

溶接部の非破壊検査技術の習得

白木尚康*、青山正樹*、鷲見高雄*、立花一志*、山本浩治*
名古屋大学工学部・工学研究科技術部

はじめに

装置開発技術系では様々な実験装置等の製作を行い、その製作過程において溶接を行うことは多い。製造現場などにおいて溶接の自動化やロボット化が進んでいるとはいえ、まだまだ人間の技量に負うところが多い。そのため溶接部の品質は一様ではなく、溶接作業者の技術が未熟である場合は、割れや溶け込み不良などの溶接欠陥が生じることがある。溶接欠陥などが生じた場合、欠陥部分の強度不足等から実験装置の破損が生じ、時には大事故につながることも考えられる。しかし従来装置開発技術系各工作室において溶接部の健全性の評価は、溶接作業者の感と経験に頼ってきたのが現実である。今後、より品質の高い装置等の製作を行う上で溶接部の健全性の評価を行えるよう、非破壊検査技術、特に溶接部の内部欠陥の探傷法である超音波探傷法の習得を行った。また昨年度本研修において装置開発技術系で行った基本的なTIG溶接技術をさらにレベルアップするため、より高度な溶接技術である裏波溶接の実習をも合わせて行ったので報告する。

1. 超音波探傷について

1.1 超音波探傷の基礎

超音波探傷を行う探触子は2種類あり垂直探触子と斜角探触子がある。垂直探触子は鋳造材、鍛造材、圧延材等の内部キズ探傷と厚さ測定に用いられる。斜角探触子は溶接部の内部キズ探傷に用いられ、角度は 45° 、 60° 、 70° が用いられる。探傷周波数は1M~10MHzが用いられ、その中でも5MHzが良く用いられる。また、空気層があると超音波が反射されるため接触媒質としてグリセリンやマシン油を用いて探傷面との密着性を高める。今回は、溶接部の探傷なので斜角探触子を用いた。

1.2 斜角探触子について

図1に示すように斜角探触子は、振動子が角度を持っている。この振動子より発振された超音波は入射点にて屈折角をもってきずで反射し、きずエコーが探傷器画面に表示される。このときの探傷器画面の目盛り0からきずエコー間隔 W_f を計測することによって、予め超音波探傷器の調整で得られた入射点と屈折角を用いて、次式により傷の深さと入射点からの傷位置を求めることが出来る。

$$\text{傷の深さ} : d = W_f \cos$$

$$\text{入射点から傷の位置} : Y_f = W_f \sin$$

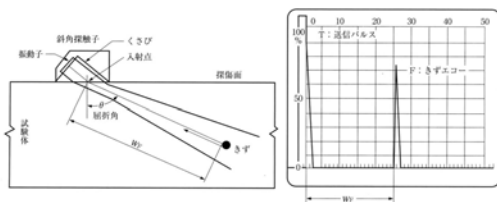


図1 斜角探傷



写真1 超音波探傷器



写真2 斜角探触子

*装置開発技術系

1.3 使用機器

写真 1 に超音波探傷器を示す。探傷器は三菱電機製 FD630 を用いた。写真 2 に斜角探触子を示す。斜角探触子は 5Z10 × 10A70 を使い、超音波周波数は 5MHz、振動子 10mm 角の振動子角度 70° である。

1.4 斜角探触子の調整

斜角探触子の調整では、標準試験片の STB-A1 を用いて行う。図 2 に示すように STB-A1 の R100 に向け超音波を発振し探傷器画面で反射エコーが最大値を示す所で、測定範囲の調整と入射点の測定を行う。具体的には測定範囲の調整は探傷器画面のエコー間隔を 40 目盛りに合わせて、1 目盛りあたり 2.5cm にする。これを合わせる時は 1 回反射と 2 回反射のエコーを用いる、送信パルスと 1 回反射のエコー間隔で行うと超音波振動子と入射点までのビーム路程が入り正確な測定が出来ない。次に入射点の測定は図 3 に示す様に、標準試験片の R100 中心溝の R に近い壁でセンサーの目盛りを読む、図では のところでありここが入射点となる。

