

テーラードブランクの溶接技術

Welding Techniques for Tailored Blanks

宮崎 康 信^{*(1)} 崎 山 達 也^{*(2)} 児 玉 真 二^{*(2)}
 Yasunobu MIYAZAKI Tatsuya SAKIYAMA Shinji KODAMA

抄 録

レーザー溶接、プラズマ溶接、マッシュシーム溶接を取り上げ、溶接原理と施工上の注意点をまとめた。レーザー溶接では溶融量が少ないため、突合せ隙間を狭くすることと、ビームの狙い位置を精度良く管理することが必要である。プラズマ溶接では、IF鋼より、高張力鋼板の方が溶接し易い。また、シールドガスにH₂を添加すると溶接速度を向上できるが、添加し過ぎると気孔を発生させてしまう。マッシュシーム溶接は、被溶接材の端部を重ねて電極輪で加圧・通電する溶接方法で、高速溶接が可能である。被溶接材の板厚差や強度差が大きい場合には適さない。また、めっき鋼板の溶接では電極表面の管理が必要である。

Abstract

Welding principles and notes in laser welding, plasma welding and mash seam welding are discussed. Because of few amount of molten metal in laser welding, it is necessary to keep a gap narrow between welding edges and to track the weld line precisely. High tensile strength steel sheets are easy to weld, in plasma welding, with a lower current than mild steel. And, adding H₂ gas to a shielding gas is effective in improving plasma welding speed. It is necessary, however, to note that too much H₂ gas causes pores in welds. High-speed welding is possible in mash seam welding. Sheet's edges are piled up and force and electrical current are applied there with electrode wheels, in this method. Mash seam welding isn't suitable for sheets with too different thicknesses and tensile strengths. And also, cleaning of the electrode surface is necessary in welding of coated steel sheets.

1. はじめに

テーラードブランク (Tailored Blanks: 以下TBと略す)、あるいはテーラードウェルディッドブランク (Tailored Welded Blanks: TWB) とは、溶接により複数の鋼板を、強度、防錆など、目的に合わせて仕立てたプレス用素材のことを言う^{1,3)}。TBを用いることにより、一枚の素材のなかで特性を部分的に変えることができ、また歩留まり向上や部品点数の削減が可能となる。TBの成形性についても、多くの優れた研究がなされている^{4,5)}。本論文ではTBを生産するための溶接法として、国内で広く使われているレーザー溶接、プラズマアーク溶接、マッシュシーム溶接を取り上げ、それらの加工原理と施工時の注意点について詳述する。

2. レーザ溶接

2.1 レーザ溶接の原理

レーザー溶接では、レーザービームを図1に示すように、通常1mm以下のスポットサイズに集光して溶接を行う。図1は、溶接用6kW級Nd-YAGレーザービームを集光したときの、焦点近傍の集光状態を示したものである。こうしたレーザービームが鋼板に照射されたとき、波長が1.06μmであるNd-YAGレーザー光では、鋼板表面より深さ数nmで吸収され、吸収率は約40%である⁶⁾。このためビームは鋼板

表面に位置する熱源として働き、鋼板表面の温度を上昇させる。投入された熱は熱伝導により低温部に散逸するため、パワー密度が低すぎるとレーザービームの照射された領域が浅く焼き入れられるだけである。

