Al-Mg 合金 5083-O 厚板の溶接性(第1報)*

—大電流 MIG 溶接における入熱と機械的性質の関係—

鏑田和之**, 永岡栄之**

Weldability of Al-Mg Alloy 5083-O Thick Plates (Report 1)*

—Effect of Heat Input on Mechanical Properties of 5083-O Welds under High Current MIG Process—

by Kazuyuki Minoda** and Hideyuki Nagaoka**

The effect of heat input on mechanical properties of thick 5083-O welds were investigated using high current MIG process. The results obtained are as follows:

1. Mechanical properties of Al-Mg alloy 5083-O welds are influenced markedly with the change of heat input. To be specific, tensile strength, yield strength, elongation and reduction in area tend to be lowered with increase in heat input.
2. Heat input per unit plate thickness must be kept below 20 kJ/cm/cm to satisfy the required strength, 28 kg/mm², for JIS specified value (base plate; 4.6% Mg, electrode wire; 4.9% Mg)
3. Permissible heat input can be increased by increasing Mg content of base plate and electrode wire.
4. Deterioration in mechanical properties due to the increase in heat input is influenced both by composition factor, i. e., variation in Mg content due to dilution or vaporizing loss and by structural factor, i. e., solidification structure of weld metal.

1. 緒 言

最近, LNG 船, LNG タンク, 原子力プラントなどの構造物に Al 合金の利用が増大している。溶接構造物が大形化するにつれて使用される Al 合金の板厚も増加し, それにともない新しい溶接法の開発あるいは従来の施工法の改良などが各分野で行なわれている¹⁾。たとえば, 厚板溶接に対処する手段の一つとして溶接機の大電流化あるいはウィービング機構の改善などにより溶接パス数の減少をはかるといふ傾向にあり, 溶接品質の向上あるいは溶接工数の低減などの点で実際の溶接施工に大きく寄与している。しかし, このような厚板溶接における大入熱化には問題がないわけではなく, 入熱の増加による溶接部の引張強さおよび伸びの低下, あるいは相対的にシャルピー衝撃値が低下するなどの問題が起る²⁾。本研究では大電流 MIG 溶接における入熱と強度の関係についてその一般的な傾向を把握するとともに, 母材, 電極ワイヤの Mg 量を変え, 入熱と Mg 量の変化による溶接部の機械的性質の変化について検討を加えた。

2. 実験方法

2.1 供試材

供試材の化学組成を Table 1 に示す。母材には板厚

Table 1. Chemical Composition of Test Materials

		Mg	Mn	Cr	Fe	Si	Ti	B	Al
Base Plate 5083-O	A	4.29	0.68	0.12	0.19	0.15	Tr	-	Bal.
	B	4.61	0.69	0.13	0.17	0.13	Tr	-	Bal.
	C	4.89	0.70	0.12	0.20	0.15	Tr	-	Bal.
Filler Wire	5183	4.9	0.75	0.10	0.09	0.05	0.10	0.003	Bal.
	5556	5.6	0.70	0.07	0.07	0.05	0.11	0.004	Bal.

25 mm の 5083-O を用いた。A, B, C はそれぞれ主要添加元素である Mg を 5083-O の JIS 規格値の範囲内で変化させている。また, 板厚の効果を調べるため 4.6% 程度の Mg を含んだ板厚 50 mm, 80 mm の母材についても実験を行なった。電極ワイヤには 4.0 mmφ の 5183, 5556 を用いた。

Fig. 1 Specimen Configuration

* 原稿受付 昭和50年8月8日(昭和50年度春季全国大会にて発表)

** 正 員 石川島播磨重工業(株) Member, Ishikawajima Harima Heavy Industries Co. Ltd. Welding Research Institute

Table 2 Welding Variables

Plate (mm) Thickness	Heat Input (KJ/cm)	Current (A)	Voltage (V)	Travel Speed (mm/min)	Pass Number
25	30	500	29	290	3
	50	600	29	210	2
	70	700	30	180	1
	90	710	32	150	1
50	70	700	30	180	1
	90	710	32	150	1
	120	730	33	120	1
	160	750	35	100	1
80	120	730	33	120	1
	160	750	35	100	1

