

ペネトレータの発生機構について (高周波電縫溶接に関する研究 第5報)

新日本製鐵株式会社 製品技術研究所 芳賀博世 ○佐藤 剛 青木和雄
光製鐵所 福田真一

1. 緒言：高周波溶接された電縫管衝合部にはペネトレータと呼ばれる酸化物系 (FeO , MnO , SiO_2 , Al_2O_3 など) の欠陥が発生することがあって、U S T 不良又はへん平試験破面不良の原因の一つとなっている。従来ペネトレータの発生機構としては、エッジ端面の溶融酸化物がスクイズロールでアブセットされる際に表面ビード中に押し出されることなく衝合部に残留したものであると考えられて来た。

ここでは、電縫管衝合部に存在したペネトレータがどのような溶接現象の時に発生するかを高速度カメラを使用して研究した結果新たな知見が得られたので報告する。

2. 実験方法：サーマツール型 V T 5 6 0 (4 5 0 K H z) 溶接機を使用して外径 3 2 3.5 mm, 厚さ 9.5 mm (材質: A P I 5 L X - X 5 2) の電縫管溶接を行なった。その際溶接速度および一次電圧を変えることによって第 1 種, 第 2 種, 第 3 種の溶接現象⁽¹⁾を出現させそれぞれを高速度カメラで撮影した (撮影速度: 1,000 コマ/秒)。撮影した電縫管衝合部の全長から試片を採取し, D T 試験機を使用して衝合部を脆性破壊させることによって衝合部破面を作成した。破面上を実体顕微鏡または必要に応じて走査型電子顕微鏡でペネトレータの有無を調査した。存在が確認されたペネトレータについて, その個所でどのような溶接現象が生じていたかを高速度フィルム画面上で観察した。

3. 実験結果と考察：衝合部破面と高速度フィルム画面との対応を厳密に求めた結果, ①ペネトレータは第 2 種, 第 3 種の溶接現象の場合にのみ発生し (写真 1 参照) 第 1 種の溶接現象では発生しない。②第 2 種, 第 3 種の溶接現象の場合, ペネトレータの発生位置では例外なく表面溶融ビードがエッジ間隙へ還流する現象を伴っている (写真 2 参照)。ことが判明した。この結果にもとづいてペネトレータの発生機構は次のように説明することが出来る。第 2 種, 第 3 種の溶接現象の場合エッジ端面の溶融メタルは電磁力に起因する圧力を受けて直ちに管表面に押し出され, 表面張力と釣り合って雨だれ状のビードを形成している。一方エッジ端面から溶融メタルが排出される結果 V 収束点と溶接点の間にスリットを生じこれは溶接点が溶接速度と等しい速さで移動するにつれて伸長しそれに伴って回路のインピーダンスが増加する為遂には V 収束点のエッジ面が融点以下となり両エッジは接触する⁽²⁾。全溶接電流はこの接触部を流れる為前述の雨だれ状ビードに作用していた電磁力は消失し, 従ってその間大気酸化を受けた溶融ビードは表面張力によってスリット内に還流すると推定され, この時の酸化物がそのまま凝固してペネトレータとなったと思われる。尚溶融ビードを還流させる力が表面張力であることは, 還流は極短時間で終了すること, その時間が毛管現象から推定される時間と同程度であることから明らかになった。

4. 結論：電磁力によって管表面に排出された溶融ビードは電磁力が失われると表面張力の作用でエッジ間隙 (スリット) に還流する。ペネトレータは還流した溶融ビード中の酸化物である。



写真1 衝合部破面上のペネトレータ (黒く囲まれた部分)



A: 収束点, B: 移動中の溶融ブリッジ, C: 溶接点

無記号矢印: スリット内へ還流する溶融ビード

写真2 溶融ビードの還流現象

文献 1) 鉄と鋼, 62(1976) S232

2) 鉄と鋼, 62(1976) S233