

防 弾 ア ル ミ ニ ウ ム 合 金 板

H 4001B(1)

制定 昭和49. 7. 11

改正 平成11. 9. 28

この改正票は、**NDS H 4001B** 防弾アルミニウム合金板（昭和63. 12. 28改正）の一部となるものであり、これと併用される。

この規格中 { } を付した従来単位及び数値を { } とともに削る。

1. 備考全文を削る。

**解説** この改正票は、計量法が国際単位系（S I）に移行することに伴う改正である。

## 防弾アルミニウム合金板

制定 昭和 49.7.11

改正 昭和 63.12.28

1. 適用範囲 この規格は、主として小火器弾及び破片に対する防護を対象とした戦闘車両などに使用する防弾アルミニウム合金板（以下、合金板という）について規定する。

備考 この規格の中で { } を付けて示してある単位及び数値は、従来単位で規格値である。

2. 種類 種類は、表 1 のとおりとする。

表 1 種類

種類	記号	適用
1 種	BA 40	溶接用
2 種	BA 50	溶接用
3 種	BA 60	非溶接用

備考 質別を示す記号は、上記記号の後につける。

3. 製造方法 合金板は、熱間圧延又は冷間圧延後に溶体化処理を行い、人工時効処理などを施すものとする。

4. 品質

4.1 化学成分 合金板の化学成分は、特に規定がない限り表 2 による。

表 2 化学成分

記号	化 学 成 分 %											Al	
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Zr	Ag	Ti	その他 <sup>(1)</sup>		
											個々		合計
BA40	0.30以下	0.40以下	0.20以下	0.20 ~0.70	1.4 ~2.8	0.30以下	4.0 ~5.0	0.30以下	—	0.20以下	0.05以下	0.15以下	残部
BA50	0.30以下	0.30以下	0.30以下	0.50以下	1.5 ~2.8	0.30以下	5.0 ~6.5	0.08 ~0.25	0.30以下	0.20以下	0.05以下	0.15以下	残部
BA60	0.12以下	0.15以下	1.5~2.6	0.10以下	1.9 ~2.6	0.04以下	5.7 ~6.7	0.08 ~0.15	—	0.06以下	0.05以下	0.15以下	残部

注 <sup>(1)</sup> その他の元素は、通常の分析過程において含有が認められた場合に限り分析を行う。

4.2 機械的性質 合金板の機械的性質は、表3による。

表3 機械的性質

記号	質別	厚さ mm	引張強さ			硬さ試験 HB (10/1000)
			引張強さ N/mm <sup>2</sup> {kgf/mm <sup>2</sup> }	耐力 N/mm <sup>2</sup> {kgf/mm <sup>2</sup> }	伸び %	
BA40	T6	6以上 65以下	392{40}以上	343{35}以上	10以上	135以下
BA50	T6	6以上 25以下	490{50}以上	441{45}以上	10以上	165以下
		25を超え 65以下	471{48}以上	422{43}以上	10以上	165以下
BA60	TX <sup>(2)</sup>	6以上 25以下	559{57}以上	510{52}以上	7以上	185以下
		25を超え 65以下	549{56}以上	500{51}以上	7以上	185以下

注 (2) TX:Xについては、選択の自由度を持たせてある。

4.3 面の健全性 合金板の表面には、使用上有害な欠陥があってはならない。

4.4 溶接割れ BA40及びBA50合金板の溶接割れは、6.4によって行ったとき、溶接金属のクレータ部以外にビード割れがあってはならない。

4.5 応力腐食割れ 合金板の応力腐食割れは、6.5によって行ったとき、割れがあってはならない。

## 5. 寸法の許容差

5.1 厚さの許容差 合金板の厚さの許容差は、表4による。

表4 厚さの許容差

単位 mm

厚さ 幅	許容差			
	900以下	900を超え 1400以下	1400を超え 1800以下	1800を超え 2300以下
6以上 8以下	±0.45	±0.45	±0.55	±0.65
8を超え 11以下	±0.55	±0.55	±0.65	±0.75
11を超え 16以下	±0.65	±0.65	±0.75	±0.85
16を超え 22以下	±0.75	±0.75	±0.75	±0.85
22を超え 29以下	±0.80	±0.80	±0.80	±1.00
29を超え 35以下	±0.9	±0.9	±0.9	±1.2
35を超え 40以下	±1.0	±1.0	±1.0	±1.4
40を超え 50以下	±1.2	±1.2	±1.2	±1.6
50を超え 55以下	±1.4	±1.4	±1.4	±1.8
55を超え 65以下	±1.7	±1.7	±1.7	±2.3

備考 許容差を(+)又は(-)だけで指定した場合は、許容差の数値は、2倍とする。

5.2 幅の許容差 合金板の幅の許容差は、表5-1及び5-2による。

表5-1 幅の許容差(シヤ-切断)

単位 mm

厚さ \ 幅	許 容 差			
	150以下	150を超え 600以下	600を超え 1500以下	1500を超え 2300以下
6以上 15以下	+7 0	+8 0	+10 0	+10 0

表5-2 幅の許容差(ソ-切断)

単位 mm

厚さ \ 幅	許 容 差		
	750以下	750を超え 1500以下	1500を超え 2300以下
6以上 65以下	+7 0	+8 0	+10 0

5.3 長さの許容差 合金板の長さの許容差は、表6-1及び6-2による。

表6-1 長さの許容差(シヤ-切断)

単位 mm

厚さ \ 幅	許 容 差			
	750以下	750を超え 1500以下	1500を超え 3000以下	3000を超え 3500以下
6以上 15以下	+7 0	+10 0	+11 0	+11 0

表6-2 長さの許容差(ソ-切断)

単位 mm

厚さ \ 幅	許 容 差			
	750以下	750を超え 1500以下	1500を超え 3000以下	3000を超え 3500以下
6以上 65以下	+7 0	+8 0	+10 0	+10 0

5.4 直角度の最大値 合金板の直角度（表7の図中のA AとB Bの長さの差）の最大値は、表7による。

表7 直角度の最大値

単位 mm

長さ 幅		最 大 値	
		900以下	900を超えるもの
3500以下		$2.4 \times \frac{W^{(3)}}{300}$	$2.0 \times \frac{W^{(3)}}{300}$

注 (3) 指定の幅が300mmの倍数にならない場合の許容差は、その次の大きいほうの倍数を用いて決める。例えば、指定の幅が1400mm、長さが1800mmの場合の最大値は、 $2.0\text{mm} \times 5$ （倍数）= 10mmになる。

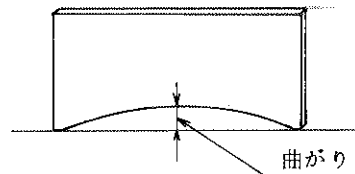
5.5 曲がりの最大値 合金板の曲がりの最大値は、表8による。

表8 曲がりの最大値<sup>(4)</sup>

単位 mm

厚さ	長さ 幅	最 大 値				
		750以下	750を超え 1500以下	1500を超え 2300以下	2300を超え 3000以下	3000を超え 3500以下
6以上 65以下	250以下	2	7	11	21	32
	250を超え 450以下	1	2	3	7	9
	450を超え 2300以下	1	2	3	3	5

