
N B 80kg/mm²
Fracture Characteristics of Weld Bonds of Quenched and Tempered HT-80 Steel
Containing Controlled Amounts of Nitrogen and Boron

(Michihiro Tanaka) (Noriaki Koshizuka) (Yoshiya
Ayama) (Kozo Akahide) (Masaaki Tokuhisa) (Nobuo
Ohashi)

:
80kg/mm² N B 50mm
90kJ/cm
COD
75kJ/cm
COD
60kJ/cm 45kJ/cm
60kJ/cm

Synopsis :

A new high tensile and high toughness HT-80 steel containing controlled amounts of

NとBの含有量を制御した 80 kg/mm² 級調質高張力鋼の溶接部の破壊特性

る。しかし調質高張力鋼の溶接熱影響部は、大入熱溶接のときのように冷却速度が遅い場合、靱性や強度が劣る組織となりやすいため溶接入熱量には制限が設けられている。とくに 80 kg/mm^2 級高張力鋼の溶接熱影響部組織は、靱性、強度の両方面から、フェライト相を現出させず、細かいペーナイトとマルテンサイト状組織にすることが望ましい。このためには合金元素をある程度多量に添

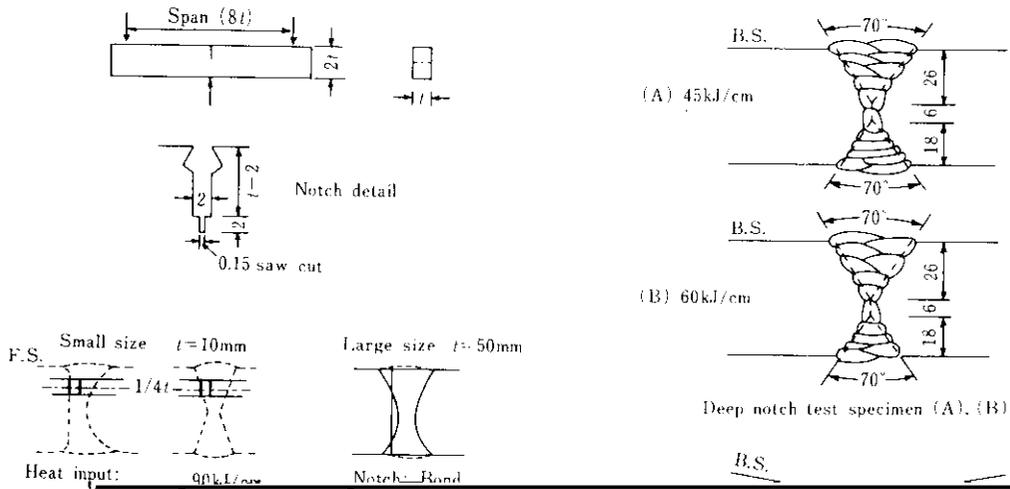
件でサブマージアーク溶接を行い継手を作製した。入熱量は 45 kJ/cm 、 60 kJ/cm 、 75 kJ/cm 、 90 kJ/cm とし、X開先継手を作製したが、 75 kJ/cm 以下の溶接はK開先継手も作製し、小型試験におけるボンドの靱性評価を正確に行うよう心がけた。

Fig. 1に示す各位置で採取し、切欠をつけた試験片を用いVノッチシャルピー試験を行うとともにボンドの靱性を定量的に評価するため厚さ 10 mm

の硬度と靱性の変化を防いだが鋼材が開裂されている (キ裂開口変位) 値を求めた。CODは試験片の形状

Table 2 Welding conditions for small size tests

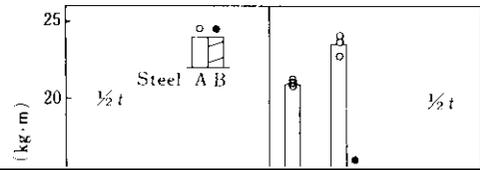
試料番号	母材	溶接方法	電流 (A)	電圧 (V)	速度 (mm/min)	電極径 (mm)	電極	保護ガス	電極位置	電極角度 (°)	電極速度 (mm/min)	電極位置	電極角度 (°)	電極速度 (mm/min)	電極位置	電極角度 (°)	電極速度 (mm/min)
1	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
2	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
3	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
4	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
5	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
6	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
7	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
8	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
9	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
10	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
11	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
12	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
13	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
14	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
15	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
16	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
17	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
18	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
19	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
20	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
21	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
22	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
23	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
24	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
25	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
26	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
27	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
28	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
29	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
30	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
31	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
32	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
33	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
34	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
35	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
36	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
37	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
38	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
39	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
40	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
41	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
42	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
43	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
44	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
45	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
46	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
47	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
48	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
49	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10
50	SAE 52100	GTAW	100	15	10	1.6	GTAW	Ar	10	15	10	10	15	10	10	15	10



ストリグを用い試験を行った。これらの試験片の形状を Fig. 4 に示す。なお、各種データの解析に必要となる低温 ($T^{\circ}\text{C}$) における降伏応力 σ_Y は次式⁵⁾

