

Ni 基合金溶接部の溶接条件が超音波探傷の欠陥検出に与える影響

The Influence of Welding Condition on Flaw Detectability by Ultrasonic Test in Ni Based alloy welds.

(財) 発電設備技術検査協会	西川 聡	Satoru NISHIKAWA	Member
	古川 敬	Takashi FURUKAWA	Member
	古村 一朗	Ichiro KOMURA	Member
	堀井 行彦	Yukihiko HORII	Non Member

In order to study the influence of welding condition on the detectability of flaws in Ni based alloy by UT, welding conditions, such as heat input, magnetic stirring and weaving were changed. Flaws in small heat input weld joints was difficult to be detected because of the presence of high noise. On the contrary, welded joints made with large heat input and weaving showed lower noise and EDM notches in these joints were easily detected.

Keywords: Ultrasonic test, Flaw detection, Ni base alloy, Welding condition

1. 緒言

原子力発電所の事故・故障は、オーステナイト系ステンレス鋼(SUS)や Ni 基合金の溶接部に生じる応力腐食割れ(SCC)や、繰り返しの温度変化による熱疲労割れによるものが多い。これらは、長期間の使用中に発生するもので、定期検査時に早期に発見する必要がある。現在普及している非破壊検査方法の中では、超音波探傷試験(UT)が最も適用性が高いと言われている。しかし、SUS 溶接金属では超音波の減衰が大きいことに加え、音速の異方性により超音波が屈曲する。そのため、SUS や Ni 基合金の溶接部に発生した欠陥の検出性およびサイジング性能は母材部に発生した場合と比較して劣るとされてきた。

一方、これまでに溶接部の組織制御の点から、超音波特性の向上策を検討する研究がされており^{1, 2)}、著者らは、これまでに SUS の溶接継手について、UT の欠陥検出性に対する溶接施工条件の支配因子を明らかにしてきた³⁾。Ni 基合金の溶接継手では、溶接金属に SCC が発生しているため、溶接金属内の欠陥を調査対象にした。本研究では、溶接金属に欠陥が付与された Ni 基合金溶接継手の溶接条件と超音波特性の関係について検討を行った。

2. 実験方法

原子炉炉内構造物において、Ni 基合金溶接材料が用いられる母材との組合せとして、①Ni 基合金、②SUS、③低合金鋼がある。本研究では、その中で②の SUS 異材継手を対象に調査を行った。

連絡先:西川 聡、〒230-0044 神奈川県横浜市弁天町 14-1、溶接・非破壊検査技術センター、電話: 045-511-1376、e-mail:nishikawa-satoru@japeic.or.jp

母材は SUS304 鋼板を用い、開先角度を 30° U 型開先に加工した後、TIG 溶接を行った。溶加材は JIS 3334 YNiCr-3 を用いた。表 1 に製作した継手の溶接条件を示す。継手は溶接入熱を変化させ、一部の継手については、結晶粒の微細化を目的に、溶接時に磁気攪拌を行った。また、継手 No.5 は溶接時にトーチの首振り操作(ウィービング)を実施した。

表 1 継手製作条件

No.	溶接入熱	磁気攪拌	ウィービング
1	1 kJ/mm	無し	無し
2	1 kJ/mm	2 Hz, 400 Gauss	無し
3	5 kJ/mm	無し	有り
4	5 kJ/mm	2 Hz, 400 Gauss	有り
5	1 kJ/mm	無し	有り

溶接後に板の表裏面を削り、15 mm の UT 評価用試験片を作製した。図 1 に試験片の寸法を示す。No.2~5 の試験片には、溶接金属の初層中央部に高さ 2 mm、溶接線方向に 12 mm の EDM 矩形スリットを付与した。縦波 5 MHz、入射角 45° で UT 自動探傷を行い、① EDM スリットから得られる欠陥エコーと②溶接金属の超音波の散乱を調査した。

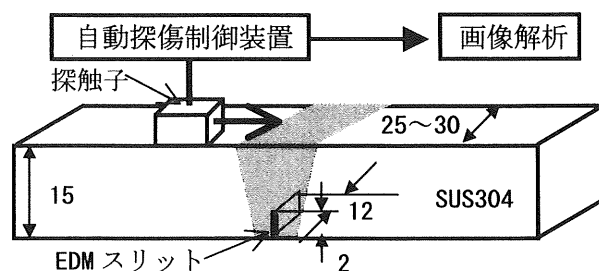


図 1 試験片の寸法ならびに UT 自動探傷方法

そして、エコー高さ比 (R) として以下を定義した。

$$R = \frac{\text{溶接金属に付与したEDMスリットのエコー高さ}}{\text{母材に付与したEDMスリットのエコー高さ}}$$

3. 実験結果および考察

図2に継手 No.2~5 のエコー高さ比を示す。エコー高さ比の最大は継手2で0.56である。しかし、エコー高さ比が最も小さい継手4,5との差は0.11程度であり、溶接条件がエコー高さ比に与える影響は少ないと考えられる。