注 (4) 曲がりの最大値は、弧の最大深さをいう。



5.6 ひずみの最大値 合金板のひずみの最大値は、表9-1～9-3による。

表9-1 長さ方向のひずみの最大値<sup>(5)</sup>

単位 mm

厚 さ	最大値 (任意の箇所の長さ2000又はそれ以下につき)
6以上 65以下	5

注 (5) 定盤上に凹面を上にして置いた板を定規と深さ計(すきまゲージ, ダイヤルゲージ又は長さ計)を用いて測定した最大値をいう。

表9-2 幅方向のひずみの最大値<sup>(5)</sup>

単位 mm

厚 さ 幅	最 大 値	
	600を超え 1200以下	1200を超え 2300以下
6以下 16以下	10	13
16を超え 16以下	5	7

表9-3 小波ひずみの最大値<sup>(6)</sup>

単位 mm

厚 さ	最 大 値
6以上 16以下	4
16を超え 16以下	3

注 (6) 任意の箇所で, 任意の方向をとった600mmの間における短い周期のひずみをいう。

6. 試 験

6.1 分析試験 分析試験は, 次のとおりとする。

- (1) 分析試験の一般事項及び分析資料の採り方は, JIS H 0321 (非鉄金属材料の検査通則)による。
- (2) 分析方法は, 次のいずれかによるが, 該当する規格がないときは別に定める。

JIS H 1305 (アルミニウム及びアルミニウム合金の光電測光法による発光分光分析方法)

JIS H 1306 (アルミニウム及びアルミニウム合金の原子吸光分析方法)

JIS H 1351 (アルミニウム及びアルミニウム合金の分析方法通則)

JIS H 1352 (アルミニウム及びアルミニウム合金中のけい素定量方法)

JIS H 1353 (アルミニウム及びアルミニウム合金中の鉄定量方法)

JIS H 1354 (アルミニウム及びアルミニウム合金中の銅定量方法)

JIS H 1355 (アルミニウム及びアルミニウム合金中のマンガン定量方法)

JIS H 1356 (アルミニウム及びアルミニウム合金中の亜鉛定量方法)

JIS H 1357 (アルミニウム合金中のマグネシウム定量方法)

JIS H 1358 (アルミニウム合金中のクロム定量方法)

JIS H 1359 (アルミニウム及びアルミニウム合金中のチタン定量方法)

JIS H 1362 (アルミニウム中のバナジウム定量方法)

JIS H 1363 (アルミニウム合金中のジルコニウム定量方法)

## 6.2 機械試験

6.2.1 機械試験一般 機械試験一般の一般事項は、JIS H 0321による。ただし、試験片採取方法は表10、試験片採取数量は表11のとおりとする。

表10 試験片採取方法

採取ロット	同一溶解，同一熱処理，同一板厚ごとに採取する。
採取位置	製品に隣接した位置

表11 試験片採取数量

試験の種類	採取方向	採取個数
引張試験片	LT <sup>(7)</sup>	3個
硬さ試験片	—	2個

注 (7) LT：板の圧延方向に直角の方向とする。

6.2.2 引張試験 引張試験は、次のとおりとする。

- (1) 試験片は、JIS Z 2201 (金属材料引張試験片)に規定する5号試験片又は4号試験片とし、表12による。

表12 試験片の種類及び採取位置

厚さ mm	試験片	採取位置
20以下	5号	全断面
20を超え 40以下	4号	試験片の軸が板厚の中央部にあるように採る
40を超えるもの	4号	試験片の軸が板厚の $\frac{1}{4}$ の位置にあるように採る

- (2) 試験方法 試験方法は、JIS Z 2241 (金属材料引張試験方法)による。

6.2.3 硬さ試験 硬さ試験は、次のとおりとする。

- (1) 試験片 試験片の寸法は、長さ80mm×幅40mm×板厚とする。

- (2) 試験方法 試験方法は、JIS H 2243 (ブリネル硬さ試験方法)によるものとし、鋼球の直径は10mm、試験荷重は98000N{1000kgf}とする。

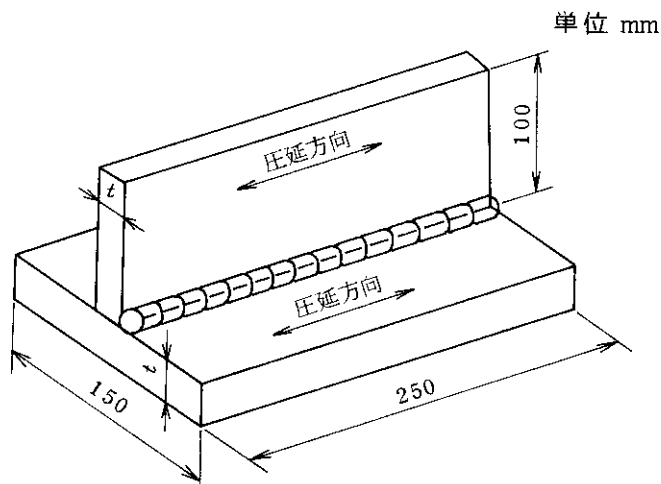
また、硬さ試験は、圧延表面を計測するものとし、試験片1個について3点計測する。

6.3 表面健全性試験 表面健全性試験は、各板ごとに目視で行う。目視によって疑義を生じた場合は、JIS Z 2343（浸透探傷試験方法及び欠陥指示模様の等級分類）による染色浸透探傷試験を行う。

#### 6.4 溶接割れ試験

6.4.1 試験片 試験片は、1溶解ごとに指定された厚さの板を1枚採取する。試験片の厚さは、20～30mmを標準とし、その形状及寸法は、図1のとおりとする。

図1 溶接割れ試験片の形状及び寸法



6.4.2 試験片の溶接 試験片の溶接は、次のとおりとする。

- (1) 溶接方法は、ミグ溶接とする。
- (2) 溶加剤は、JIS Z 3232（アルミニウム及びアルミニウム合金溶接棒並びに電極ワイヤ）のA5356-WYを標準とするが、A5556-WY及びA5183-WYを使用してもよい。
- (3) 溶接姿勢は、下向又は水平で裏側2パス隅肉拘束溶接し、溶接部を15～40℃まで放冷した後、表側1パス隅肉溶接を行う。
- (4) 溶接前後において熱処理、その他特殊な操作を行ってはならない。

6.4.3 溶接条件 溶接条件は、表13による。

表13 溶接条件

厚さ mm	10 未満	10 以上 20 未満	20 以上 30 未満	30 以上 65 以下
溶接条件				
溶加材の径 mm	1.6	1.6	1.6	2.4
溶接電流 A	200～260	250～300	260～320	300～400
アーク電圧 V	22～26	25～29	26～30	28～32
溶接速度 cm/min	40～60	40～60	40～60	30～50

6.4.4 試験方法 試験方法は、試験片を溶接後常温まで放冷した後JIS Z 2343による染色浸透探傷試験を行い、目視によって割れの有無を調べる。



### 6.5 応力腐食割れ試験

**6.5.1 試験片** 試験片は、JIS H 8711（アルミニウム合金材料の応力腐食割れ試験方法）に規定する1 A号試験片又は2 A号試験片とし、表14による。

また、試験片の数は3個以上とし、同一ロットごとに製品に隣接した位置から採取する。同一ロットとは、同一溶解、同一熱処理のロットをいう。

**6.5.2 試験方法** 試験方法は、付属書による。

**6.5.3 負荷応力** 負荷応力の大きさは、表14による。

表14 試験片の種類及び負荷応力

記号	板厚 mm	試験片	負荷応力
BA40	6以上 25以下	JIS H 8711 1 A号試験片	規格耐力の75%
	25を超え 65以下	JIS H 8711 2 A号試験片	規格耐力の25%
BA60	6以上 65以下	JIS H 8711 1号試験片	規格耐力の50%

**7. 再試験** 再試験は、JIS H 0321（非鉄金属材料の検査通則）に準じて行うことができる。機械試験、応力腐食割れ試験及び溶接割れ試験の成績の一部が規定を満足しない場合は、規定を満足しなかった試験についてさらに所定の試験片の2倍数の試験片をとって再試験を行うことができる。この場合、成績がすべて規定を満足しなければならない。

