

実施課題番号

2006B0205 (※)

実施課題名

高張力鋼溶接凝固過程のその場観察

実験責任者所属機関及び氏名

住友金属工業 小薄 孝裕

使用ビームライン

BL46XU

実験結果

アルミ、酸素比（以下 Al/O 比）を 0.48、0.73、1.52 と変化させた Ti-B 系低炭素鋼（以下 k1, k2, k3）を対象に、時分割 X 線回折システム[1-4]を利用した、溶湯中（液相）の介在物形成過程の in-situ 観察を試みた。システムの模式図を Fig. 1 に示す。溶接後試験片の介在物の透過電子顕微鏡観察結果は、k1, k2, k3 それぞれ、非晶質介在物（Mn-Si 系酸化物）、スピネル型酸化物（Mn-Al 系）およびアルミナが主であるということを示しており、この結果は内外の多くの研究報告[5]と矛盾しない。k2 の試料のスピネル型酸化物は、溶接冷却中の固相変態中に粒内フェライトの核生成サイトを供給し、組織微細化を成すため、溶接プロセスにおけるその形成過程に注目が集まっている。本研究において、これを解明することを試みたが k2 の溶湯中には、Fig. 2 に示すように、アルミナ（コランダム構造）が観察されたのみであった。図中、x-y 方向は Fig. 1 に対応している（低散乱角側でブロードした回折パターンは液相に対応するハローパターンである）。k1 試料においては、これらのピークは観察されずハローパターンのみであり、k3 試料に対しては、Fig. 3 に示すように、長時間にわたって、アルミナの回折パターンが検知された。スピネルの形成は、 Al_2O_3 , MnO, SiO_2 の偽 3 元系で議論されることが多いが、その一つの化合物のみ検知できた結果となった。検知できたアルミナ量は Al/O 比を反映しており合理的ではある。アルミナの反射は 0.02 秒という時間分解能の中で、時系列に沿って明滅、y 軸上への位置変化、を繰り返し、溶湯

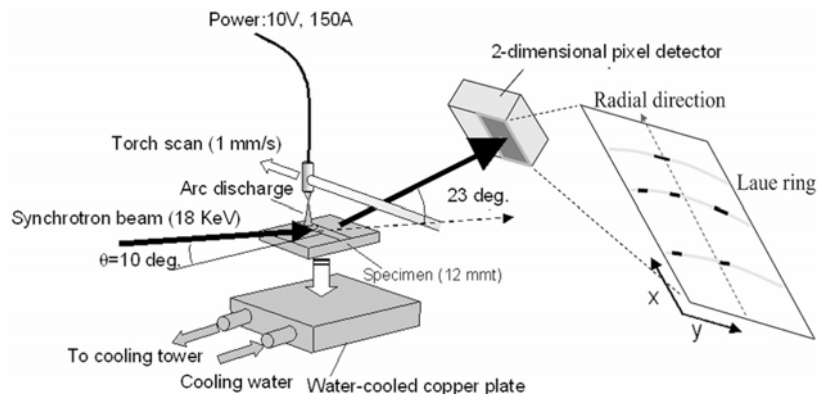


Fig. 1 時分割 X 線回折システム (46XU)

中での介在物の回転を反映していた。このように、本システムのポテンシャルは生成している介在物の挙動を捉えるには充分であることは、本研究により把握できた。

では、なぜ溶接後の介在物解析でスピネルが観察されているにもかかわらず、アルミナのみ検知されたのかを検討すると、液相状態において、溶接金属を精錬したスラグ（アルミナ）が表面を覆ったためであると考えられる。およそ $20\mu\text{m}$ と見積もられる X 線侵入深さにおいては、このことは充分考えられ、今後、波長の選択、入射角度等、その対策を講じる必要がある。また、この結果は溶接金属のプロセス中雰囲気も含めた精錬反応を考慮しながら、スピネル形成過程を考察するという指針を与えているともいえる。

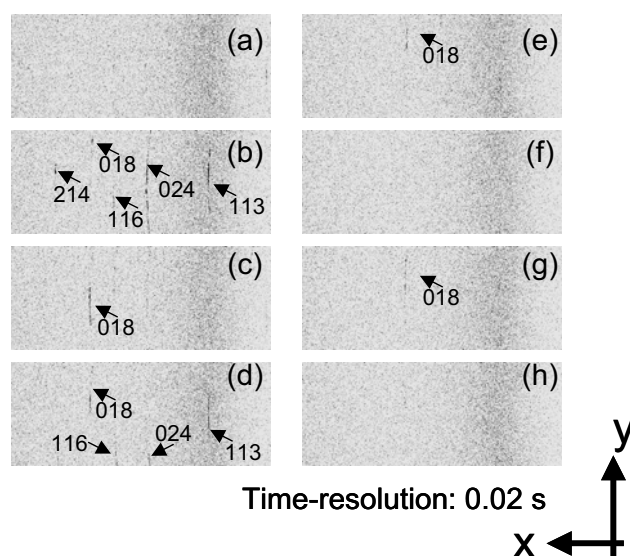


Fig. 2 溶融溶接プロセス、液相中でその場観察されたアルミナ（コランダム）の回折パターン（時間分解能 0.02 s）

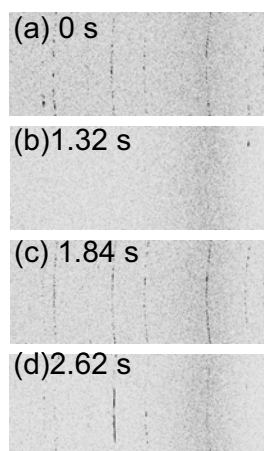


Fig. 3 k3 試料溶融溶接、液相中に観察されたアルミナ（コランダム）の回折パターン

最後に、冷却過程を考慮した介在物生成温度の熱力学および速度論計算によるスピネルの形成温度は、2000 K 以上と報告されている[6]。そのため、スピネル型酸化物の形成過程理解およびそれに基づいた、溶接金属組織制御のためには、溶湯中での形成過程のその場観察を考慮すべきである。以前報告した、固相変態中のマンガ氧化物およびスピネル型酸化物の検知結果は冷却中の酸化スケールを捉えたものであると考えるほうが、自然であると（非晶質の組成変化によるスピネル酸化物の形成説もあるが）、今回の実験結果より再考察した。

<参考文献>

- [1] M.Yonemura, T. Osuki, H. Terasaki, Y.Komizo, M. Sato and H. Toyokawa
Materials Transactions, 2006, Vol. 47, pp. 2292-98.
- [2] 米村光治、小薄孝裕、寺崎秀紀、小溝裕一、佐藤真直、豊川秀訓
鉄と鋼、2007, Vol. 93, 68-74.
- [3] 寺崎秀紀、小溝裕一、米村光治、小薄孝裕
溶接学会論文集, 2007, Vol. 25, pp. 80-85
- [4] 寺崎秀紀、小溝裕一、西野文裕、池田勝彦
溶接学会論文集、2007, Vol. 25, pp. 122-127.
- [5] H. K. D. H. Bhadeshia: 'Bainite in steels',
2001, London, IOM communications Ltd.
- [6] S. S. Babu, S. A. David, J. M. Vitek, K. Mundra and T. Debroy
Sci. and Tech. Weld. Joining, 1999, Vol. 4, 276-284.