

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 9 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 9 月号 (通巻第 97 号)

目次

1. 見上げれば青空が望めるか
元科学技術庁材料開発推進室長 経済産業省原子力安全・保安院 原子力防災課長 井元 良 1
2. TOPICS 急冷プロセスにおける微細組織に及ぼす冷却速度の影響
冶金グループ 金 漢洙 小林 能直 2
3. TOPICS Improvement of Weld Bond Toughness of Ultra-Fine Grained Steel by Adding Al and Si Elements
Hai Qiu, Toshiyasu Nishimura and Kazuo Hiraoka
Metallurgical Processing Group, Corrosion Resistant Design Group and Welding Metallurgy Group 3
4. センター便り 日本-スロバキア溶接・接合セミナー & IIW2005報告
溶接グループ 中村 照美 4

1. 見上げれば青空が望めるか

元科学技術庁材料開発推進室長 経済産業省原子力安全・保安院 原子力防災課長 井元 良

「鉄の研究はもう終わりですか？」 10年ほど前、この単刀直入な質問が「超鉄鋼プロジェクト」を世に生み出すことになった。90年代は我が国にとって失われた時代だったと言う人がいる。はたしてそうだろうか。多分その時代に何もせず、恐らく今なお何も発見できないでいる傍観者諸氏のその言に私は与しない。バブル崩壊から数年が経過していた時期、研究開発政策にも投資乗数効果が期待され、選択と集中が不可欠との認識から「科学技術創造立国」の旗が打ち立てられた。当時、旧科学技術庁の材料開発推進室長に出向していた私もすでに時代の表徴になりつつあった「閉塞感」の打破を強く意識しながら、今は独立行政法人物質・材料研究機構となった旧金属材料技術研究所の幹部研究者にかすかな期待を込めて冒頭の問いかけをしたのだった。「腹をくります。ブレイクスルーの対岸にあって、性能面、経済面、環境面などの諸要求を満たす新世紀構造材料(STX-21)と呼ぶに相応しいものを研究開発し、必ずや社会に貢献してみせる。」これが回答だった。予想をはるかに超える熱いものが切実に伝わってきた。その後の経緯は各位ご存知のとおりである。間もなく誇り高き研究者達の大発憤の共鳴連鎖が起こり、協調と競争の精神の下で彼らの持てる能力が遺憾なく発揮された結果、現在までに幾多の輝かしい研究成果が生み出された。しか

し、それにも増して私が目を見はり拍手して止まないのは、研究者達の知的土気の高原状態の持続はもとより、産学官各界の周辺関係者の共感と協力を維持し続けるという地道なマネジメント面に関して、このプロジェクトを主導する研究者達が当初から心を砕き、その後も努力を怠らなかつたことである。官製研究プロジェクトは立ち上げこそ麗々しくとも成果がよく見えないと批判されることが多い。これは中長期間の継続に耐えるには研究当事者の中に優れたマネジメント能力をも期待せざるを得ないのが実態であるが、多くの場合それが不十分なこともまた不幸な事実であるためであろう。その点このプロジェクトには、明瞭な方向性、過去の努力の蓄積の他に、目的とするものをやり遂げる強い意志と優れた能力があったことが特筆されよう。超鉄鋼の開発は、これからが実用に向けて真の正念場を迎えるものと思われる。プロジェクト発足当事者の一人として、10年前の質問への回答をエールとして今再び贈りたい。「輝ける青空を見せていただきたい」と。



2. TOPICS

急冷プロセスにおける微細組織に及ぼす冷却速度の影響

冶金グループ 金 漢洙

小林 能直



はじめに

γ 粒径(prior austenite grain size, PAGS)を予測し、制御することは、超微細粒鋼の製造を考える上で重要である。しかしながら、急冷プロセス中の冷却速度とPAGSの関係は明確になっていない。そこで、高リン鋼に対して、冷却速度による2次デンドライトアーム間隔(secondary dendrite arm spacing, SDAS)とPAGSの変化について、最大冷却速度 10^5 Ks^{-1} の範囲まで測定した。また、冷却速度とPAGSの関係を理論的に検討した。