**8. 表示** 合金板の表示は、1包装ごと又は1製品ごとに適当な方法によらなければならない。ただし、(1)は各板ごとに表示しなければならない。

- (1) 種類又はその記号及び質別を表す記号
- (2) 寸法
- (3) 製造番号又は製造年月
- (4) 製造業者名又はその略号

## 付属書 応力腐食割れ試験要領

1. 適用範囲 この付属書は、防弾アルミニウム合金板の応力腐食割れ試験に適用する試験要領について規定する。

備考 この試験要領は、JIS H 8711（アルミニウム合金の応力腐食割れ試験方法）に準じている。

2. 作業者 この付属書に基づいて試験作業を行う作業者は、当該試験について十分経験あると認められるものでなければならない。

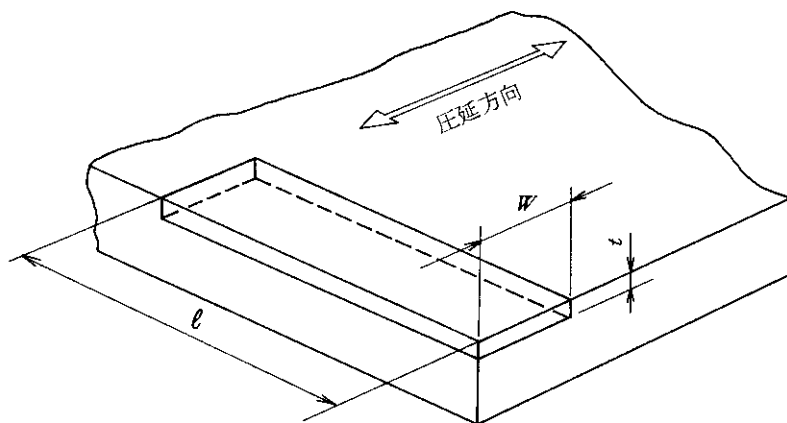
3. 試験方法 試験方法は、促進腐食液による連続浸せきを行い応力腐食割れ試験方法とする。

### 3.1 試験片

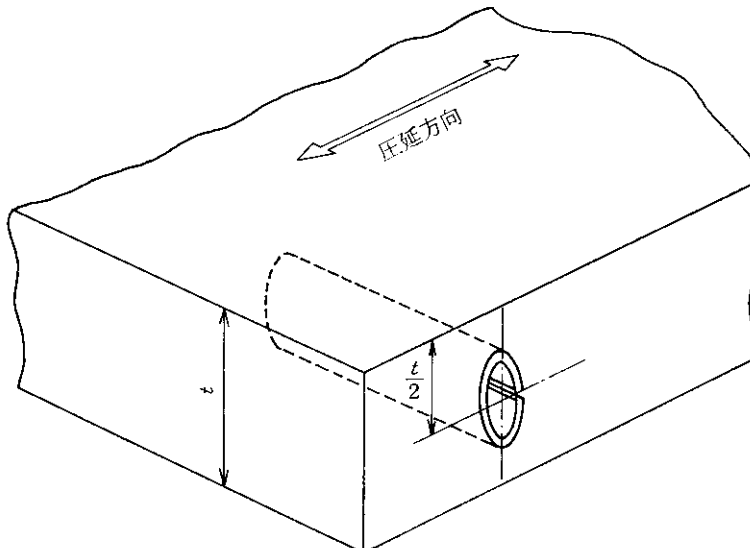
3.1.1 採取位置 試験片の採取位置は、付属書図1による。

付属書図1 試験片採取位置

(a) 1A号試験片の採取位置



(b) 2A号試験片の採取位置



3.1.2 形状 試験片の形状は、次のとおりとする。

- (1) 1 A号試験片 この試験片は、3点曲げ応力腐食割れ試験に用いるものとし、試験片の寸法は、付属書表1による。試験片の表面は製品のままとし、切断面は機械仕上げとする。(付属書図2参照)

付属書表1 1 A号試験片の寸法

単位 mm			
試験片の区分	厚さ t	幅 W	長さ l
1 A号試験片	6以下	20	200

- (2) 2 A号試験片 この試験片は、C形曲げ応力腐食割れ試験に用いるものとし、試験片の寸法は、付属書表2による。試験片の表面は、機械仕上げとする。(付属書図3参照)

付属書表2 2 A号試験片の寸法

単位 mm				
試験片の区分	厚さ t	外径 $D_0$	幅 W	ジグ穴径
2 A号試験片	1.52	19	19	6

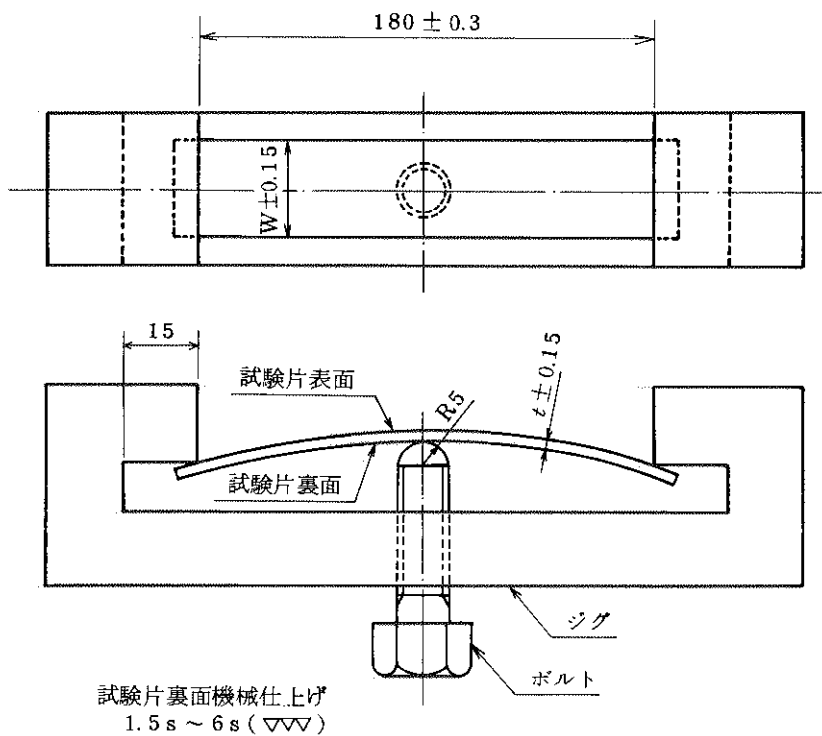
3.2 装置 装置は、試験槽、試験液恒温装置及びジグ<sup>(1)</sup>で構成される。ジグは、1 A号試験片の場合(板曲げ応力腐食割れ試験)は付属書図2に、2 A号試験片の場合(C形曲げ応力腐食割れ試験)は付属書図3にそれぞれ示すものを用いる。