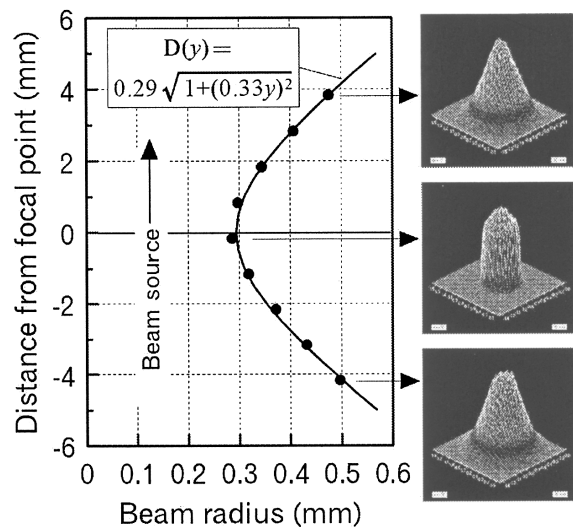


図1 レーザビームの集光の様子
Focusing of laser beam

^{*(1)} 鉄鋼研究所 接合研究センター 主幹研究員
 千葉県富津市新富20-1 〒293-8511 TEL:(0439)80-2301

^{*(2)} 鉄鋼研究所 接合研究センター 主任研究員

2.1.1 熱伝導型の溶接

もう少しパワー密度が高くなると、図2(a)に示すように、鋼板表面は溶融を始め、熱伝導と溶鋼の流動による熱輸送によって溶融池が広がり始める。この状態での溶接は熱伝導型の溶接と呼ばれ、ダイレクトダイオードレーザー(DDL)による溶接や、TIG溶接、アークプラズマによる薄板の溶接がこの型に分類される。熱伝導型の溶接ではヒューム発生量が少なく、溶接ビードの外観が良好である。

2.1.2 ビームホールの形成

さらにパワー密度の高いレーザービームが照射されると溶鋼表面は鉄の沸点である3000Kを超える。鉄が蒸発すると溶鋼表面には反跳圧が作用して、表面張力と釣り合う形で溶鋼表面を湾曲させ、図2(b)に示すようなビームホールが形成される⁶⁾。文献7)に、SUS 304を3kWのYAGレーザーで溶接したときの蒸発反跳圧を測定した結果が報告されている。それによると金属蒸気の蒸発速度は250m/s程度で、反跳圧は約6000Pa(大気圧の6%)と見積もられている。溶鋼の粘性は低いので、この程度の反跳圧で十分にビームホールが形成される。例えば20℃の水の粘性率は 1×10^{-2} P、同温度のグリセリンで15Pであるが、溶鋼のそれは2000℃で 3×10^{-2} Pである⁸⁾。

2.1.3 キーホール溶接

レーザービームのパワーが十分高いとビームホールは鋼板を貫通する。この状態のビームホールは特にキーホール(鍵穴)と呼ばれ、この状態の溶接はキーホール型の溶接と呼ばれる。レーザービームは主に鋼板を貫通したキーホールの内壁面で吸収され、鋼板に熱を伝える。熱伝導型の溶接に比較すると、キーホール溶接では板厚に依らず高速で、板厚方向にはほぼ一定の、幅の狭い溶接ビードを形成できる。1mm程度の鋼板の突合せ溶接では、溶接速度5m/minで、幅1mm未満の溶接ビードが形成される。このため、他の溶接法に比較して材質の劣化範囲が狭く、溶接による鋼板の変形も小さい。こうした特性故に、TBの溶接法として最適な溶接法となっている。

また、キーホールから噴出した金属蒸気はヒュームとなって周辺に放出される。このヒュームはかなりの量で、1.6mm厚の薄板を溶接したときの鋼板質量減少量は概ね20mg/100mmであった。ヒュームは表面が酸化された金属微粒子として鋼板や周辺設備に堆積することになる。

2.2 施工上の注意点

2.2.1 溶接条件の決め方

レーザー出力を大きくすれば、より高速度での溶接が可能になり、

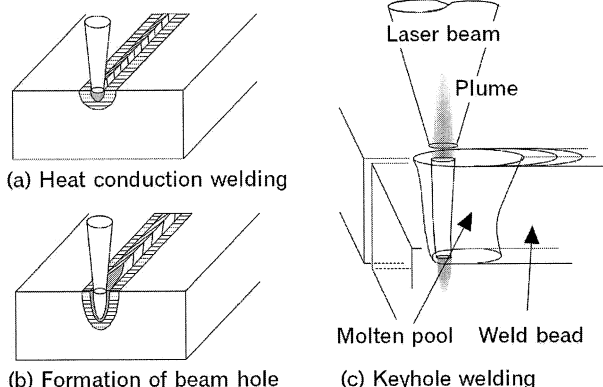


図2 レーザのパワー密度と加工形態

Relationship between power density of laser beam and mode of welding

生産性を上げることができる。従って溶接設備が決まっている場合、先ずレーザー発振器の定格最大出力での溶接を狙う。厚い方の鋼板表面にレーザービームの焦点を合わせ、溶接速度だけをパラメータとして、溶接できる最大の速度を探す。この時注目するのは鋼板裏面のビード幅である。裏ビードは、溶接の全長にわたって均一な幅で形成されていること、突合せ状態が変動しても鋼板裏面に溶け残しが生じない十分な幅を持っていることが必要である。数値的には、表ビード幅の60~80%の幅となる溶接速度を選定する。ここでスパッタが激しすぎると判断される場合、レーザー出力を低下させ、速度選定をやり直す。焦点位置を焦点距離の1%程度、鋼板表面から外すこともスパッタ低減に効果がある。