2.2 溶接法ならび試験項目

試験片形状を Fig. 1 に示す。全溶接金属の引張り試験を主目的としているため開先形状は JIS Z-3111 の全溶着金属引張り試験に準じた。

溶接は 1000 Amp. の電源を用い電流 500~700 Amp. の比較的安定な領域で行なった。溶接条件を Table 2 に示す。入熱は板厚 25 mm に対しては 30, 50, 70, 90 kJ/cm の 4 水準で行ない、板厚 50, 80 mm に対してはそれぞれ 4 水準, 2 水準で行なった。シールドガスは溶接部の融合不良を防止するため 75% Ar + 25% He の混合ガスを用いた。シールドガス流量は 80 l/min である。

全溶接金属引張り試験は溶接線と平行に溶接中央部より切り出した平行部 12.5 mmφ の丸棒引張り試験片 (JIS Z-3111) で行なった。なお、参考として継手引張り試験も行なった。また、マクロ、ミクロ組織観察、成分分析、XMA 分析、破面観察などを行ない溶接部の機械的性質の対応をこころみた。

Fig. 2. Effect of Heat Input and Mg Content on Tensile Strength and Yield Strength of Weld Metal

Fig. 3 Effect of Heat Input and Mg Content on Elongation and Reduction of Area of Weld Metal

3. 実験結果

Fig. 2, Fig. 3 に入熱と溶接金属の引張り強さ, 耐力, 伸び, 絞りの関係を示す。入熱の増加にともない引張り強さ, 耐力, 伸び, 絞りともに減少している。また, Mg 量の減少により引張り強さ, 耐力は減少しているが伸び, 絞りについてははっきりとした傾向はみとめられていない。ここで, 母材 5083-O の引張り強さの規格値 28 kg/mm² (JIS 規格, $t \leq 50$ mm) を 5083/5183 溶接金属の引張り強さの規準値としてとる場合には母材 4.6% Mg, 電極ワイヤ 4.9% Mg にたいしては入熱 50~60 kJ/cm が上限となる。また, 4.9% Mg の母材では 90 kJ/cm の入熱においても規準値以上であり溶接部の Mg 量の増加が強度へ寄与している。一方, 電極ワイヤに Mg を多く含む 5556 を用いた場合, 同様に引張り強さは増加し 70~80 kJ/cm が入熱の限界となる。このように, 主要添加元素である Mg の増加により引張り強さを増すことができるが上記の結果より Mg で溶接金属の強度を確保する場合, 電極ワイヤの Mg 量を増加するよりも母材の Mg 量を増加する方がより効果的であるように思われる。

つぎに, 板厚 50 mm, 80 mm の室温引張り試験結果を Fig. 4 に示す。板厚の薄い 25 mm では勾配が急で入熱への依存度が大きいが板厚が厚くなるにしたがい勾配は緩かとなる。そして, 引張強さの規準値を 28 kg/mm² とした場合, 板厚 25 mm では 50~60 kJ/cm が入熱の上限であるが板厚 50 mm では 110~120 kJ/cm が入熱の上限となる。また, 板厚 80 mm では入熱 160

Fig. 4 Effect of Heat Input on Tensile Strength of Weld Metal

Fig. 5 Relation between Tensile Strength of Weld Metal and Heat Input per Unit Plate Thickness

kJ/cm においても規準値を満足しており板厚の増加により許容される入熱も増加することがわかる。これらを単位板厚当りの入熱で整理すると Fig. 5 のごとくなる。単位板厚当りの入熱の増加により引張り強さは減少し、単位板厚当りの入熱が 20~25 kJ/cm/cm 以上になると引張り強さは 28 kg/mm² 以下となる。すなわち、現在、一般的に溶接構造材として使用されている母材 (5083; 4.5~4.6% Mg), 電極ワイヤ (5183; 4.8~4.9% Mg) では単位板厚当りの入熱 20 kJ/cm/cm が安全サイドでの入熱の上限となる。

このように、溶接部の機械的性質は溶接入熱の変化により影響を受ける。この溶接入熱の機械的性質に与える主要な因子としては組織的要因すなわち溶接部の凝固組織と組成的要因すなわち主要添加元素である Mg 量の変化が考えられるが、以下これらの要因に関して行った実験結果について述べる。まず、組成的要因としての Mg 量の変化について述べる。溶接入熱の大小は溶接部の溶け込み形状に影響を及ぼし、溶け込み形状が変るこ