急冷プロセス実験方法と解析方法

試料鋼板の上に電子ビームを照射しながら移動させ、鋼板の表面だけを溶かして、そのまま急冷させた。冷却速度は電子ビームの移動速度を調節して制御した。図1に実験の概略図を示す。表面再溶解プロセスの冷却速度はロセントラル式(Rosenthal thick plate solution)を使って計算した。溶融断面積やSDASから、本方法により約 10^5 Ks^{-1} 、 $6 \times 10^4 \text{ Ks}^{-1}$ の凝固、固相冷却速度が実現されたことがわかった。冷却速度によるPAGSの変化を古典粒成長モデル(classical grain growth model, CGM)で計算して実験の測定値と比べた。

冷却速度と初期 γ 粒径(d_0)の関係

本研究で、初期 γ 粒径(d_0)はPDAS(primary dendrite arm spacing)とほぼ同じと仮定している。ストリップ casting、スラブ castingにて測定したPDASと冷却速度の関係を図2に示す。直線関係が得られ、外挿して解析に用いた。

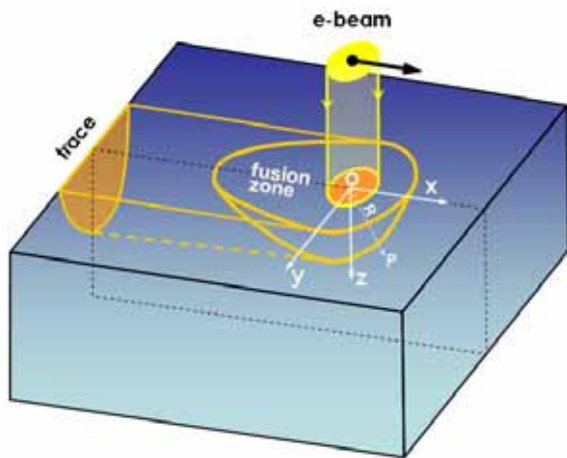


図1 電子ビーム表面再溶解プロセスの概略図

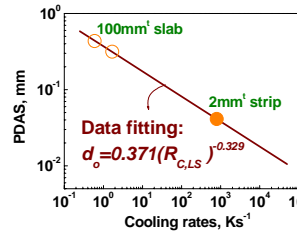


図2 冷却速度と初期粒径の関係

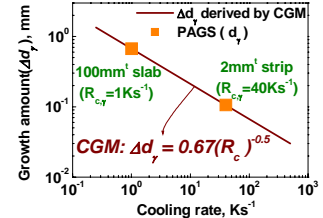


図3 冷却速度と粒成長量の関係

冷却速度と粒成長量の関係

CGMから計算した粒成長量と冷却速度の関係を、ストリップ材、スラブ材の実験値とともに図3に示す。2mmストリップ、100mmスラブのように γ 領域の冷却速度($R_{c,\gamma}$)が 10^2 Ks^{-1} より遅い場合はPAGSがCGMから得られた成長量式と一致することが分かる。一方、冷却速度が非常に速い場合は γ 粒の成長量が少なく、PAGSが初期 γ 粒径(d_0)とほぼ変わらない可能性が高い。

CGMに基づいたPAGS予測の一般式

古典粒成長モデルより γ 粒径は式(1)で得られる。

$$d_\gamma = \sqrt{d_0^2 + \Delta d_\gamma^2} \quad (1)$$

$$= \sqrt{0.138 \times (R_{C,LS})^{-0.658} + 0.449 \times (R_{C,\gamma})^{-1}}$$

図4に実測した γ 粒径と計算した予測値を示し、比較した。両者はよく一致し、CGMに基づいたPAGS予測の一般式では 10^0 から $2 \times 10^4 \text{ Ks}^{-1}$ までの広い冷却速度の範囲で γ 粒径を予測することが可能であることがわかった。

今後の展望

今後は相変態モデリングと古典粒成長モデリングを用いて、 γ 粒成長における合金成分の影響を予測するモデリングを図る予定である。

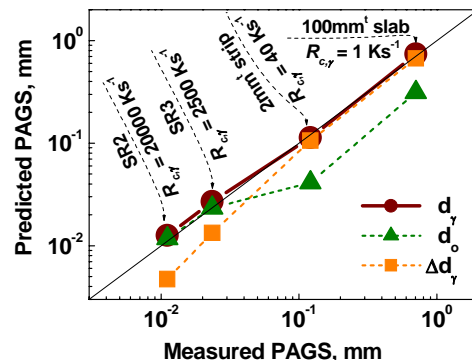


図4 γ 粒径の測定値と予測値の比較

3. TOPICS

Improvement of Weld Bond Toughness of Ultra-Fine Grained Steel by Adding Al and Si Elements