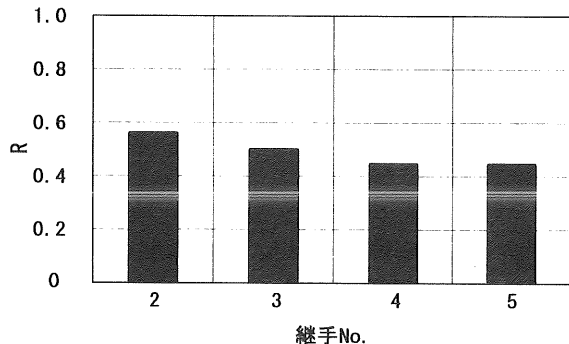


図2 継手のエコー高さ比

図3に各継手の自動 UT の画像解析結果 (C スコープ) を示す。丸で囲んだ部分が EDM スリットと思われる欠陥エコーで、それ以外のものは欠陥エコー以外のノイズである。欠陥エコーは、溶接金属の中央部にほぼ一致している。継手 No.3~5 では、溶接金属中の散乱波は継手 No.2 より小さく、欠陥エコーの識別が容易である。しかし、継手2では欠陥エコー以外の散乱波が多く生じており、欠陥エコーの識別が困難である。そして、EDM スリットを付与していない継手1においても多くの散乱波が生じている。板厚方向の解析から、このような散乱波の発生位置は、ほとんどが板厚中央部であると分かったが、このような散乱波を内部欠陥と誤認識する可能性は十分に考えられる。溶接金属の超音波の散乱は、溶接入熱が 1 kJ/mm でウィービングを行わない場合に多く生じ、溶接入熱が 5 kJ/mm なら

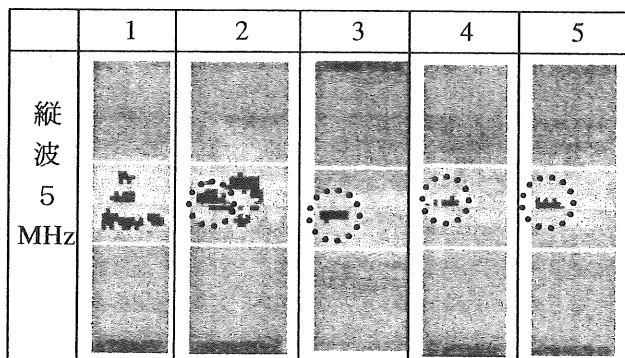


図3 各継手の自動 UT 画像解析結果 (同一感度)

びに 1 kJ/mm でウィービングを行った継手で散乱が少

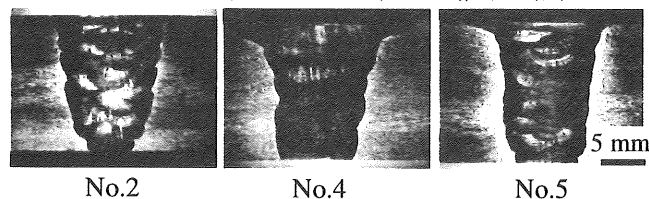


図4 継手の断面マクロ写真

なくなつた。この原因を明らかにするため、組織観察を行った。図4に結果を示す。No.4, No.5は1層1パスならびに2パス振り分け溶接のため、柱状晶の成長方向が板厚方向に連続して揃う。それに対してNo.2は、1層2~3パスで積層しているため、柱状晶の成長方向がパスの境界で変化し、板厚方向の均一性に欠けている。今後、詳細に検討する必要があるが、このような柱状晶の成長方向の不均一性が溶接金属内の超音波の散乱に影響を与えていると考えられる。耐 SCC 性の確保の点から考えると、溶接入熱は小さい方が望ましく、実際は 1 kJ/mm 程度で行われている。したがって、No.5の条件で溶接を行うと欠陥検出性に優れた継手が得られる。一方、SUS 溶接継手において欠陥検出性向上に有効であった磁気攪拌は、今回実施した溶接条件ならびに超音波探傷条件においては、その効果は認められなかった。

4. 結言

- 1) 今回実施した条件で作製した継手において、溶接条件がエコー高さ比に与える影響は少なかった。
- 2) 柱状晶の成長方向が一方向に揃う継手は溶接金属内の超音波の散乱は少なかった。
- 3) 耐 SCC 性の確保の点から、溶接入熱が 1 kJ/mm でウィービングを行った継手が、超音波による欠陥検出に優れた継手と考えられる。

参考文献

- 1) 石田、佐藤、粉川、荒川、平野 Ni 基合金肉盛溶接部の超音波減衰に及ぼす磁気攪拌と結晶粒組織の影響、溶接学会全国大会講演概要第 61 集、P.148、149、1997
- 2) 梶尾、平野、荒川、安田、玉置 オーステナイト系ステンレス鋼溶接継手の磁気攪拌溶接による超音波特性改善技術の開発、溶接学会全国大会講演概要第 61 集、P.152、153、1997
- 3) 西川、古川、米山、堀井 オーステナイト系ステンレス鋼溶接継手の超音波伝搬特性と組織、溶接学会全国大会講演概要第 69 集、P.116、117、2001