Fig. 6 Effect of Heat Input on Dilution by Base Plate and Mg Content in Weld Metal

とにより溶接部の母材と溶加材の溶融比が変化する。すなわち、母材による dilution が影響を受けるわけであり、母材と溶加材の組成が異なる場合 dilution により溶接部の組成が変化する。板厚 25 mm での入熱と母材による dilution、溶接部の Mg 量の関係を Fig. 6 に示す。入熱 30 kJ/cm では dilution は 30% 前後であるのに対し、入熱 90 kJ/cm では 50% となり入熱の増加により母材による dilution は増加する。また、dilution から決められる溶接部の Mg 量の計算値も減少する。しかし、図中点線でプロットされた原子吸光法による溶接部の Mg の分析値は計算値よりも低くなっている。これは溶接時の Mg の vaporizing による loss のためであると考えられ大入熱域でその傾向が著しくなる。このように溶接部の Mg 量の変動は母材による dilution ならびに vaporizing loss によって影響を受け溶接部の機械的性質の低下の一因となる。

つぎに組織的要因について述べる。Photo. 1 は板厚 25 mm での各入熱における溶接部のミクロ組織を示している。入熱の増加によりサブグレインは大きくなっており、これらの結晶組織の粗密度を line intercept method³⁾ によって求めた Dendrite Arm Spacing (DAS) で示すと Fig. 7 のごとくなる。入熱 30 kJ/cm では DAS 14~16 μ はであるのに対し、入熱 90 kJ/cm では 24~30 μ となり入熱の増加にともない DAS も増加する。参考として同図に示されている 10 kJ/cm 近傍のコンベンショナル MIG では DAS は 10 μ 程度となる。一般にこのようなサブグレインの粗密度は冷却速度

Conventional MIG 10 KJ/cm

Photo. 1 Microphotographs of Welds under Various Heat Input ($\times 200$):
a) 30 kJ/cm b) 50 kJ/cm c) 70 kJ/cm d) 90 kJ/cm

Fig. 7 Dendrite Arm Spacing versus Heat Input with High-Current MIG Welding

(凝固時間)ならびに溶質元素の添加量により影響を受ける。Fig. 7 では入熱 (冷却速度) による影響は明らかであるが母材 Mg 量の変化によっては差はなく本実験の範囲内 (Mg 量; 4.3~4.9%) 程度の Mg 量の差異では DAS の成分による影響は認められないといえる。すなわち、成分がある範囲内に限定されている場合には DAS は主として冷却速度 (凝固時間) に依存する。冷却速度は入熱と板厚により影響を受ける。Fig. 8 は各板厚に対する入熱と DAS の関係を示しているが同一入熱に対しては板厚の厚い方が DAS は小さくな

Fig. 8 Effect of Heat Input on Dendrite Arm Spacing of Welds

っており、板厚増加による冷却速度の増加が DAS の減少に寄与していることがわかる。このように入熱の変化は組成への影響と同時に冷却速度にも影響を与え DAS が変化することにより溶接部の機械的性質に影響を及ぼしている。

4. 考 察

3項で述べたごとく溶接入熱の増加にともない溶接部の引張り強さは低下する。同時に、耐力、伸び、絞りなどについても減少の傾向を示す。このような溶接入熱の機械的性質に影響を及ぼす主要な因子として組成的要因すなわち添加元素の挙動ならびに組織的要因すなわちサブグレインの粗密度を挙げたが以下これらの要因について考察する。

4.1 機械的性質への組成の寄与について

Al 合金の溶接において引張り強さに影響を及ぼす最も重要な因子は合金の組成である。5083においては主要添加元素は Mg であり、Mg の添加量により溶接部の引張り強さが左右される。また、耐腐食性のために添加された Mn, Cr など付随的要因として強度に寄与する。たとえば、鋳造材では⁴⁾、Mg が 5% 近傍の Al-Mg-Mn 合金において Mg 1% の増加により引張り強さは約 3 kg/mm² 程度増加し、また Mn の添加によっても引張り強さは増す。同様の傾向は展伸材においても認められている⁵⁾。鋳造よりもさらに冷却速度の速い溶接の場合においても機械的性質の挙動に関し多くの報告がなされている⁶⁾⁻⁸⁾。たとえば、B. A. Cassie 等⁹⁾は母材、溶加材中の Mg, Mn 量、入熱、溶接法を変化させて溶接部の引張り特性の比較検討を行ない、Mg, Mn 量と引張り強さの関係につき (1) 式のような実験式を与えている。