注 (1) ジグは、試験期間中に変形などによる負荷応力の緩和がおこらない十分な強度をもつものでなければならない。

また、ジグは、導電性のある材料を使用する場合は、絶縁性物質によって十分に被覆しなければならない。

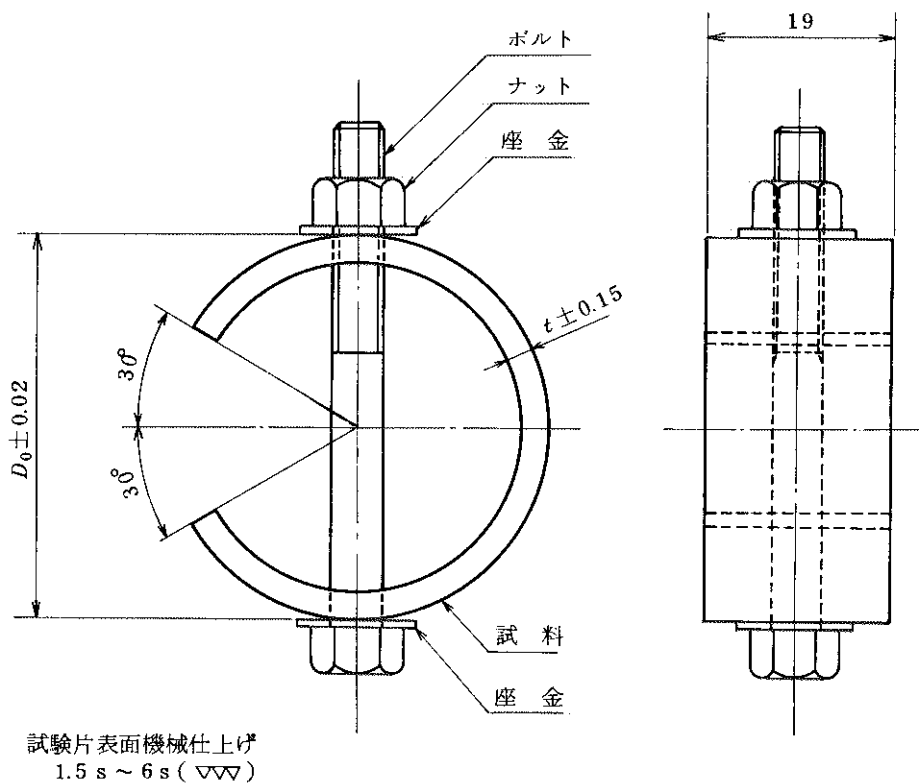
付属書図2 1A号試験片寸法及びジグ

単位 mm



付属書図3 2A号試験片寸法及びジグ

単位 mm



3.3 応力負荷 1 A号試験片及び2 A号試験片は、3.2のジグに取り付けたのち応力を負荷する。応力負荷はストレンゲージを用いて試験片のひずみ量を測定することによって、所定の負荷応力に達するまでジグのボルト又はナットを締め付けることによって行う。

ストレンゲージによる応力負荷のためのひずみ量測定に代えて、次式によって試験片のそのり量又は試験片外径の変化量を求めて応力を負荷することができる。

(1) 1 A号試験片の場合(板曲げ応力腐食割れ試験)

$$\delta_1 = \frac{FL^2}{6Et}$$

ここに  $\delta_1$  : 試験片の応力負荷によるそのり量 (mm)

$F$  : 試験片表面に負荷される応力 (N/mm<sup>2</sup>) { kgf/mm<sup>2</sup> }

$L$  : 両端支点間距離 (mm)

$t$  : 試験片の厚さ (mm)

$E$  : 試験片の弾性定数で 71500N/mm<sup>2</sup> { 7300kgf/mm<sup>2</sup> } とする。

(2) 2 A号試験片の場合(C形曲げ応力腐食割れ試験)

$$D_0 = D_1 + \delta_2$$

$$\delta_2 = \frac{\pi FD^2}{4EtZ}$$

ここに  $D_0$  : 応力負荷前の試験片の外径 (mm)

$D_1$  : 規定の応力を負荷したときの試験片の外径 (mm)

$\delta_2$  : 規定の応力を負荷するのに必要な試験片外径の変化量 (mm)

$F$  : 試験片表面に負荷される応力 (N/mm<sup>2</sup>) { kgf/mm<sup>2</sup> }

$D$  : 試験片厚さ中央部の直径 (mm)  $D = D_0 - t$

$E$  : 試験片の弾性定数で 71500N/mm<sup>2</sup> { 7300kgf/mm<sup>2</sup> } とする。

$t$  : 試験片の厚さ (mm)

$Z$  :  $\frac{D}{t}$  によって変化する定数 ( $\frac{D}{t} = 11.5$  のとき 0.94)

3.4 洗 浄 応力を負荷した試験片は、ジグに取り付けたままアセトンで洗浄する。

3.5 浸 せ き 浸せきは、最大負荷応力予想部が試験液の深さの約 $\frac{1}{2}$ に位置するように静置し、煮沸試験液中に浸せきして30分間保持する。

3.6 試 験 液

3.6.1 試験液の調整 試験液は、1ℓの蒸留水又はイオン交換水中に JIS K 8434 [酸化クロム(VI)(無水クロム酸)(試薬)]の特級36g, JIS K 8517 [二クロム酸カリウム(重クロム酸カリウム)(試薬)]の特級30g, JIS K 8149 [塩化ナトリウム(試薬)]の特級3gを混合して調整する。

3.6.2 試験液量 試験液量は、試験液と接する試験片表面積1cm<sup>2</sup>当たり35mℓ以上とする。

3.7 試験開始 応力の負荷が完了してから応力腐食割れ試験を開始するまでの時間は、3時

間以内としなければならない。

**3.8 観 察** 観察は，30分間経過した試験片を試験槽から取り出し，水洗後各試験片について応力腐食割れ発生の有無を観察し，その状況を記録する。

割れの発生の判定に疑問の生じた場合は，その状況を写真撮影し，その経過及び所見を記録する。

**4. 結果の判定** 試験片の負荷応力の最大部に割れの発生があってはならない。

**5. 記 録** 記録は次のとおりとする。

- (1) 材料の名称又は種類の記号
- (2) 応力負荷量，負荷ひずみ量及び負荷の方法
- (3) 使用したジグの材質，形状及び寸法
- (4) 試験液
- (5) 試験片の形状，寸法及び番号
- (6) 試験槽中の試験片の支持方法
- (7) 応力腐食割れ発生状況の観察結果
- (8) 試験を中止又は中断した場合は，その理由と時間

---

関連文書：この防衛庁規格に引用した次の文書は，最新版とする。

引用文書： JIS H 0321 (非鉄金属材料の検査通則)

JIS H 1305 (アルミニウム及びアルミニウム合金の光電測光法による発  
光分析方法)

JIS H 1306 (アルミニウム及びアルミニウム合金の原子吸光分析方法)

JIS H 1351 (アルミニウム及びアルミニウム合金の分析方法通則)

JIS H 1352 (アルミニウム及びアルミニウム合金中のけい素定量方法)

JIS H 1353 (アルミニウム及びアルミニウム合金中の鉄定量方法)

JIS H 1354 (アルミニウム及びアルミニウム合金中の銅定量方法)

JIS H 1355 (アルミニウム及びアルミニウム合金中のマンガン定量方法)

JIS H 1356 (アルミニウム及びアルミニウム合金中の亜鉛定量方法)

JIS H 1357 (アルミニウム合金中のマグネシウム定量方法)

JIS H 1358 (アルミニウム合金中のクロム定量方法)

JIS H 1359 (アルミニウム及びアルミニウム合金中のチタン定量方法)

JIS H 1362 (アルミニウム中のバナジウム定量方法)

JIS H 1363 (アルミニウム合金中のジルコニウム定量方法)

JIS H 8711 (アルミニウム合金材料の応力腐食割れ試験方法)

JIS K 8149 [塩化ナトリウム(試薬)]

JIS K 8434 [酸化クロム(VI)(無水クロム酸)(試薬)]

JIS K 8517 [二クロム酸カリウム(重クロム酸カリウム)(試薬)]

JIS Z 2201 (金属材料引張試験片)

JIS Z 2241 (金属材料引張試験方法)

JIS Z 2243 (ブリネル硬さ試験方法)

JIS Z 2343 (浸透探傷試験方法及び欠陥指示模様 of 等級分類方法)

JIS Z 3232 (アルミニウム及びアルミニウム合金溶接棒並びにワイヤ)

参考文献： JIS H 0001 (アルミニウム及びアルミニウム合金の質別記号)