Hai Qiu, Toshiyasu Nishimura and Kazuo Hiraoka

Metallurgical Processing, Corrosion Resistant Design and Welding Metallurgy Group



1. Introduction

Grain refinement has been verified to be an effective means to increase fracture toughness of steel. However, investigation showed that grain refinement hardly increases the weld bond toughness, and the weld bond toughness is mainly determined by the chemical composition of base metal. In this study, our concern is on increasing weld bond toughness by adding Al and Si elements.

2. Effect of Al and Si elements on microstructure

Al and Si are ferrite-forming elements. Their effects on microstructure can be reflected through equilibrium diagram. Figure 1 shows the phase equilibrium diagrams calculated with Thermocalc. γ phase region shrinks along the temperature axis and shifts to high carbon side when increasing Si content. Al has similar tendency as Si.

3. Weld bond toughness

Figure 2 shows the dependence of weld bond toughness (E_p) on the equivalent carbon content C_{eq} ($=C+Mn/6+(Cr+Mo+V)/5+(Cu+Ni)/15$; IIW). E_p generally decreases with increasing C_{eq} . However, singular data which do not obey this law are present for Al-Si steels in Fig. 2.

The weld bond toughness of Al-Si steels within the singular region was investigated, and the results are shown in Fig. 3. The chemical composition (wt%) of G1 ~ G4 is 1.5Mn-0.10C-0.6Si-0.6Al, 1.5Mn-0.17C-0.6Si-0.6Al, 1.5Mn-0.10C-0.8Si-0.8Al, and 1.5Mn-0.17C-0.8Si-0.8Al, respectively. HT780 and SM490C steels are reference steels. The equivalent carbon content, C_{eq} (IIW), is 0.35 for G1 and G3, 0.42 for G2 and G4, and 0.41 for SM490C. It is obvious

that G1 and G3 have lower C_{eq} (IIW) than SM490C, and the C_{eq} (IIW) of G2 and G4 is almost equal to that of SM490C.

The weld bond in Figs. 2 and 3 was simulated one which was prepared by a thermo-cycle with the maximum peak temperature 1350 and the cooling time from 800 to 500 about 8sec.

Figure 3 shows that the Charpy impact toughness of the Al-Si steels is superior to SM490C steel, which indicates that adding Al and Si is favorable to increase the weld bond toughness. Comparing with G1, G2 with high carbon content has higher weld bond toughness. The same tendency was shown in G3 and G4. The extraordinary phenomenon of “the higher the carbon content, the higher the weld bond toughness” shows that weld bond toughness can be improved by increasing carbon content for Al-Si steels with a certain C_{eq} (IIW) range. This special characteristic should be related to the shrinkage of γ phase region by Al and Si as shown in Fig. 1. Their correlation is under investigation.

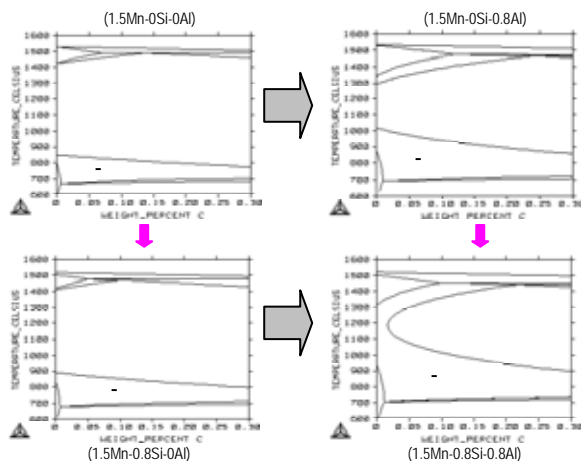


Fig. 1 Phase equilibrium diagrams of Al-Si steels.

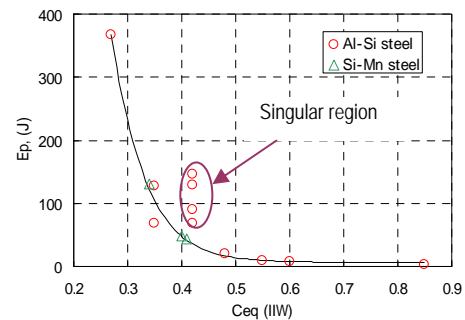


Fig. 2 Relationship between weld bond toughness (absorbed energy at room temperature) and equivalent carbon content.