$$\text{引張り強さ } \sigma_B \text{ (tons/in}^2\text{)} = 5.06 + 1.97Mg_{(p)} + 1.4Mn_{(p)} + 0.63Mg_{(f)} +$$

$$0.71\text{Mn}_{(f)} \cdots \cdots (1)$$

$\text{Mg}_{(p)}, \text{Mn}_{(p)}$; 母材中の Mg, Mn 量 (%)

$\text{Mg}_{(f)}, \text{Mn}_{(f)}$; 溶加材中の

Mg, Mn 量 (%)

ここで, Cassie 等は彼らの行った実験の範囲内では入熱, 溶接法は引張り強さに有意な影響は与えないとして組成についてだけの関係式を与えているが, 大電流 MIG 溶接のごとく入熱が大きくかつ使用電流域の巾の広い溶接においてはその影響による引張り強さの変動が大きいため入熱を考慮しなければならない。そこで, 本実験の結果より, 入熱, Mg 量と引張り強さの関係を最小二乗法により求めると(2)式のごとくなる。

$$\begin{aligned} \text{引張り強さ } \sigma_B (\text{kg/mm}^2) = & 21.1 + 1.38\text{Mg}_{(p)} \\ & + 0.69\text{Mg}_{(f)} - 0.106Q \cdots \cdots (2) \end{aligned}$$

$\text{Mg}_{(p)}$; 母材中の Mg 量 (%)

$\text{Mg}_{(f)}$; 電極ワイヤ中の Mg 量 (%)

Q; 単位板厚当りの入熱

(kJ/cm/cm)

ただし, (2)式は Mn が 0.6~0.7% 一定で Mg は 4.0~5.5% に限定されるものであり, 大電流 MIG 溶接における Al-Mg 合金 5083 を対象とした場合の溶接金属の引張り強さの目安を与えるものである。

つぎに, Al-Mg 合金の溶接において溶接部に残留する Mg 量は母材の dilution あるいは vaporizing loss により影響を受ける。母材の dilution は溶接法, 開先形状, 溶接入熱によって変化するが, 開先形状が同一の場合には溶接入熱が大きくなるにしたがい増加する。そして 5083/5183 の溶接のように母材の Mg 量が電極ワイヤの Mg 量より少ない場合, 溶接入熱の増加により溶接部の Mg 量は減少する。溶接時の Mg の vaporizing loss については Mg の沸点 (1102°C) が低いためその影響を無視することができない。そこで, Mg 量の異なる 3 種の電極ワイヤ (4.0 mmφ) を用い bead on plate で 10~15 パス盛り上げた溶接部の最上層より成分分析試験片を採取し Mg の vaporizing を調べた。結果を Fig. 9 に示す。いずれの電極ワイヤにおいても入熱の増加により残存 Mg 量は減少している。すなわち vaporizing loss は増加している。vaporizing loss は溶融池の温度, 溶融している時間, シールド状態などにより影響を受けるが溶接入熱の増加はこれらの要因をすべて vaporizing loss を大きくする方向に作用させているのであろう。このように溶接入熱の増加は母材の dilution あるいは vaporizing loss を大きくし, その結果溶接部の Mg 量が減少するため引張り強さあるいは耐力低下の一因となる。