JIS H 4000 (アルミニウム及びアルミニウム合金の板及び条)

JIS W 1103 (航空機用アルミニウム合金の質別記号)

# NDS H 4001B

## 防弾アルミニウム合金板 参考

### 加工及び溶接施工に関する注意事項

1. はじめに この参考の目的は、この規格で規定した材料を使用して構造物を製造又は保守点検する際の加工や溶接などの施工上に必要な最小限の注意事項を示すものである。

装甲車両などの陸上装備品には、アルミニウム合金の使用は鋼材に比べて甚だしく少なく、鋼製品の取扱に慣れた施工者も、アルミニウム合金製品の施工には戸惑っているのが現状のようである。海上自衛隊では、高速艇や艦船の上部構造などアルミニウム合金製の構造物があつて、自衛艦工作基準を制定し、これに準拠して施工がなされている。陸上装備品にも今後アルミニウム合金の使用が多くなるものと考えられ、同様な施工基準の制定が望まれる。

2. アルミニウム合金としての特性 アルミニウム合金は、この合金特有の性質があるため、加工や溶接施工に当たって鋼材とは異なる注意が必要であり、もし、この施工方法を誤ると機械的性質、耐食性、応力腐食割れ性などが著しく低下し、材料基準の制定が意味を失うことになる。この規格の合金板のうち、BA40及びBA50はAl-Zn-Mgであり、BA60はAl-Zn-Mg-Cn系の合金である。ともにZnやCuを含むので、アルミニウム合金としては耐食性が悪い合金の部類に属し、塗装や陽極酸化処理などの腐食に対する処理が使用上必要となってくる。この規格の合金は、一般の軟質合金とは異なり、切削加工性は良好である。

また、アルミニウム合金の切断加工は、鋼材のようにガス切断法や、研削切断法が使用できないので、ソー切断法、シャー切断法が一般に使われている。最近ではプラズマ切断法が広く使われるようになってきており、この合金板の切断にも適用される。しかし、切断面には微少割れの発生することがあり、切断後切断面は、機械加工を行っておく必要がある。この合金の耐力比（耐力と引張強さとの比）は0.90以上もあつて、まず成形加工はできないと考えるべきである。成形加工が必要なときには、焼なました後に行い、加工が終わった後にT6やTX処理を行う。この熱処理は非常に温度管理等が厳しいので、製造業者と十分連絡をとって熱処理を行う必要がある。

### 3. 溶接施工に関する注意事項

3.1 溶接の性質 BA40及びBA50は、熱処理合金であるため、溶接熱によって熱影響を受けて溶接部及びその近傍の強度は低下する。しかしながら、BA40及びBA50は、溶接後そのままの状態自然時効によって強度が回復する大きな特徴を持っている。継手の強さは、母材及び溶加材の化学成分、溶接方法及び溶接入熱によって左右されるが、溶接後1か月以上の自然時効によって、継手の強さは母材の70~80%程度になる。

なお、BA60は、溶接を行わない材料であることに注意すべきである。

3.2 溶加材の選択 溶接用の溶加材としては、この材料は共金で溶接すると、必ずといって



## H 4001B参考

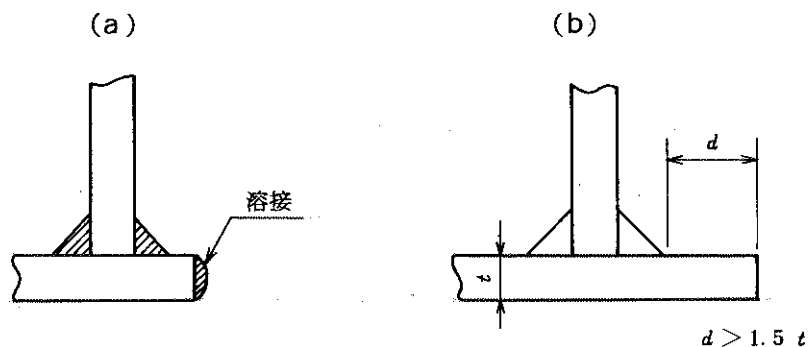
よいほど溶接ビード割れ又はクレーター割れを起こすので、溶加材としてはAl-Mg系合金のA5356、A5556又はA5183を用いる。

**3.3 溶接入熱** この規格の合金は、熱処理合金であるので、一般に使用されている非熱処理の溶接構造材料に比べると若干溶接割れを起こしやすく、溶接入熱には十分注意する必要がある。ミグ溶接による溶接条件は、JIS Z 3604（アルミニウム及びアルミニウム合金のイナートガスアーク溶接作業標準）で規定されているので、これを目安にして選定すればよい。しかし、その条件範囲内でも溶接入熱はできるだけ小さくし、かつ多層溶接を行うときは、パス間温度を必ず50℃以下にすることが大切である。

**3.4 開先** 開先は継手の形状、板厚、溶接姿勢、裏当てや裏はつりの有無などから判断して最も適した形状のものを選定する必要がある。開先形状については、JIS Z 3604に規定されているので、これを目安にして選定すればよい。

**3.5 注意を要する溶接継手** この合金は、応力腐食割れ防止のために参考図1(a)に示すように、板の切断面を大気にさらすことのないように、端部を溶接することが望ましい。もし、(b)に示すような継手形式をとる場合には、突き出し長さ $d$ を板厚の1.5倍以上にとって応力腐食割れを防止する必要がある。

参考図1



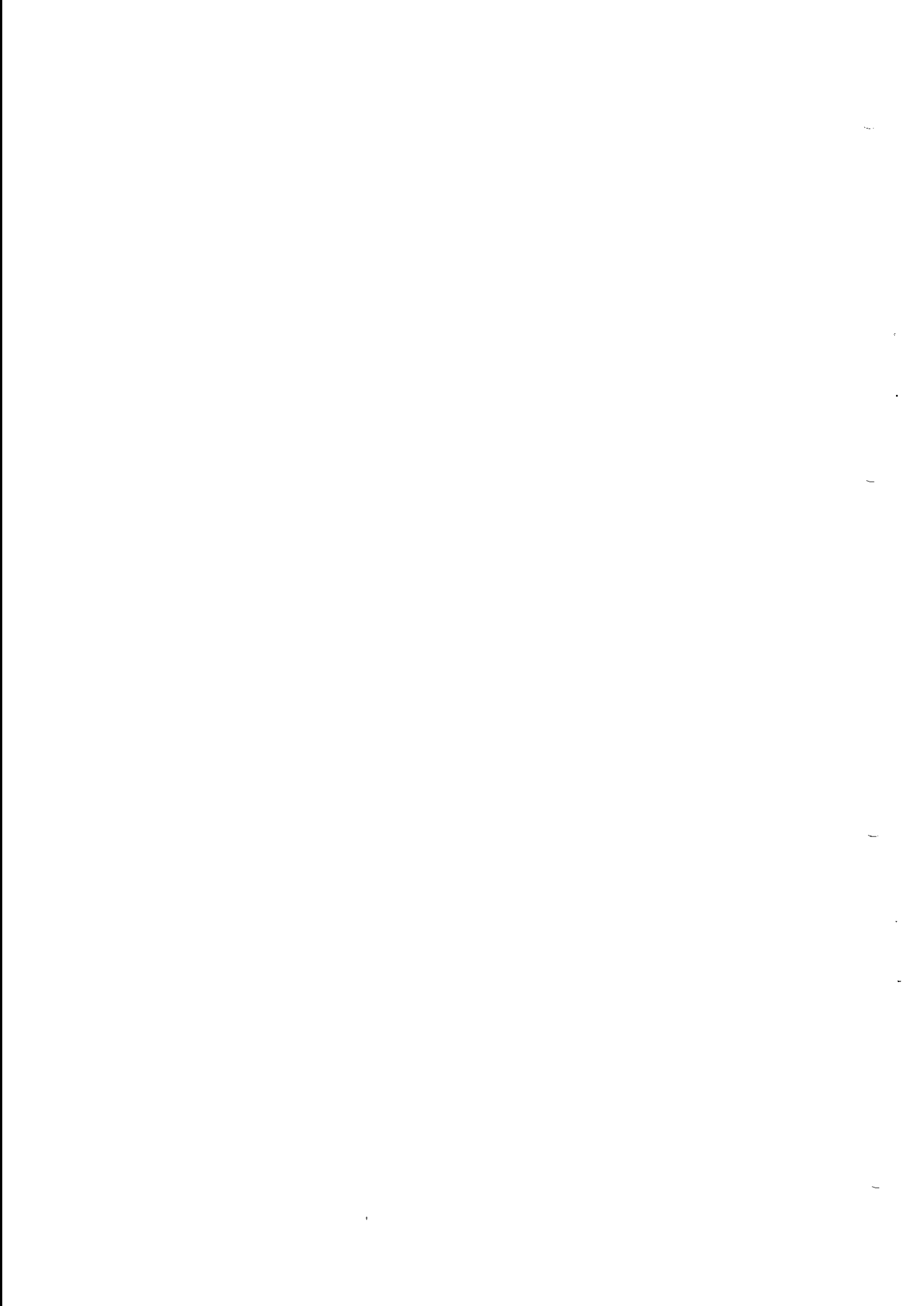
**3.6 ひずみ取り** 溶接された材料には、局部収縮やねじれ等の変化やその他のひずみが多少なりとも必ず発生している。このひずみが構造物の仕様を満たし、機能を損なわない程度の大きさに納めることがひずみ取りである。しかし、わずかのひずみ取りのために構造物の強度の低下を起こすおそれのあるような場合、又は外観上の要求から定量的には規定しにくいひずみ量の矯正などは、注文者と加工業者とで、事前に協議しておく必要がある。

