

320 高張力鋼の電子ビーム溶接

— 50,60及び80 $\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$ 級溶接部の機械的性質について —

日本大学生産工学部

安藤 精一

日本大学大学院環境・建設工学部

大久保 通則

日本大学大学院

川上 義孝

〇 穂積 俊郎

1. 緒言

高張力鋼に電子ビーム溶接を適用した場合、電子ビーム溶接の利点に基づく溶接部の冶金学的性質及び機械的性質の向上が計られるものと考えられるが、他方電子ビーム溶接特有の問題点もあり、高張力鋼の電子ビーム溶接に関する研究がなされてきた。¹⁾²⁾ 著者らも先に、50,60 $\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$ 級高張力鋼の電子ビーム溶接部の性質に及ぼすMnS系介在物の影響について検討を行った。本研究では、50,60 $\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$ 級高張力鋼に加え、80 $\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$ 級高張力鋼に対しても溶接部の機械的性質(引張試験、疲労試験)についての検討を行ったので報告する。

2. 供試材及び実験方法

2.1 供試材

Table 1 に母材の化学組成及び機械的性質を示す。供試材は、市販の圧延のままの非調質材である溶接構造用圧延鋼材SM50A(t:25mm)及び溶接構造用高張力鋼HW50(t:19mm)、調質材である溶接構造用高張力鋼HW70(t:25mm)の3鋼種(以後それぞれHT50及びHT60, HT80と呼ぶ)であり、表裏から均等に切削し、板厚18mmとした。

2.2 溶接方法

使用した電子ビーム溶接機は6kW(150kV-40mA)高電圧型であり、溶接前の真空度は、 2×10^{-5} Torrとした。ビード溶接より突合せ溶接条件を選定、更にビード形状の面より適正溶接条件を選定し(4500 $\frac{\text{cm}}{\text{min}}$)、この条件で機械的性質について検討を行った。なお溶接方向は圧延方向に対して直角に行った。

2.3 試験方法

溶接部の引張試験は、1)溶接長110mm(HT50,60),110mm(HT80)の溶接部より、溶接線方向に対して直角な応力(圧延方向)を加える平滑試験片(Dia.14mm,G.L.25mm)及び溶接凝固部中央にVノッチ(角度45°,深さ3.2mm)を付加した試験片(G.L.5,25mm)。2)溶接長230mm(HT50,60),240mm(HT80)の溶接部より、溶接線方向に対して平行な応力(圧延方向に直角)を加える試験片(Dia.14mm,G.L.25mm)。3)溶接長100mm(HT50,60),110mm(HT80)の溶接部より溶接線方向に対し垂直な応力(板厚方向)を加える試験片(Dia.14mm,G.L.10mm)について行った。これらの破断破面をSEM(5~2000倍)を用いて観察した。次に溶接部の回転曲げ疲れ試験は、溶接長100mm(HT50,60),110mm(HT80)の溶接部より溶接線方向に対し直角(圧延方向)に採取し、Vノッチを付加した試験片(Dia.12mm,平行部35mm;ノッチ角度45°,深さ0.5mm)にて行った。

3. 実験結果

3.1 溶接条件の選定

ビード溶接及び突合せ溶接において板厚18mmの母材を貫通し、ビード外觀が良好で、ビード横断面形状が井戸型となる入熱は4500 $\frac{\text{cm}}{\text{min}}$ であり、溶接条件としては加速電圧150kV、ビーム電流30mA(HT50,60)又は40mA(HT80)、溶接速度600 $\frac{\text{mm}}{\text{min}}$ (HT50,60)又は800 $\frac{\text{mm}}{\text{min}}$

Table 1 Chemical compositions and mechanical properties of base metals used

Base metal	Item	Chemical composition (%)										Mechanical properties		
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo	V	B	Ceq	σ ($\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$)	ϵ (%)
B-1	SM50A (HT50) (JIS)	0.12	0.40	1.40	0.023	0.007	—	—	—	—	—	0.370	56	35
B-2	HW50 (HT60) (JIS)	0.15	0.45	1.37	0.014	0.004	—	0.22	—	0.06	—	0.445	65	28
B-3	HW70 (HT80) (JIS)	0.13	0.29	0.89	0.016	0.008	0.26	0.86	0.34	0.05	0.001	0.551	86	29

Notes: 1) Tensile test specimen: G.L.50mm, Dia.14mm

2) Ceq = C + $\frac{\text{Mn}}{16} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Ni}}{25} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Mo}}{4} + \frac{\text{V}}{14}$

(HT80), α_b 値0.9(HT50,60)又は1.0(HT80)であり, この条件下では溶融凝固部の割れ, ポロシティ等の溶接欠陥は認められず, たが, HT50,60においては本実験範囲内の全ての溶接条件に対して熱影響部に微小な横割れが認められた。