4.2 溶接入熱とサブグレインの粗密度について

Fig. 9 Relation between Heat Input and Vaporing of Mg in Electrode Wire

Al 合金の溶接において引張り特性に最も重要な影響を及ぼす因子は 4.1 項で述べたごとく母材, 電極ワイヤ中の合金組成であり, 他の冶金因子が二次的要因として影響を及ぼす。しかし, この二次的要因も実際の溶接にあたっては重要な意味をもっており, たとえば溶接入熱の変化による結晶粒度あるいはサブグレインの粗密度が引張り特性を左右する。この場合, 結晶組織の影響としては一般的には結晶粒の大きさよりもサブグレインの粗密度の方が引張り特性への寄与は大きいといわれている⁷⁾。本実験ではサブグレインの粗密度を Dendrite Arm Spacing (DAS) であらわしているが, この DAS については, Adams 等¹⁰⁾が凝固時間と関連づけ(3)式のような関係式を与えている。

$$L^2 = kt_0 \cdots \cdots (3)$$

L; Dendrite Arm Spacing (μ)

t_0 ; 凝固時間(sec)

k; 過冷度, 合金の分部系数その他合金の組成などにより決定される定数

すなわち, DAS は溶湯の凝固時間の平方根に比例することになる。溶接の場合, 溶湯の凝固時間は主として溶接入熱の影響を受けるわけであるが, 同時に板厚の効果も考慮しなければならない。たとえば与えられた熱源に対し, 入熱, 板厚により熱伝導が二次元になるのか, あるいは三次元になるのかにより冷却速度, 凝固時間が左右される。二次元の熱伝導では

$$dT/dt = 2\pi\lambda C_p \rho \cdot (h/Q)^2 (T - T_0)^3 \cdots \cdots (4)$$

λ ; 熱伝導度 (cal/cm $\cdot$ °C $\cdot$ sec)

C_p ; 比熱 (cal/g $\cdot$ °C)

ρ ; 密度 (g/cm 3)

h ; 板厚 (cm)

Q ; 溶接入熱 (cal/cm)

T ; 測定点の温度 ($^{\circ}\text{C}$)

T_0 ; 初期温度 ($^{\circ}\text{C}$)

t ; 時間 (sec)

三次元の熱伝導では

$$dT/dt = 2\pi\lambda/Q(T-T_0)^2 \dots (5)$$

そして, 凝固時間 t_0 は (6) 式であらわされる

$$t_0 = H/C_p \cdot (dT/dt)_m \dots (6)$$

H ; 溶融潜熱 (cal/g)

m ; 定数

すなわち, 二次元熱流と考えた場合には DAS (L) は

$$L \propto Q/h$$

となり, 三次元熱流では

$$L \propto \sqrt{Q}$$

となる。ここで, 与えられた条件に対して冷却速度を推定するのに二次元熱流とみなすべきか三次元熱流とみなすべきかを定めるには板厚, 入熱, 板の初期温度, 冷却速度を求めようとする温度などを考慮しなければならない。このような二次元, 三次元を決める式としては (7) 式が与えられており¹¹⁾, (7) 式を満たす場合, 三次元熱流の応用が可能となる。Al-Mg 合金の板厚 25 mm に対して (7) 式を満たす条件としては

$$h^2 \cdot C_p \rho (T - T_0) \geq Q \dots (7)$$

入熱は約 12 kJ/cm が臨界値となり, 本実験の範囲内に入熱 (30~90 kJ/cm) ではすべて二次元熱流と考えるべき入熱範囲となる。また, 板厚 50, 80 mm にたいしてもほぼ二次元熱流と考えられる範囲になる。したがって, 溶接金属の凝固組織の粗密度は単位板厚当りの溶接入熱と比例することになる。Fig. 10 は Fig. 8 の結果を単位板厚当りの入熱で整理したものであるが, 板厚 25, 50, 80 mm にかかわらず単位板厚当りの入熱と DAS の間には一次的な相関関係が認められ入熱の増加

Fig. 10 Relation between Dendrite Arm Spacing and Heat Input per Unit Plate Thickness

とともに DAS は増加する。

3.3 サブグレインの粗密度と機械的性質について

溶接入熱の増加により引張り強さ, 耐力, 伸び, 絞りなどの機械的性質が低下する。低下の原因として組織的要因と組織的要因をとりあげ検討してきた。すなわち, 入熱の増加による DAS の増加ならびに母材との dilution, 溶接時の vaporizing loss に依存した溶接部の Mg 量の減少が機械的性質低下の原因となっていることを示した。ここで, これら両者の要因を板厚 25 mm の結果につき Fig. 11 にとりまとめた。Mg 量が多いほどま

Fig. 11 Tensile Strength of Weld Metal versus Dendrite Arm Spacing and Mg Content in Weld Metal

