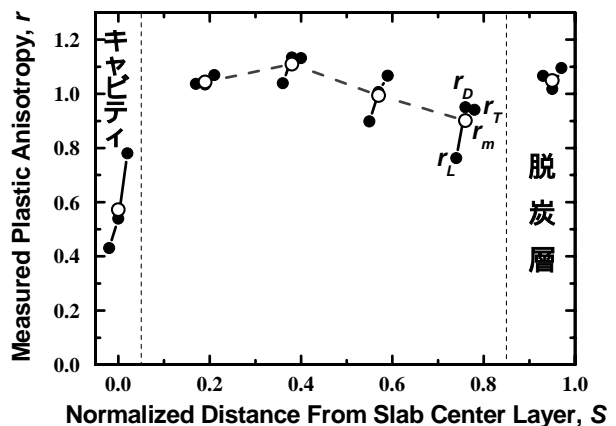


図2 薄スラブ凝固材 r 値の厚さ方向分布

4. センター便り

フロンティアサークル 任期を終えて

任期を終えて

金相グループ 松門 克浩

遅れ破壊評価法の開発ということで3年間にわたって鋼中水素の評価に取り組んでまいりました。成果は十分ではないかもしれませんが、今後の超鉄鋼研究ならびに遅れ破壊研究に僅かなりとも貢献できたのであれば幸いです。NIMSでは暴露試験を担当させていただき、また企業とは異なる環境での研究の進め方を学ぶなど貴重な経験を積むことができました。帰社後に十分活かして研究活動に取り組んでいきたいと思えます。

最後に公私にわたりお世話になった皆様に深く感謝致します。

(株式会社 神戸製鋼所 材料研究所 表面制御研究室)



受賞報告

長井寿(センター長)は、強靱材料の破壊の微視組織的研究に対して2005年3月29日、(社)鉄鋼協会より学術貢献賞(三島賞)を戴きました。

鳥塚史郎(冶金グループ)は、超微細粒鋼製造の基礎理論と実証に対して2005年3月29日、(社)鉄鋼協会より学術記念賞(西山記念賞)を戴きました。

志賀千晃(現大阪大学客員教授、元金属材料技術研究所)は、溶接発展への貢献に対して2004年10月25日、スロバキア溶接研究所(VUZ)、スロバキア共和国工業会、スロバキア溶接学会よりヨーゼフ・コベルカ賞を戴きました。

平岡和雄(溶接グループ)は、「アーク現象の定量化とアーク溶接プロセス制御への展開」に対して2005年4月21日、(社)溶接学会より溶接学会業績賞を戴きました。

伊藤礼輔(現川崎重工業)は、論文「伊藤礼輔、平岡和雄、志賀千晃：超狭開先アーク溶接における超細粒鋼熱影響部の特性 - 超細粒鋼溶接熱影響部の軟化域とミクロ組織(第1報) - 」に対して2005年4月21日、(社)溶接学会より、溶接学会論文奨励賞を戴きました。

村松由樹(溶接グループ)は、連載講義「レーザスペckルによるひずみ測定法の溶接への応用」の執筆に対して2005年4月21日、(社)溶接学会より溶接学会誌ベストオーサー賞を戴きました。

6月の出来事・行事		今後の予定	
H17.6.14-17	International Conference on Martensitic Transformations (Shanghai, China)	H17.7.4-8	16th IFAC WORLD CONGRESS IN PRAGUE (プラハ、チェコ)
H17.6.24	第184回西山記念技術講座 (東京工業大学)	H17.7.6-8	1st International Conference on Diffusion in Solids and Liquids (DSL-2005)(Averio, Portugal)
		H17.7.8.	第185回西山記念技術講座 (神戸西山記念会館)
		H17.7.20-21	第9回超鉄鋼ワークショップ (つくば国際会議場)