2.2.2 突合せ精度と溶接可能範囲

図3は、炭酸ガスレーザーを用い、機械加工により仕上げた端面を突き合わせて溶接したときに、良好な溶接ができたビームの狙い位置範囲を示したものである。溶接可能な狙い位置範囲は、溶接速度が低いほど、突合せ隙間が狭いほど広がる。鋼板のセット位置、鋼板端の直線性、溶接線做いの不正確さのため、ビーム狙い位置を理想的な位置に保つことは困難である。例えば図3では、ビーム狙い位置を、突合せ位置より厚材側に0.1mm位置に保持できれば、隙間50μmの場合、速度7m/min以上での溶接が可能である。しかし、鋼板のセット位置のずれにより、ビームが0.2mm位置を狙ったとすると、溶接速度7m/minでは溶接不良になってしまう。このため生産では、鋼板切断時の直線性不足、セット位置精度などを吸収しうる溶接可能な狙い位置範囲を持った溶接速度を選定することが必要である。溶接速度を上げるためには、直線性の確保やセット位置、あるいは溶接線の做い精度向上といった工夫が必要となる。

溶接中の鋼板は、突合せ面が互いに離れる方向に変形しようとするため、鋼板のクランプが十分でないと、溶接中に突合せ隙間が広がってしまう。この現象を回避するためには突合せ線近傍を拘束するなど、鋼板のクランプには十分な注意が必要である。

図3では、実際に突合せ溶接を行って溶接可能な範囲を求めているが、この作業には案外手間がかかる。ところで、鋼板を突き合わせずに、一枚板にビームを照射して溶融することをメルトランと言う。厚い方の鋼板を用いてメルトランを行い、鋼板裏面のビードが

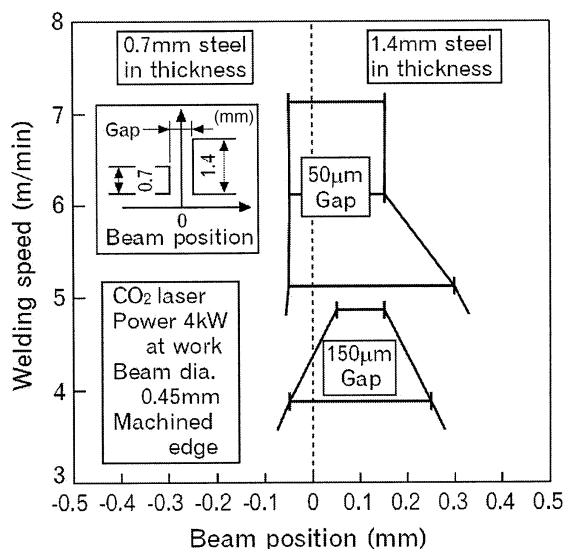


図3 突合せ隙間量の溶接可能範囲に及ぼす影響
Effect of gap between butting sheet edges on weldable range

全長にわたって形成される貫通限界速度を求めると、突合せ溶接の場合、経験上この速度の60%程度が実用的な速度である。

2.2.3 シールドガス

キーホールからはブルームと呼ばれる高温の金属蒸気が噴出する(図2(c))。この金属蒸気はレーザービームと相互作用し、溶接に影響を与える。影響の与え方はレーザーの波長によって異なる。

従来主流であった炭酸ガスレーザーでは、ビームがブルームそのものを加熱する。これはビームが、ブルーム中の電子によって逆制動輻射吸収されるため⁹⁾、その結果ブルームは20000K程度のプラズマ状態になる。このプラズマが大きくなりすぎるとプラズマによるビームの吸収が強くなり過ぎ、溶接できなくなる。このため炭酸ガスレーザー溶接におけるシールドガスの役割は、プラズマが過大に成長しないように冷却することであり、その特性として電離電圧の高さや冷却能力が重要となる。このため比較的高価であってもヘリウムガスが用いられることがある。