た DAS が小さいほど引張り強さは大きい。母材 5083-O の規格値 28 kg/mm² を規準にとると, 溶接部の Mg 量が 4.5~4.7% の場合 DAS は 18~21 μm 以下に保つ必要があるが溶接部の Mg 量が 4.8% 以上では DAS は 23 μm 以下で充分である。すなわち, Mg 量を増加することにより入熱の限界量を大きくすることができる。

このような Mg 量の増加による引張り強さの増加はマトリックス中への Mg 固溶によるいわゆる固溶体強化に起因するところが大きい。Cahoon 等¹²⁾ は凝固組織と引張り強さの関係について (8) 式を挙げている。

$$\sigma_{uc} = \sigma_{um}(1 - V_f) + \tau l'/d \cdot V_f \dots (8)$$

σ_{uc} ; 合金の引張り強さ

σ_{um} ; マトリックスの引張り強さ

τ ; Eutectic とマトリックスの間の Shear Stress

l' ; Fiber Eutectic の長さ

d ; Fiber Eutectic の径

V_f ; Eutectic の量

すなわち, 合金の引張り強さはマトリックス自身の引張り強さならびに第 2 相の量, 分布, 形状に依存する。そして, 鋳造材の場合, 第 2 相量が少ない領域 ($V_f \leq 18\%$)

Fig. 12 Distribution of Magnesium in Welds under Various Heat Input by XMA Analysis

では、引張り強さは大部分がマトリックスの強度に依存するとしている。ここで、5083の場合、マトリックスの強度は合金元素すなわち主要添加元素である Mg, Mn, Cr の固溶量に依存し、特に Mg を多く含めば強度は増加する。同時に、このマトリックスの固溶 Mg 量は合金成分が同じでも溶接の場合溶接入熱によって影響を受ける。Fig. 12 は溶接部の Mg の XMA 分析結果を示しているが、入熱の増加により偏析のピークの間隔は広がっており、この偏析の間隔はほぼ DAS と一致する。すなわち、サブグレインの境界に Mg が偏析しているわけであり、この偏析 Mg 量が増加すればマトリックス中の固溶 Mg 量は減少する。迎、加藤¹³⁾によると固溶 Mg 量は溶接入熱によって影響を受け溶接入熱の増加により固溶 Mg 量は減少すると述べている。このように入熱の増加は DAS と関連して主要元素である Mg のマトリックスへの固溶量を減少させ σ_{um} が下り、結果として溶接部の引張り強さを低下させる重要な因子になると考えられる。一方、伸び、絞りなどについては入熱の増加によって強度が低下しているにもかかわらず減少の傾向を示していることからサブグレインの粗密度の機械的性質への寄与はただ単にマトリックスへの Mg の固溶量だけではなくサブグレインの境界に晶出した Al_3Mg_2 (β 相)、Al-Fe-Mn 系あるいは Al-Mg-Si 系の第2相の、分布、形状などについても考慮しなければならない。Photo. 2 は引張り破面を調べた結果を示しているが破面には dimple が多く ductile な破面を呈している。しかし、dimple の大きさは溶接入熱によって影響を受けており、入熱の増加により dimple の径も

Photo. 2 Electron Fractographs of Tensile Test Specimen of Weld Metal under Various Heat Input ($\times 300$): a) 30 kJ/cm b) 50 kJ/cm c) 70 kJ/cm d) 90 kJ/cm

大きくなっている。この dimple の径を測定するとほぼ DAS の値と同様の傾向を示していたことから、入熱の増減による DAS の大小が破断時に生じる dimple の径に影響を及ぼしているのは明らかである。破断時の dimple の形成に関しては諸説があり一定の見解をみいだし難いが、サブグレインの境界には Mg はもとより Fe, Mn, Si などの金属間化合物を形成する元素が偏析していることがみとめられており¹³⁾²⁾、サブグレインの境界に晶出した第2相が引張り破断時の初期に形成されるボイドあるいはクラックの生成に影響を及ぼし、その結果、サブグレインの大小により dimple の径も影響を受けたものと思われる。このようにサブグレインの粗密度はマトリックス中の Mg の固溶量のみならず、境界に晶出する第2相の量、分布、形状によっても機械的性質に影響を及ぼすものと思われる。