一般のアルミニウム合金板のひずみ取りの方法は、原理的には軟鋼の場合と同様である。このひずみは機械的方法と急熱急冷で矯正するが、前者は静的もしくは動的な荷重をかけて行い、後者は、ひずみの発生した部分を局部的に加熱し、同時に冷水をかけて急冷収縮させて行っている。

しかし、この規格に定めた合金板は熱処理合金であるので、加熱急冷によるひずみ取りは耐弾性を悪くすること、及び比較的厚板が多く使用され、ひずみ取りが困難であることを考えて加熱急冷法は使用しないほうがよい。したがって、もしひずみ取りを行う必要のある場合は、機械的方法が望ましい。

3.7. 補 修 補修溶接は、多くの工数を要し、溶接ひずみなどを増大するおそれがあるため、初めからなるべく補修しないよう心がけて溶接しなければならない。しかし、本溶接に欠陥が認められた場合には、欠陥を完全に除去して補修しなければならない。

3.8. 検 査 溶接された製品が、その仕様及び機能を満たしているかどうかを検査する必要がある。検査方法としては種々の方法があるが、この合金板の溶接では目視による方法、浸透探傷試験が一般的であって、必要があればその他の非破壊試験を行う。



# NDS H 4001B

## 防弾アルミニウム合金板 解説

1. 作成の経緯 NDS H 4001 (防弾用アルミニウム合金板)は、昭和49年に制定されたものであって、制定されてから13年を経過しており、その間のアルミニウム合金に関する研究・開発は著しいものがある。一方、防衛庁技術研究本部は近年のアルミニウム合金の製造技術及び溶接技術の進歩を考慮し、昭和56年度からNDS H 4001の防弾アルミニウム合金板(BA40)に比較して25%から50%の強度向上を狙いとした新防弾アルミニウム合金板の開発研究を行い、小火器弾などによる各種実射試験を行ってきた。その結果、BA40より優れた対弾性が得られることが明らかとなったので、NDS H 4001の規格の見直しと合わせて新たに強度向上を図った二種類の防弾アルミニウム合金板を追加して、今回の規格改正を行ったものである。

新たに規格に追加する二種類の防弾アルミニウム合金板は、溶接構造物を対象とした引張強さ50kgf/mm<sup>2</sup>と、溶接を伴わない構造用の材料として引張強さ60kgf/mm<sup>2</sup>を目標としたものである。

一方、新防弾アルミニウム合金板の開発については、社団法人 軽金属溶接構造協会は防衛庁技術研究本部の開発研究に協力するため協会に高強度アルミニウム合金委員を組織し、技術的な審議を重ね多くの注目すべき成果を得た。これらの研究成果に基づき防衛庁技術研究本部は、昭和61年9月防弾アルミニウム合金板規格の改正原案作成を社団法人 軽金属溶接構造協会に委託した。協会は防弾アルミニウム合金板規格改正原案作成委員会を組織し、実射試験結果及び協会での研究成果をもとに種々審議のうえ、この規格を作成した。

なお、本規格作成過程において参考にした文書は次のとおりである。

### 1) 日本工業規格

- JIS H 4001 アルミニウム及びアルミニウム合金の板及び条
- JIS H 8711 アルミニウム合金材料の応力腐食割れ試験方法
- JIS H 0001 アルミニウム及びアルミニウム合金の質別記号
- JIS H 0321 非鉄金属材料の検査通則
- JIS W 1103 航空機用アルミニウム合金の熱処理

### 2) 防衛庁規格

- NDS G 4002 艦船用Ni-Cr-Mo-Nb合金板
- NDS G 3111 艦船用超高張力鋼板

### 3) AMS規格 (Aerospace Material Specification)

- AMS 4050A Aluminum Alloy Plate

### 4) DTD規格 (Directorate of Technical Development)

- DTD 5130

## 5) (社)軽金属溶接構造協会委員会資料

56年度 高強度アルミニウム合金委員会資料

57年度 "

58年度 "

59年度 "

60年度 "

## 2. 主な改正点及び審議過程

2.1. 主な改正点 規格改正の主な箇所を解説表1に示す。

2.2. 審議過程 防弾アルミニウム合金板は、アルミニウム合金のうちでも特異な材料であつて、その加工や施工上の注意すべき事項が多いので、審議の過程において、これらに関する注意事項を記載すべきであるとの意見にしたがつて、“加工及び溶接施工に関する注意事項”を参考として作成した。

解説表1 主な改正点

H 4001B 項目番号	項 目	H 4001 項目番号	改 正 点
1.	適 用 範 囲	1.	“主として装甲車両など”を“主として小火器弾及び破片に対する防護を対象とした戦闘車両など”とした。
2.	種 類	—	BA40のみであったのを、BA50及びBA60を追加した。
3.	製 造 方 法	4.	「人工時効処理(T6)」を「人工時効処理など」とした。
4.	品 質		
4.1	化 学 成 分	2.2	BA50及びBA60を追加した。
4.2	機 械 的 性 質	2.3	1. BA50及びBA60を追加した 2. BA40の硬さHB100以上をHB135以下とした。 3. 硬さHBの試験荷重500kgfを1000kgfとした。
4.3	表 面 の 健 全 性	2.1	表現を改めた。
—	端 面 割 れ	2.4.	削除した。
4.4	溶 接 割 れ	2.6	BA50を追加した。
5.	寸 法 の 許 容 差	3.	
5.1	厚 さ の 許 容 差	3.1	一括表示していたものを分けて規定し、寸法区分を細分化して規定した。
5.2	幅 の 許 容 差	3.1	
5.3	長 さ の 許 容 差	3.1	
5.4	直 角 度 の 最 大 値	3.2	表現を修正した。
5.5	曲 が り の 最 大 値	3.3	寸法区分を細分化した。
5.6	ひ ず み の 最 大 値	3.4	表現を修正した。
6.	試 験		
6.2.1	機 械 試 験 一 般	—	この項を新設、採取位置、採取個数及び採取ロットを規定した。
6.2.3	硬 さ 試 験	5.2	試験荷重を改め、測定点数を規定した。
6.3.	表 面 健 全 性 試 験	—	新たに規定した。