近年普及してきたYAGレーザーなどの固体レーザーの場合、波長は可視光に近い1μm前後であるが、ビームにブルームを加熱する能力はない。このため固体レーザー溶接でのシールドガスの役割は光軸に沿って金属蒸気が吹き上がるのを防ぎ、レーザービームが金属微粒子で散乱されて減衰することと、保護ガラスの汚損を防ぐことにある。溶接金属は急冷されるので、溶接部を大気からシールドしなくても溶接金属の酸化はあまり進まないためシールドガス無しでも溶接は可能である。

2.2.4 溶接部の不具合

溶接ビードの形成不良として、(a)アンダーフィル、(b)穴あき、(c)裏面の溶け残し、(d)融合不良、(e)気孔などがある。

レーザー溶接では、溶接ビードが狭い反面、溶融量が少ないために突合せに隙間があると溶接ビードのアンダーフィルが大きくなり過ぎたり、穴があいたりし易い。こうした場合、溶融量を増やす必要があるが、単に出力を上げるだけでは溶融量はあまり増えない。キーホール内壁面で反射されたレーザービームは鋼板を素通りしてしまい、出力を上げてても熱効率が低下するだけとなるからである。溶融量を増やすためには、焦点を鋼板表面から外して鋼板表面でのビーム径を広げる、ビームを分割して突合せ隙間を素通りするビームを減少させる、溶接速度を低下させるなどの対策が必要である。

気孔の発生機構については、文献1)を参照されたい。

3. プラズマアーク溶接

3.1 プラズマアーク溶接の原理

図4にプラズマアーク溶接(以下、プラズマ溶接)方法の模式図を示す。プラズマは、タングステン電極から発生したアークプラズマを水冷された拘束ノズルの熱ピンチ効果によって収束させて得られる、エネルギー密度の高いアーク熱源である。このためプラズマ溶接は、他のアーク溶接と違った特徴を有する¹⁰⁾。溶接時のパラメータ

として、図4より明らかなように、溶接速度、溶接電流、シールドガス流量の他、拘束ノズル径とパイロットガス流量がある。

表1に標準的な溶接条件を示す。平均板厚2.6mm程度以上の比較的厚い鋼板に対しては、拘束ノズルから高い流速のパイロットガスを流すことによってキーホールを形成し、キーホール溶接を行う。一方、平均板厚が2mm程度以下の比較的薄い鋼板に対しては、パイロットガスの流量を下げてもキーホールの形成を避け、熱伝導型の溶接を行う。差厚継手の場合、板厚比3倍程度まで溶接可能である。レーザー溶接に比較して溶接速度は1/3程度と劣るが、突合せ隙間の許容範囲は板厚の20%程度と若干優れる利点がある。

3.2 施工上の注意点

3.2.1 溶接速度の向上方法

プラズマ溶接は、TBに用いられる他の溶接法に比較して溶接能力の低さが短所であり、様々な高速化対策が検討される。プラズマ溶接における溶接速度の律速要因は、図5に示すように、高電流化に伴う不整ビードの発生である¹¹⁾。即ち、溶接速度を上げると溶込み

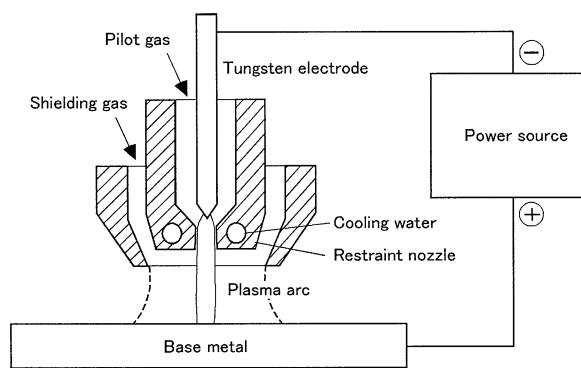


図4 プラズマ溶接の模式図
Schematic illustration of plasma welding

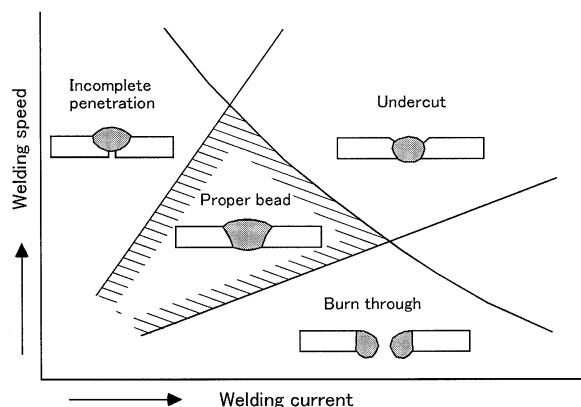


図5 ビード形成に及ぼす溶接電流と速度の影響
Effect of welding current and welding speed on bead configuration