5. 結 論

Al 合金の 5083-O 大電流 MIG 溶接における入熱と機械的性質の関係について、溶接入熱の影響を主として組成的要因と組織的要因に分け検討を加えた。得られた結果を以下に要約する。

1. 溶接入熱は Al 合金溶接部の機械的性質に影響を及ぼす。すなわち、入熱の増加により、引張り強さ、耐力、伸び、絞りなどが減少する。
2. 母材5083の JIS 規格値 28 kg/mm² を溶接部の引

- 張り強さの規準値にとると, 単位板厚当りの入熱 20 kJ/cm/cm が安全サイドでの入熱の上限となる。
(母材4.6% Mg, 電極ワイヤ4.9% Mg)
3. 5083の主要強化成分である Mg 量を増すことにより, 許容入熱を上げることができる。
 4. 溶接入熱は組成的要因と組織的要因により溶接部の機械的性質に影響を与える。
 5. まず, 組成的要因としては, 入熱の増加にともなう母材の dilution あるいは Mg の vaporizing loss の増加が溶接部の Mg 量を減少させ, 引張り強さ, 耐力低下の一因となる。
 6. 組織的要因としてはサブグレインの粗密度が挙げられ, 入熱の増加にともなう dendrite arm spacing の増加が機械的性質低下の一因となる。

参 考 文 献

- 1) 簗田, 入沢; 超低温タンクにおけるアルミニウム合金の溶接, 溶接学会誌, Vol. 44 (1975), No. 1, 35-47
- 2) 福井; アルミニウム合金の溶接凝固組織とその諸性能, 軽金属, Vol. 24 (1974), No. 4, 108-192
- 3) R.E. Spear, G.R. Gardner; Dendrite Cell Size, Modern Casting, Vol. 43 (1963), No. 5, 209-215
- 4) アルミニウムハンドブック, 朝倉書店 (1963) p. 95~96
- 5) Kent R. Van Horn; Aluminum, (ALCOA), (1967), 197
- 6) 福井, 難波, 杉山; アルミニウム合金5083の溶接凝固組織とその機械的挙動, 本誌, Vol. 42 (1973), No. 12, 1237-1244
- 7) J.H. Rogerson; The relationship between weld metal mechanical properties and microstructure in aluminum alloy fusion welds, ALUMINUM, Vol. 48 (1972), No. 6, 424-430
- 8) 稲田, 石丸, 阪口; Al-Mg 合金 (5083 P-O) の溶接凝固組織と継手強度に関する研究, 軽金属溶接, Vol. 12, No. 9, p. 14~21
- 9) B.A. Cassie, G.M. Etherington; Composition affects tensile strength of welded aluminium-magnesium alloy, Met. Const. 1973, No. 1, 11-19
- 10) P.E. Brown, C.M. Adam; Rapidly solidified alloys structures, Trans. AFS, Vol. 69 (1969) 879-890
- 11) 渡辺, 佐藤; 溶接力学とその応用, 朝倉書店 (1965) p. 221
- 12) J.R. Cahoon, H.W. Paxton; The mechanical properties of some unidirectionally solidified aluminum alloys, Trans. AIME, Vol. 245 (1969), No. 7, 1401-1409
- 13) 迎, 加藤; Al-Mg 合金の溶接金属中に固溶される Mg 量の変化, 本誌, Vol. 42 (1973), No. 12, 1170-1179

新 刊 案 内

ADVANCED WELDING TECHNOLOGY

(溶接技術の進歩)

社団法人溶接学会主催第2回国際シンポジウム・プロシーディングス

従来の溶接・切断法の進歩, 自動化などを含め, 最近の溶接・溶断法とその応用を中心に, 溶接技術全般的にわたる諸問題をテーマに開催された, 第2回国際シンポジウムのプロシーディングスです。わが国を含め, 15ヶ国から提出された110篇の論文と, その質疑応答等を総て収録してあります。

〔体 裁〕 A4版・オフセット印刷・約700頁全1巻・上製本・英文

〔出版予定〕 昭和51年1月

〔頒 価〕 30,000円 (130部限定出版)

〔申 込 先〕 生々文献サービス (溶接学会文献サービス係)

〒151 東京都渋谷区千駄ヶ谷3-3-4

電話 03 (478) 4062

〔申込方法〕 所定の申込書をご使用下さい。