標準試験片 STB-A1 の樹脂部分(50) に向けて斜角探触子で探傷し探傷器画面の反射エコーが最大値を示す所で屈折角の測定を行う。図 4 に示すように、入射点測定時の目盛りで、STB-A1 の角度目盛りを読む。確認のために STB-A1 の樹脂中心は測定面より 30mm あり次式で確認をする。

$$(2.5 + A) \cos 30 : \text{入射角, } A : \text{エコー間隔}$$

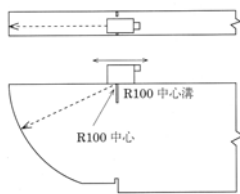


図 2 測定範囲の調整

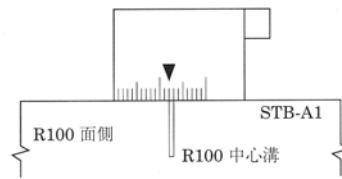


図 3 入射点の測定

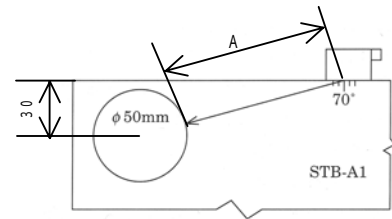


図 4 屈折角の測定

1.5 溶接部の超音波探傷方法

溶接部の超音波探傷方法は JISZ3060 にありそれに準拠した方法で行った。

探傷器の調整：斜角探触子の入射点の測定, 測定範囲の調整, 屈折角の測定

試験体の準備：探傷面のスパッタなどを取り表面を滑らかにし、スキップ点 (0.5S, 1S, 1.5S) にケガキ線を入れる (図 5) $S = t \tan t$ t: 反射回数 × 板厚

探傷器画面にスキップ点をマーキング：余盛からの妨害エコーを判別するために行う $S = t / \cos$

探傷感度の調整：STB-A2 の 4 × 4 の穴からのエコー高さを 100% になるようにゲインを調節

探傷：試験片は直射 (0.5S) での探傷不能領域が大きいので

0.5S 線 ~ 1.5S 線までの間をジグザグ走査 (図 5)

傷の位置測定：計測は L 線カット法により物差しで測定

傷の深さ $d = W_f \cos$ W_f : ビーム路程

傷の位置 $k = Y - Y_f = Y - W_f \sin$ $Y_f = W_f \sin$ 長さ

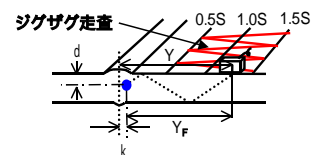


図 5 超音波探傷方法

2. 被覆アーク溶接 (裏波溶接) について

片側溶接で裏波を出す高度な技の実技指導を岐阜県代表の技能を持つ岩佐氏にお願いした。

2.1 被覆アーク溶接 (裏波溶接) 方法

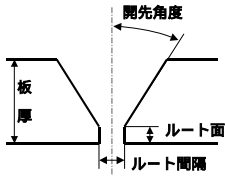


図6 溶接部名称

表1 溶接棒および溶接電流

	溶接棒	溶接電流 (A)
仮付け, 1 層目	LB52U 3.2	90
2 層目, 3 層目	LB47 4	140

試験片形状は材質：SS400, 板厚：9mm, 開先形状：35°, ルート面：1.5mm で行った。図6に溶接各部名称を示す。被覆アーク溶接（裏波溶接）は、仮付け、1層目、2層目、3層目の順で溶接を行った。溶接棒および溶接電流について表1に示す。仮付けは裏側の両端に行い、ルート間隔を2.4mmに調整した。（写真3）写真4に示す1層目はルート面にウィーピングをしながら行き、確実に裏波を出すためにアークが裏に突き抜ける溶接棒の高さにすることが大切である。裏波を出す上でルート間隔と1層目が重要である。写真5に示す2層目は開先と開先の間をウィーピングしながら溶接を行った。写真6に示す3層目は、2層目の溶接方向とは反対から開先と開先の間をウィーピングしながら溶接を行った。これにより溶接の始まりと終わりの溶接高さをそろえることが出来る。