解説表1 主な改正点

H 4001B 項目番号	項目	H 4001 項目番号	改正点
6.4	溶接割れ試験	5.6	溶接条件に10mm未満を入れ、溶接速度を速度範囲で示した。
—	端面割れ試験	5.4	削除した。
6.5	応力腐食割れ試験	5.5	1. JIS H 8711 の規定に整合させた。 2. BA50, BA60を追加した。 3. 25mm以上の板厚に対し、JIS H 8711 の2A号試験片による試験を追加した。
7.	表 示	—	新たに規定した。

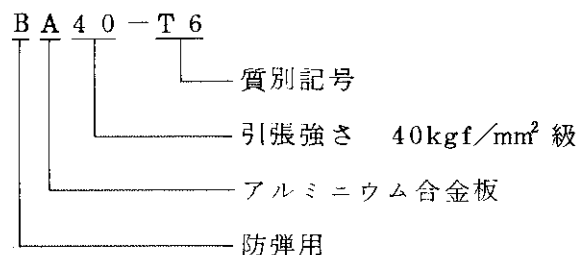
3. 主な項目の説明 主な項目に関する制定の概要又は補足説明など参考となる事項は、次のとおりである。

なお、下記項目番号は、規格本体の項目番号に対応させてある。

1. 適用範囲 NDS H 4001では、主として装甲車両などに使用する防弾アルミニウム合金板とされており、73式装甲車、74式自走105mmりゅう弾砲、75式自走155mmりゅう弾砲などの装甲板として使用されているほか、質別は異なるが、70式自走浮橋、81式自走架柱橋の導板にも使用されている。この規格で規定する合金板は、小火器弾及び破片に対する耐弾性が高いばかりでなく、機械的強度も優れているので装甲板のほか構造部材としても使用可能であることから、適用範囲を「主として小火器弾及び破片に対する防護を対象とした戦闘車両などに使用する防護アルミニウム合金板」とした。

## 2. 種類

(1) 表1に示した種類の記号及び表3の質別記号の意味は、次のとおりである。



(2) NDS H 4001は溶接構造用として引張強さが40kgf/mm<sup>2</sup>級のBA40のみであったが、作成経緯で述べたように50kgf/mm<sup>2</sup>級のBA50を追加して溶接構造用を二種類とした。

また、特に溶接構造方式を取り入れないで耐弾性を重視する場合の材料として非溶接用材料の60kgf/mm<sup>2</sup>級のBA60を追加した。

3. 製造方法 BA40及びBA50は、液体化処理後、人工時効硬化処理を施すT6を規定した。BA60については、T6の他にも選択できるようにし、これらを総称してTXと表示することにした。BA60の制定目的は強度にあるが、強度向上のみを重視すると応力腐食割れ感受性、剥離腐食感受性が高まるため、これらを緩和させることを目的に、溶体化処理後1%以上3%以下の永久ひずみを与える引張加工によって残留応力を除去した上で、最大強さを得る人工時

効硬化処理条件を超えた過時効処理を施すT73651, T7651等も製造できるようになった。

#### 4. 品質

4.1 化学成分 BA40の化学成分は、長年の使用実績があり、今後も広く使用されると考えられるのでNDS H 4001のままとした。BA50は、BA40と同様、溶接が可能でかつ強度が高い成分系であるAl-Zn-Mg合金で、主成分のZn, Mgの量を増して強度の増加をはかったものである。溶接性及び耐応力腐食割れ性を考慮した現在考えられる最も強度の高い合金である。BA50の化学成分の範囲については種々の意見が出されたが、各製造業者の長年の開発経緯の違いにより主成分に若干の差があること及び製造実績がまだ多くないことなどから、狭い範囲で規格化することは困難であり、若干広い範囲となった。応力腐食割れ性の向上のためAgを添加する製造業者があるので、任意添加成分としてAgを規定した。BA60は溶接性を考慮せず、ただ最高の強度を持つ合金として開発されたAl-Zn-Mg-Cu系であって、米国のAMS 4050A及び英国のDTD 5130規格による合金の成分を参考にして、表2のとおりとした。

なお、BA60は着弾時の裏面はく離が発生しにくいようにSi, Fe, Mn, Cr, Tiなどの不純物を厳しく規制した。

4.2 機械的性質 アルミニウム合金は、一般に強度が高くなると溶接性や耐応力腐食割れ性が悪くなる傾向を取るため、機械的性質の妥当な規格値について多くの意見が出された。しかし、この規格の材料としては耐弾性を重視する必要があるため、できるだけ高い値を設定することを目標とした。

BA40については、今まで多くの実績があること及び今後引き続き使用されることを考慮して、NDS H 4001の規定値のとおりとした。BA50は、溶接可能な材料としては著しく高い強度を有する材料であるが、溶接性や応力腐食割れ性を考慮してやや低い値に設定しておくことも検討した。しかし、この規格の材料としては耐弾性を優先する必要があるため、表3に示すとおりとした。BA60の調質は、各製造業者の製造工程に若干の差があり、BA40, BA50と同じT6のほかT73651, T7651などの表示を採用する製造業者があるため、調質記号は特に規定しないこととした。

なお、一般にアルミニウム合金では、板厚が厚いほど強度が低くなる傾向があることを考慮して板厚によって強度値に差をつけた。

耐弾性は、強度が高い程優れる傾向にあることはCa1.50AP弾による厚板の実験によって確かめられているが、硬さが高すぎると裏面はく離を起こしやすいので硬さには上限を設けた。これらの材料は、厳しく管理された製造条件の組合せによって所定の品質が得られるものであり、使用者が行う熱処理は機械的性質等の著しい変化をもたらすことがあるため、特に規定がない限り行わないことが望ましい。

5. 寸法の許容差 NDS H 4001は、厚さ、幅及び長さの許容差を一括して一つの表で示していたが、これを厚さ、幅及び長さそれぞれに分けて規定することとした。

また、板の切断法にジャー切断とソー切断とがあり、実績でも両方の切断法が使われていることから、JIS H 4000と同様に幅及び長さの許容差を切断法別に規定した。

**5.1 厚さの許容差** 板の厚さの許容差は、NDS H 4001より細分化して許容差を規定した。厚さの許容差については、BA40の製造実績及び車両などの構造物の製造において設計重量との誤差が大きく生じた例があったので、許容範囲を狭めきびしく規定した。

なお、板厚30mm未満のものでは板厚は0.01mmまで測定するが、それ以上の板では0.1mmまでの測定でよいこととした。

**5.2 幅の許容差と 5.3 長さの許容差** 板の幅及び長さの許容差は、NDS H 4001より細分化し、JIS H 4000の許容差と整合させた。

**5.4 直角度の最大値** NDS H 4001では直角度の許容差としていたが、JIS H 4000にならない直角度の最大値として用語を整合させた。

また、幅の区分がNDS H 4001では1000mm未満と1000mm以上1500mm以下であったものを、JIS H 4000にならって900mm以下と900mmを超えるものとした。

**5.5 曲がりの最大値** “曲がり”よりも“板の縁の直線度”とすべきとの意見があったが、JIS H 4000の表現に従い“曲がり”とした。NDS H 4000では曲がりの許容差としていたが、JIS H 4000にならって曲がりの最大値として用語を整合させた。