表1 溶接条件の例
Typical welding conditions

Combination of steel plates (thickness)	Welding speed	Welding current	Diameter of restraint nozzle	Flow rate of pilot gas
t = 1mm / 1mm	1.5 m/min	120A	2.8 mm	0.4 L/min
t = 2.6mm / 2.6mm	0.8 m/min	165A	2.4 mm	1.1 L/min
t = 1mm / 2.6mm	0.8 m/min	140A	2.8 mm	0.5 L/min

を確保するために高電流化する必要があるが、高電流化するとアーク圧力が増加し、アンダーカットやハンピングビードが発生し易くなる。そこで、高能率溶接を達成するためには低電流での溶込み確保、ないしはアーク圧力低減が必要となる。

例えば、薄鋼板の高速MAG溶接では多電極化されることがあるが¹²⁾、これはアーク圧力を分散させて不整ビードを抑制するためである。また、通常のArシールドガスにH₂やHeを添加するとことも高能率溶接を達成するのに有効な手段である。これは、いずれのガスもアーク電圧を上昇させてプラズマのパワー密度を上昇させることで、溶融量を増加させる。また、これらは軽元素ガスであるのでアーク圧力の低減が可能であるからである¹³⁾。

シールドガスとは異なるが、近年、鋼板表面に酸化物フラックスを塗布して溶込み拡大を図る手法(A-TIG)が注目されており¹⁴⁾、実用化が期待されている。

3.2.2 鋼成分の影響

薄鋼板に適用される熱伝導型のプラズマ溶接条件では、溶鋼の対流が母材溶融の重要な機構である。このため、溶鋼の表面張力や粘性を支配する鋼材成分も溶込みに影響を及ぼす。TIG溶接での検討で知られるように、Sは表面活性元素として作用し、添加量を増加させると溶融池表面の対流が外向き(溶融池周辺側に向かう流れ)から内向き(熱源側に向かう流れ)に変化する。その結果、高温の溶鋼が板厚方向に輸送されて溶込み深さが増加し、比較的低電流域でも裏波ビードを得ることができる。また、基本的な添加元素であるCも溶込みに影響を及ぼす。図6に溶接部断面の例を示すが、Cの増加により良好な裏波ビードが得られることがわかる。さらに、Siの増加は溶接ビードを扁平に、滑らかな形状とする傾向がある。一般的に、合金元素の少ない軟鋼板に比べると高張力鋼板の方が低電流でも良好な溶込みが得られる傾向がある。

3.2.3 気孔の回避

プラズマ溶接では、上述のビード形成に加えて気孔発生に注意を要する。TBでは鋼板表面に防錆油が付着した状態で溶接施工されることが多いが、通常、特別な脱脂、乾燥をしなくとも、入荷したままの鋼板で顕著な気孔は発生しない。しかし、シールドガスに多量のH₂を添加すると、溶融状態で溶解した水素が、凝固に伴う溶解度の急減によって気孔を形成することがある。このため実用上のH₂添加量は7%程度が上限とされているようである。

一方、大気の影響による影響としては、特に溶接裏面に対して注意が必要である。気孔とならなくとも、裏面溶接部の酸化やビード不整の原因となるためバックシールドをすることが望ましい。なお、亜鉛めっき鋼板の溶接では蒸発した亜鉛がシールド状態を乱すことが懸念されるが、著者らの経験ではシールド性劣化の事例はない。但し、亜鉛蒸気が拘束ノズルと合金化し、ノズル径が変動して溶接現象まで変動させてしまう。このため、特に亜鉛めっき鋼板の溶接では、ノズルの定期的な管理が必要である。

3.2.4 その他の注意点

プラズマ溶接は設備コストが廉価であり、比較的導入し易い溶接法である。しかし、上述のようなシールドガスや鋼材成分の影響の他、溶接金属の高温割れにも配慮する必要がある。また、高電流、高速度での溶接ではギャップ許容範囲が狭くなる傾向がある。プラズマ溶接の広いギャップ許容範囲を有効に活用するためには、過度な高速溶接条件は避けるべきである。このようにプラズマ溶接には固有の施工上ノウハウがあり、事前の溶接条件検討は欠かせない。