3.2 溶接部の機械的性質

3.2.1 溶接部の引張試験

三軸方向の引張試験における溶接部の引張強さと絞りとの関係をFig.1(HT50), Fig.2(HT60), Fig.3(HT80)に示す。1) 溶接線方向に対して直角な引張試験において, 平滑試験片の場合は全て母材部で破断し, 継手効率は100%を示した。切欠き試験片の場合も継手効率は100%を示し, 破断経路はノッチ底部(溶融凝固部中央)から熱影響部を経て, 最終破断位置は母材部であった。この場合, HT60の絞りは, HT50と80がほぼ同等な値であるのに対し, 低下する傾向を示した。2) 溶接線方向に対し平行な引張試験において, HT50,60,80とも母材に比較し溶接部の引張強さは向上するが, 絞りの面ではHT80が母材とほぼ同等であるのに対し, HT50,60の場合は低下する。これは, HT50,60の破面のSEM観察で認められた微小な横割れに対応する開口率の一つの要因と考えられる。3) 溶接線方向に対し垂直な引張試験において, HT50,60,80とも母材に比較し溶接部の引張強さは向上するが, 溶接線方向に対して平行な引張試験の場合より絞りは低下する傾向を示した。絞りにおいては, HT50の場合は母材に対し溶接部の方が若干低下したが, HT80では母材と溶接部はほぼ同等の値を示し, HT60では母材に対し溶接部の方が向上する傾向を示した。このことは熱影響部の破面が, HT50は主として縦へき開, HT60,80は主としてデンプルを示していることと一致している。

3.2.2 溶接部の回転曲げ疲れ試験(Vノッチ付)

Table 2よりHT50,60,80とも母材の疲れ強さに対し, 継手の疲れ強さは向上する傾向を示し, その度合は, HT50で6%, HT60で14%, HT80で22%向上していた。

4. 結言

引張試験において継手効率は全て100%を示した。HT50,60においては, 溶接線方向に対し平行及び垂直な引張試験では微小な横割れが破断の起点となっていた。HT80にはこの割れが認められず, たため, 引張強さ及び絞りが良好であったと考えられる。

回転曲げ疲れ試験(Vノッチ付)においては, HT50よりもHT60の方が, HT60よりもHT80の方が, 母材に対する継手の疲れ強さの向上が顕著となった。

参考文献

- 1) 荒田他: 溶接学会誌, 44-12(1975), 1011-1012
- 2) 安藤他: 溶接学会誌, 47(1980), 316-317
- 3) 安藤他: 第87回溶接冶金学会資料(1982), WM-868-82

Item	Smooth specimen Dia. 14mm	Notch addition specimen Dia. 7mm
Parallel with rolling direction, Base metal	○	●
Right angle with welding direction, Welded joint (Parallel with rolling direction)	□	■
Right angle with rolling direction, Base metal	◇	◆
Parallel with welding direction, Welded joint (Right angle with rolling direction)	△	▲
Through-thickness direction, Base metal	△	▲
Through-thickness direction, Welded joint (Parallel with welding direction)	△	▲

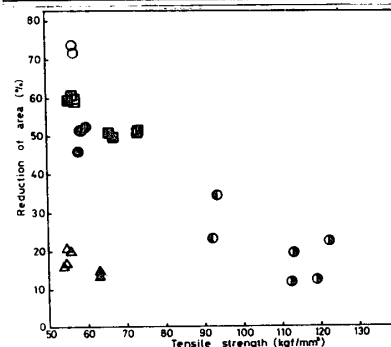


Fig. 1 Relation between tensile strength and reduction of area by tensile test
Note : 1) Base metal : B-1

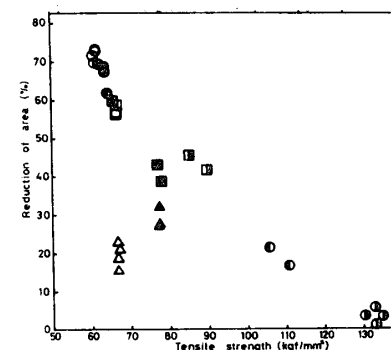


Fig. 2 Relation between tensile strength and reduction of area by tensile test
Note : 1) Base metal : B-2

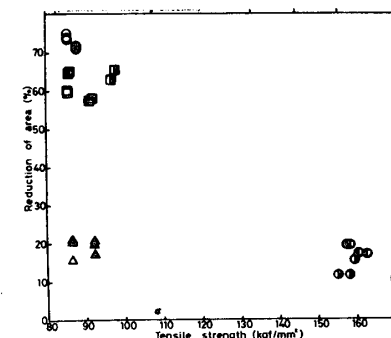


Fig. 3 Relation between tensile strength and reduction of area by tensile test
Note : 1) Base metal : B-3

Base metal	Fatigue strength (kgf/mm²)
Base metal	Base metal
Welded joint	Welded joint
B-1	14
B-2	19
B-3	21

Table 2 Fatigue limit at 10^7 cycles
(In case of rotating bending fatigue test, V-notch specimen)