写真3 仮付け



写真4 1層目



写真5 2層目



写真6 3層目

2.2 被覆アーク溶接(裏波溶接)の超音波探傷結果

超音波探傷はJISZ3060に準拠した方法で行い、表2及び表3の結果を得た。表2はきずが2つ発見され深さも同一の9mmとなっていて板厚と同じであり、写真7に示すように不良部が裏側より確認することができ、図7はそれを図解したものである。これらより試験体S1は片側溶け込み不良部があることが確認できる。次に表3は、同様な2つのきずが発見されたが、JISZ3060ではきずどうしの間隔ときず長さの関係で、この傷は1つのきずとみなすことが出来る。写真8及び図8により試験体S2も片側溶け込み不良部が確認できる。この両試験体とも1層目の溶接スピードが速かったのが原因と考えられる。探傷にて他の試験片にはきずを検出することはなかった。



写真7 不良部分（裏側）

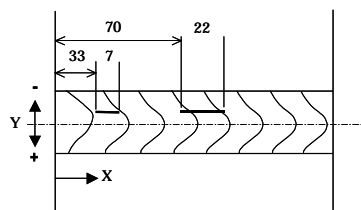


図7 きず部分

試験体 NO.	S1	入射点	12.5			
探傷器名	三菱 FD630	STB 屈折角	68.2			
探触子	5Z10×10A70	検出レベル	M検出レベル			
		探傷感度	46dB			
きず NO.	傷の位置(mm)			きず指示長さ (mm)	領域	分類
	X	Y	d			
1	33	-1.5	9	7		3
2	70	-2	9	22		4

表2 探傷試験結果



写真8 不良部分（裏側）

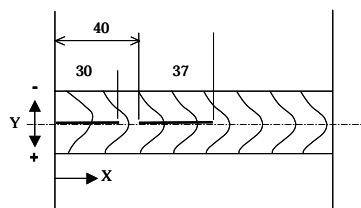


図8 きず部分

試験体 NO.	S2	入射点	12.5			
探傷器名	三菱 FD630	STB 屈折角	68.2			
探触子	5Z10×10A70	検出レベル	M検出レベル			
		探傷感度	46dB			
きず NO.	傷の位置(mm)			きず指示長さ (mm)	領域	分類
	X	Y	d			
1	0	0	9	77		4

表3 探傷試験結果

3. TIG溶接(裏波溶接)について

表4 溶加棒径および電流値

3.1 TIG溶接方法

試験片形状は材質：SUS304, 板厚：3mm, 開先形状：45°, ルート面：1.5mmで行った。溶接は仮付けした後、ルート間隔を1.5mmに調整し1

	溶加棒径 (mm)	初期電流 (A)	溶接電流 (A)	クーターフィア電流 (A)
仮付け	2	50	100	30
1層目	2.6	50	120	30
2層目	2.6	50	90	30

層目と2層目の溶接を行った。(写真9, 10, 11)この溶接では薄板なので裏波を出やすくするために、下に銅版を敷いて行った。表4に溶加棒径および電流値を示す。



写真9 仮付け

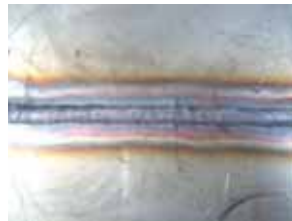


写真10 1層目



写真11 2層目

3.2 TIG溶接の超音波探傷結果および補修

板厚と材質の関係からJISZ3060に準拠した方法を用いると不適切であるが、探傷を行ったところ裏側の溶け込み不良を発見することが出来た。(写真12)この不良は溶接スピードが速いために起こると考えられる。TIG溶接は不良部分を再度トーチにより炙ると補修することが出来る。写真13は、補修溶接したものである。



写真12 補修前



写真13 補修後

4. まとめ

- 超音波探傷器の取り扱いについて、基本操作および溶接部の検査について習得した
- 被覆アークおよびTIG溶接においてより高度な技量が必要な裏波溶接技術を習得した
- 被覆アーク溶接において超音波探傷により検出した片側溶け込み不良部について、内部には融合不良およびスラグ巻き込み等の溶接欠陥は検出されなかった
- TIG溶接において超音波探傷により検出した片側ルート溶け込み不良について補修溶接を行い溶接欠陥のない継ぎ手を作ることができた

5. 謝辞

今回の実習で場所や機材を貸して頂いた創造工学センターおよび材料系工作室に深く感謝いたします。また、溶接実技においてのアドバイスを頂いた岩佐氏に謝意を表します。

6. 参考文献

JISZ3060 鋼溶接部の超音波探傷試験方法 日本規格協会