4. マッシュシーム溶接

4.1 マッシュシーム溶接の原理

図7に示す溶接方法模式図のように、マッシュシーム溶接法は、被溶接材の端部を重ね(ラップさせ)、回転する円盤状の電極(電極輪)によって加圧・通電して、圧潰(マッシュ)する溶接方法である。このため基本的な溶接条件は、①電流、②面圧(重ね代、加圧力)、および③溶接速度となる。以下、本溶接法における溶接現象を詳しく見てみよう。

図8は、溶接中に電流を遮断して溶接過程を“凍結”し、電流を遮断した前後位置の溶接ビード断面を観察した結果である。図8(a)は溶接線中央部の溶接線に沿った縦断面写真であり、(b)は溶接線と直交する6カ所の横断面写真で、未溶接部から既溶接部に至る溶接過程を示している。重ね合わされた鋼板が電極輪に挟まれると、通電による抵抗発熱で鋼板温度が上昇して軟化し、電極輪に押し潰される(図8(b)①、②、③位置断面)。この時点では、鋼板の合わせ面(接合界面)周辺の温度が最も高く(③位置断面)、接合界面は傾斜しながら圧着され、鋼板の切断端面が電極輪側に向く大変形(図8(c))を起こして溶接部が潰され、合計板厚が減少する。

溶融は、溶接部が電極輪から離れていく過程で始まる(④位置断面)が、溶融部(ナゲット)は接合界面とは関係なく、溶接部の板厚中央に概略鋼板表面と平行に形成される(⑤、⑥位置断面)。ナゲット

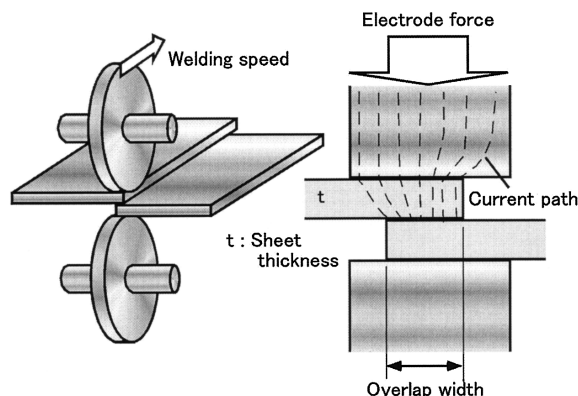


図7 マッシュシーム溶接方法の模式図
Schematic illustration of mash seam welding

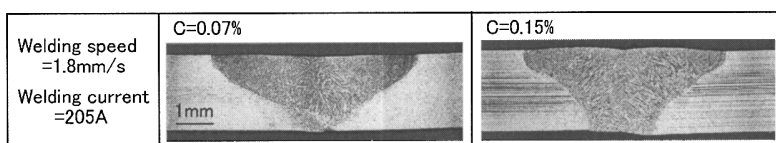


図6 溶込み深さに及ぼすC量の影響
Effect of carbon content on penetration depth

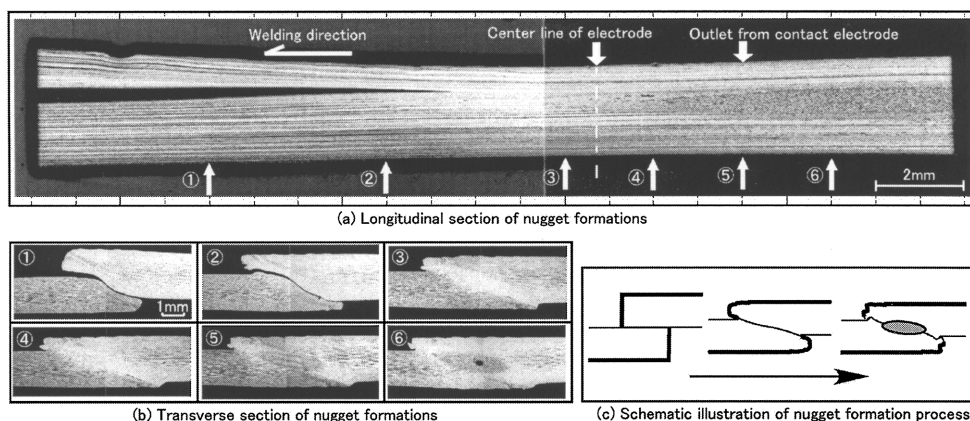


図8 マッシュシーム溶接過程の観察
Nugget formation process through cross-sectional observation

が接合界面ではなく、溶接部の板厚中央に成長するのは電極による抜熱のためである。このように、マッシュシーム溶接の溶接部は、接合界面である圧接部とナゲットの組合せで形成されることが多いが、溶接条件の選定によっては接合界面全体に溶融部が形成する場合もある¹⁹⁾。