Wide tension test specimen (C)
 Fig. 3 Welding conditions for large scale tests

さらに、調質高張力鋼で問題となる溶接熱影響部 (HAZ) の局部軟化の程度をみるため、溶接部の硬さ分布の測定 (ピッカース硬さ、10kg 荷重) と JIS 3121 に従った溶接部引張試験を行った。また、応力除去焼鈍 (SR) による材質変化をみる



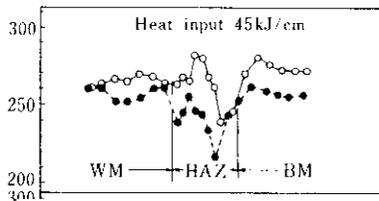
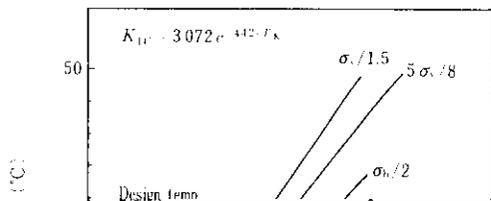
みるために行ったA鋼のX間先継手の全厚 COD

T (°C)

50 0 50 100 150

Table 3 Results of wide tension test for weld bond (60kJ/cm) of steel A

No.	Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	Impact energy (J)
1	410	510	22	10
2	410	510	22	10
3	410	510	22	10
4	410	510	22	10
5	410	510	22	10
6	410	510	22	10
7	410	510	22	10
8	410	510	22	10
9	410	510	22	10
10	410	510	22	10
11	410	510	22	10
12	410	510	22	10
13	410	510	22	10
14	410	510	22	10
15	410	510	22	10
16	410	510	22	10
17	410	510	22	10
18	410	510	22	10
19	410	510	22	10
20	410	510	22	10
21	410	510	22	10
22	410	510	22	10
23	410	510	22	10
24	410	510	22	10
25	410	510	22	10
26	410	510	22	10
27	410	510	22	10
28	410	510	22	10
29	410	510	22	10
30	410	510	22	10
31	410	510	22	10
32	410	510	22	10
33	410	510	22	10
34	410	510	22	10
35	410	510	22	10
36	410	510	22	10
37	410	510	22	10
38	410	510	22	10
39	410	510	22	10
40	410	510	22	10
41	410	510	22	10
42	410	510	22	10
43	410	510	22	10
44	410	510	22	10
45	410	510	22	10
46	410	510	22	10
47	410	510	22	10
48	410	510	22	10
49	410	510	22	10
50	410	510	22	10



をSR処理したときの0°Cにおけるシャルピー吸収エネルギー $\sqrt{E_0}$ の変化をFig. 16に示す。一部を除いて $\sqrt{E_0}$ はSR処理により向上していることがわかる。また、Fig. 17にA鋼について45kJ/cm

4. 溶接ボンド部の破壊靱性の評価

80kg/mm²級調質高張力鋼の大入熱溶接部の構

に与える変化を示すが、いずれもSR処理による材料特性について定量的な評価を要する。一般に溶接構

Table 4. Tolerable defect sizes for weld bonds at various temperatures

Steel	Heat input (kJ/cm)	Tolerable defect sizes $2a$ at various temperatures (mm)		
		0°C	35°C	-45°C

Table 5 Tolerable defect sizes for weld bonds of steel A at -45°C evaluated according to various design curves

が、この曲線を用いて球形タンクなど圧力容器のシェル部やノズル部について Burdekin¹³⁾ が与えているひずみ集中時の許容欠陥寸法を、A鋼の

[The table content is obscured by heavy black redaction bars.]

条件を容認する本結論を妥当なものと考えても、NとBの含有量を制御して開発された新80kg/mm²級鋼については、圧力容器のようにひずみ集中がはばり、構造物へのより熱溶接の適用はCOD/

(2) COD試験やディープノッチ試験により求めた新開発鋼の60kJ/cm溶接ボンド部の破壊靱性値は従来鋼の45kJ/cm溶接ボンド部のそれと大差ない

が一つの限界であるといえよう。

5. 総括

溶接ボンド部の靱性を改良する目的で、NとBの含有量を適正值に制御した板厚50mmの新80kg/mm²級調質高張力鋼を開発した。種々の入熱条件で製作したサブマージーク溶接部の破壊特性をシャルピー試験、切欠曲げCOD試験および大型脆性破壊試験で調査し、つぎの結果を得た。

(1) 75kJ/cmまでの大入熱溶接ボンド部のシャルピー衝撃特性は、従来鋼に比べ大幅な靱性の改良が認められ、よく知られた鋼における靱性改善が著し

向がみられる。

(3) 新開発鋼の60kJ/cm溶接ボンド部の大型脆性破壊試験で求められる破壊靱性 K_C は、温度 T (°K)との間に $K_C = 3072e^{-442/T}$ の関係がある。

(4) 新開発鋼についての溶接部の硬さ分布は45kJ/cmと60kJ/cmの入熱では大差ないが、75kJ/cmでは熱影響部の幅が広く、軟化領域も広がる。また、応力除去焼鈍による靱性の劣化は認められなかった。

(5) 破壊力学的手法により各種使用条件を仮定して許容欠陥寸法を解析した結果、新開発鋼の溶接継手は60kJ/cmの入熱でも構造物として十分耐えることがわかった。

