

306 電子ビーム溶接における低温割れの研究

(株)小松製作所 生産技術研究所

横島直彦
西森正博
○堅田寛治

1. 緒言

従来、電子ビーム溶接は低酸素雰囲気で行なうため、低温割れは起こりにくいと考えられており、この方面の研究はあまりなされていない。本研究は、Cr-Mo鋼を電子ビーム溶接したさい発生する低温割れの形態を調査するとともに、割れ発生防止法を検討したものである。

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo
SCM22H	0.17	0.15	0.55	<0.03	<0.03	<0.30	<0.25	0.85	0.15
SCM22H	0.23	0.15	0.90	<0.03	<0.03	<0.30	<0.25	1.25	0.30
SCM2	0.28	0.15	0.60	<0.03	<0.03	<0.30	<0.25	0.90	0.15
SCM2	0.33	0.35	0.85	<0.03	<0.03	<0.30	<0.25	1.20	0.30

(wt.%)

2. 供試材および実験方法

Table 1 に本実験に用いた、SCM2、SCM22Hの化学成分を示す。試験片形状は、Fig. 1 に示すような円板はめ込み型であり、表面は浸炭焼き入れ（ただし溶接部は浸炭防止）を実施してある。溶接後AE計測装置で割れの発生状況を確認するとともに、SEMによる破面観察を実施し、割れの形態を把握した。また溶接部の残留応力を緩和するという見地から、溶け込み状態を変化し、割れ発生との関係を調べ、低温割れ防止法を検討した。

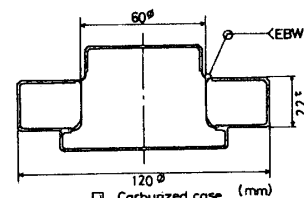


Fig. 1 Scheme of test piece

3. 実験結果

3-1. 割れの形態

Photo. 1 は、割れの形状を示したもので、ルート部よりビード中央部粒界に沿って割れは生じている。また、この割れはビードクレータ部より発生し、円周方向に伝播してゆく。Fig. 2 は、溶接後のAE発生状況の一例を示したもので、AE発生時期はFig. 2 中①、②、③に大別できる。①、②の時点では、Photo. 1 のような縦割れは生じておらず、AEの発生はビード底部のはく離割れに帰因するものと考えられる。③の時点すなわち溶接後約20

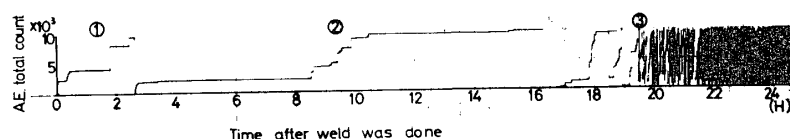


Fig. 2 An example of the time of crack generation by AE measurement data



Photo 1 An example of vertical crack in weld metal

時間して縦割れが発生しており、これより典型的な遅れ破壊であることがわかる。なお、鋼材中の全水素量は、真空溶解法で測定したところ、1 PPM程度であった。

破壊モードは主に粒界破壊であり、porosity および入き開破面により連続している。Photo 2に粒界破壊部の代表例を示す。破面はフラットで高温割れに類似しており、所々にdimpleが認められる。また破面上には0.5~1 μ 程度の大きさの介在物が多数存在し、EPMA分析の結果Photo 3に見られるようにMnSであった。これより、粒界上にSなどの偏析が生じていると推察でき、それに鋼材中の微量の水素がからんで、粒界の結合力の低下を生じ、遅れ割れにいたると考えられる。

3-2. 割れ防止法の検討

円板はめ込み溶接においては、一般に外板の拘束がきつく、溶接残留応力も高いので、低温割れが発生することが多いと言われている。そこで、残留応力を緩和する溶接法が、割れの防止に有効である。Fig. 3に、電子ビームによる円板はめ込み溶接における、溶け込み深さと割れ率の関係を示した。不完全溶け込み(hpr<0.9)の場合、残留突き合わせ面とビード底部の凝固の不安定さに帰因するはく離割れにより、ビード底部に应力集中を生じ、破壊にいたると考えられる。突き合わせ面を完全に溶接すれば、割れは生じていない。Fig. 4は、ビードクレータ部(終端部)の溶け込み状態を変化し、割れ発生との関係を示したものである。クレータ部が不完全溶け込みの場合(条件A)、一つは溶接後20時間して、もう一つは90時間後に割れが生じている。全周完全溶け込みの場合(条件B)は、割れは生じていない。

4. 結 言

1) 低合金鋼を電子ビーム溶接したとき発生する低温割れは、鋼材中のSなどの介在物と微量な水素が主要因である。

2) 割れを防止するには、溶接部に加わる残留応力を緩和するような溶け込み状態を設定することが重要である。

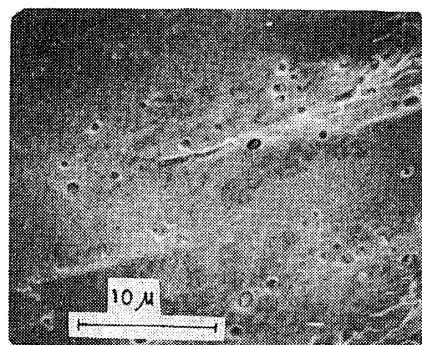


Photo 2 Fracture surface of vertical crack in weld metal (SCM22H)

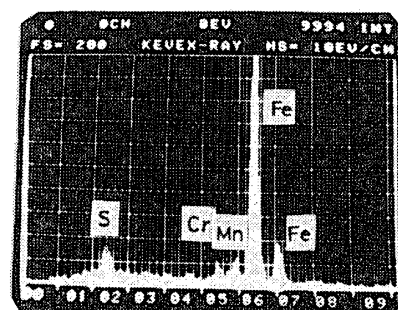


Photo 3 An analysis of inclusion by EPMA

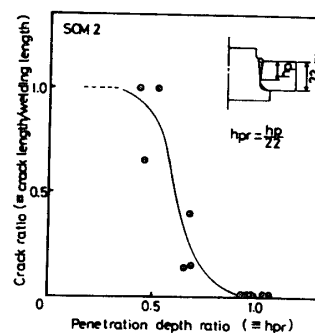


Fig. 3 Effect of penetration depth ratio on the crack ratio

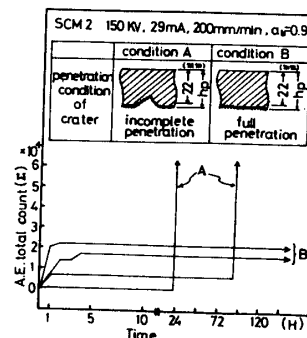


Fig. 4 The result of AE measurement at the various penetration condition of crater