また、幅250mm以下であって長さ1500mm以上の板の曲がりの最大値は、製造実績から従来の規格及びJISよりも厳しく規定した。

**5.6 ひずみの最大値** “ひずみ”の表現もまた“面外たわみ”とすべきとの意見もあったが、JIS H 4000の表現に従って“ひずみ”とした。NDS H 4001ではひずみの許容差としていたが、JIS H 4000にならってひずみの最大値として用語を整合させた。

また、長さ方向のひずみの最大値は、製造実績からNDS H 4001の7mmより2mm小さい値として厳しく規定した。幅方向のひずみの最大値は、JIS H 4000に準拠するとともに、厚さの区分を3段階から2段階にし、NDS H 4001の厚さ16mm以上40mm未満の値を、16mmを超え65mm以下と板厚範囲を広くしても同一にした。NDS H 4001は小波ひずみの許容差としていたが、JIS H 4000にならって小波ひずみの最大値と用語を整合させた。

## 6. 試験

**6.1 分析試験** 化学成分は一般に溶湯分析によるのが普通であり、JIS H 0321（非鉄金属材料の検査通則）に一般事項とともに溶湯分析によることが明記されているので、JIS H 0321によると新たに規定した。

### 6.2 機械試験

**6.2.1 機械試験一般** 機械試験の一般事項を設けて、JIS H 0321によるとともに、採取位置、採取個数及び採取ロットについても規定した。

**6.2.2 引張試験** NDS H 4001と表現をかえているだけで、記述内容については変えていない。

なお、厚さ20mm以下の合金板の引張試験には、鉄鋼材料で広く使用されている。JIS Z 2201の1号試験片を使用すべきであるとの意見もあったが、JIS H 4000にならって5号試験片を使用することとした。



**6.2.3 硬さ試験** NDS H 4001では、JIS Z 2243（ブリネル硬さ試験方法）によるとしてあったが、試験片の大きさ、計測点数を明確にした。

また、測定位置を圧延表面としたのは、試験しやすいためである。試験荷重はNDS H 4001は500kgfであるが、表3に示すHB185程度の硬質な材料では、くぼみ直径が2mm以下となり、JIS Z 2243（ブリネル試験方法）が推奨するくぼみ直径0.20D~0.60D範囲を外れるので、1000kgf荷重を使用することにした。JIS Z 2243には硬質な軽金属への圧子直径10mm、試験荷重1000kgfの使用が指示されている。

**6.3 表面健全性試験** NDS H 4001の2.1に“アルミ板は、品質均一で、地きず、割れ、その他使用上有害な欠陥があってはならない”と、あるのは抽象的過ぎるとの意見があり、NDS G 4002（艦船用Ni-Cr-Mo-Nb合金板）にあわせて新たに設けた項目であるが、今までの実績では問題になったことはなく、目視によって調べることにし、疑義が生じたときには、浸透探傷試験によることにした。ただし、浸透探傷試験には蛍光と染色の2方法があり、一般にアルミニウムでは染色浸透探傷法が適用されているので、混乱のないように染色法によることにした。

**6.4 溶接割れ試験** アルミニウム合金の溶接割れ試験方法としては、ギャップ付きT型隅肉割れ試験方法、スリット割れ試験方法など各種の方法があるが、いまだ確立されたものがなく、日本工業規格にもない。種々検討した結果、NDS H 4001どおりに比較的厚板の溶接割れ試験方法として最もよいとされているT型隅肉割れ試験方法を採用することとした。

**6.4.1 試験片** 1溶解から各種板厚の材料が製作されたとしても、割れ試験は一種類の板厚材につき行えば良いことにした。この場合、厚さ20~30mmを標準としたのは、この範囲が試験しやすいからである。

**6.4.2 試験片の溶接** 通常のT型隅肉割れ試験に適用している溶接姿勢は、事業所によって異なり下向き又は水平で行っているが、実験結果には差異がないのでいずれの姿勢を用いてもよいこととした。

**6.4.3 溶接条件** 溶接条件は、厚さ10mm未満の場合を追加した。

また、NDS H 4001の溶接速度が一定値で与えられているものを板厚に応じた速度範囲で示した。

**6.4.4 試験方法** 浸透探傷試験方法には日本工業規格が制定されているのでこれによることにしたが、浸透探傷試験は染色法によることとした。

**6.5 応力腐食割れ試験** 応力腐食割れは、強度が高くなるほど発生しやすくなる傾向があり、耐弾性の向上と相反するが、重要な特性のためできるだけ厳しく規定した。応力腐食割れは、材料の板厚方向で最も発生しやすく、次いで圧延方向に直角方向、圧延方向の順で発生しにくくなることが知られていることより、応力腐食割れに敏感な位置で試験片を採取するのが望ましい。したがって、この規格でもNDS H 4001にないし厳しい板厚方向の規定を新たに加えることとした。

試験方法は、JIS H 8711（アルミニウム合金材料の応力腐食割れ試験方法）を準用し

た。

BA40 及び BA50 は、板厚方向での試験片採取が困難な厚さ 25mm 以下については 1 A 号試験片（板曲げ応力腐食割れ試験）を採取し、厚さ 25mm を超えるものは 2 A 号試験片（C 形曲げ応力腐食割れ試験）を採取することとした。JIS H 8711 では、厚さ 20mm 以上のものに 2 A 号試験片を用いるよう規定しているが、2 A 号試験片の外径が 19mm であることから、試験片作成を容易にするため、この規格では厚さ 25mm を超えるものに適用することとした。

負荷応力については、1 A 号試験片では、NDS H 4001 の規定耐力の 75 % を採用した。2 A 号試験片の負荷応力は、一般に厚板材の板厚方向の耐力は圧延方向のそれに比べるとかなり低い値を示すことが知られており、2 A 号試験片の負荷応力が板厚方向の応力となることを考慮して、この場合の試験負荷応力は、圧延方向の値で示されている規格耐力の 25 % とした。

なお、7075-T6 の応力腐食割れの実験によると、応力腐食割れを起こさない最大引張応力は、板厚方向では圧延方向の  $\frac{1}{6} \sim \frac{1}{3}$  の値であることが数多く報告されていることも参考にした。

BA60 の本来の目的が高強度、すなわち耐弾性の向上にあることから、高強度を確保するためには多少耐応力腐食割れ性を犠牲にせざるを得ないこと、また、この材料が非溶接用の材料であって、溶接による残留応力の発生は考えられず、機械的に接合されて生ずる残留応力は極めて低いものであるので、BA60 に対する応力腐食割れ試験片への負荷応力もまた BA40 や BA50 より低く取ってもよいと判断し、規格耐力の 50 % とした。

試験液は、NDS H 4001 と同一の促進腐食液（1 l 中に三酸化クロム 36g、重クロム酸カリウム 30g 及び塩化ナトリウム 3g を含む水溶液の煮沸状態）とし、MIL 規格が示す試験法よりきびしい条件を踏襲した。

今回の規格改正に当たって、試験片の採取条件及び数を明確化した。応力腐食割れ感受性は、合金の化学成分と熱処理に大きな影響を受けることから、化学成分を決定する製造工程である溶解と熱処理が同一のグループをロットと定めた。試験片は同一ロットごとに採取するものとし、採取位置は、NDS G 3111（艦船用超高張力鋼板）で規定されている機械試験供試材の採取位置を参考に、製品に隣接する余尺部分から採取することとした。試験片の数は、JIS H 8711 では、5 個以上と規定されているが、この規格で定めた合金板は、開発中に応力腐食割れが十分に検討されていることから、試験片の数を 3 個以上と規定した。

NDS H 4001 では、端面割れ試験を規定していたが、BA40 はもちろん BA50 及び BA60 についても現在では端面割れの発生がないこと、また、開発中にそれが確認されたことから今回の規格改正に当たって端面割れ試験の実施を削除した。