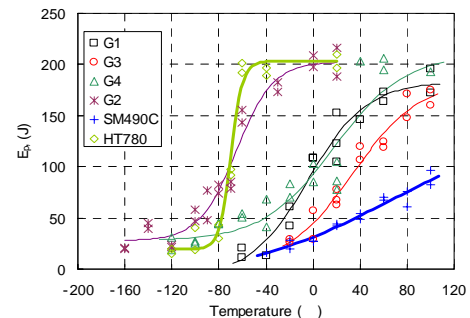


Fig. 3 Results of the Charpy impact tests. E_p , absorbed energy.

4. センター便り

日本 - スロバキア溶接・接合セミナーおよび IIW2005 報告

日本 - スロバキア溶接・接合セミナー - 最新の溶接技術 (Pre-Assembly seminar Japan - Slovak in Bratislava - Recent development in welding -) が、平成 17 年 7 月 7、8 日にスロバキアのブラチスラバで開催されました。本セミナーは、超鉄鋼研究センターと MOU を締結しているスロバキア溶接研究所 (Welding research institute-industrial institute of Slovak Republic, VUZ) と大阪大学接合科学研究所との共同企画により開催されたもので、溶接技術に関する最新のデータを基に討論が行われました。参加者は、スロバキア(約 32 名)、チェコ(2 名)、日本(6 名)であわせて約 40 名でした。

溶融金属の濡れ現象の解析を初めとする基礎的な研究から、Friction Stir Welding (FSW) の金属組織的検討、低変態温度溶接材料に関する基礎的検討と適用、ペンストック用の高強度材の適用と規格化に関する報告、品質保証型の新しい切断技術等に関して幅広い分野からの発表が行われました。日本からは NIMS 超鉄鋼研究センターおよび大阪大学接合科学研究所、群馬大学、栗本鉄鋼(株)より 6 件の講演が行われました。

低変態温度溶接材料については 4 件の講演が行われました。NIMS からは開発したハイブリッド - 低変態温度溶接材料の設計思想及び純 Ar 中での溶接プロセスに関する報告を行いました。また、MOU を締結しているスロバキア溶接研究所 (VUZ) と NIMS の国際共同研究の成果として、低変態温度

溶接材料を用いた溶接継手の特性評価と中性子線法による残留応力測定結果について報告されました。スロバキアの VUZ からは、低変態温度溶接材料を用いた継手のシミュレーションと継手評価、チェコの核物理研究所からは中性子放射線を用いた残留応力測定方法の報告があり、各講演とも活発な議論が行われました。ヨーロッパにおける低変態温度溶接材料についての関心の高さを感じました。

続いて平成 17 年 7 月 10 ~ 15 日にはスロバキアの隣のチェコのプラハで国際溶接学会 (International Institute of Welding, IIW2005) が開催されました。40 カ国 475 名が参加する溶接に関する大きな国際会議です。日本からは 74 名が参加し、溶接技術に関する最新の研究成果が報告されました。

各分野毎のレギュラーミーティングに加えて、近年ヨーロッパの自動車産業で盛んなレーザー・アークハイブリッド溶接に関するワークショップが開催されました。ここでは、レーザー・アークハイブリッド溶接継手の適用や応用の次のステップとして、継手の性能をあげるためのレーザー・アークハイブリッド溶接に関する発表が行われ、日本とは異なるアプローチがされています。

世界遺産の美しい町並みを誇るプラハで多くの研究者とディスカッションができ、今後の溶接技術開発へとつなげたいと思います。

(溶接グループ 中村照美)



セミナー会場における討論風景



プラハのシンボルプラハ城

8月の出来事		今後の行事	
H17.8.21-24	The Conference of Metallurgists (COM2005) (カルガリー、カナダ)	H17.9.5 H17.9.6-8	EUROMAT 2005 (プラハ、チェコ) Int'l Workshop on "Performance and Requirements of Structural Materials for modern high efficient Power Plants" (ダルムシュタット、ドイツ)
		H17.9.28-30	(社)日本鉄鋼協会・(社)日本金属学会秋季講演大会(広島大学)