以上の溶接原理から明らかなように、本溶接法の長所は、①重ね溶接であるにも関わらず、突合せ溶接に近い厚さの溶接部が得られること(但し、1枚の板厚は下回らない。例えば同厚材の溶接において、溶接部の厚さは板厚の1.2~1.4倍となる)。②レーザー溶接のような突合せ溶融溶接に比べ、高速での溶接が比較的容易に実現できること。③被溶接材の切断精度はレーザー溶接ほど厳しく要求されないこと、が挙げられる。

一方短所としては、①曲線溶接には不向きであること。②板厚比の制約を他の溶接法に比較してより強く受けること。③溶接部に段差が残ること、が挙げられる。

4.2 施工上の注意点

4.2.1 重ね代

マッシュシーム溶接では、電極輪の幅とナゲットの幅は無関係で、通常、電極輪の幅に比較してかなり狭いナゲットが形成される。これは、図7に示したように、部分的に重ねることにより幾何学的な電流集中を利用しているためであり、重ね代を小さくするほど電流の集中程度が高くなり、より高速での溶接が可能となる。但し、重ね代が板厚の80%以下になると、溶接部強度が急激に減少したという報告がある¹⁶⁾。

4.2.2 溶接速度

図9は、良好な溶接ができる電流範囲(適正電流範囲)と与える、溶接速度の影響を示している。溶接速度を一定として、溶接電流を徐々に上げていくと、引張試験において母材で破断する継手が得られるようになる。この電流値を下限電流(値)という。更に電流を上げていくと、溶融した金属が接合界面から飛散する現象(散り、スパッタ)が生じ始める。この電流値を上限電流(値)という。溶接速度を増加させると、各部への通電時間が減少して入熱不足となるため、溶接可能な下限電流は高電流側へ移行する。一方、散りが発生せずに溶接できる上限電流は、溶接速度を増加させると、凝固が進む前に電極輪による加圧が失われて散りが出易くなるため、低電流側へ移行する。結局、溶接速度を無理に増加させると下限電流が上昇し、上限電流が減少して適正溶接電流範囲が狭くなってしまい、

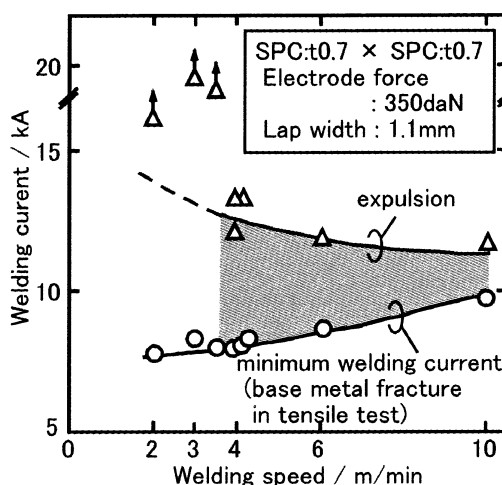


図9 適正溶接電流範囲に及ぼす溶接速度の影響
Effect of welding speed on weldable current range

重ね代の変動など、種々因子に対する許容度がなくなって、不良率が高くなる。

4.2.3 加圧力

加圧力を増加させると、散りの発生を抑制する効果が強くなり、上限電流は高電流側に移行する。一方、鋼板間に存在する接触抵抗が減少して発熱量が少なくなり下限電流は若干、高電流側へ移行する。結局、加圧力を増加させると、適正溶接電流範囲は全体的に高電流側に移行し、またその範囲は広がる。

4.2.4 板厚の異なる鋼板同士の溶接

ナゲットは、接合界面の位置に関わらず、圧潰された溶接部の板厚中央付近に形成され易いことを前述した。被溶接材の板厚が大きく異なる場合、接合界面は溶接部の板厚中央より薄手材側に偏るのに対し、ナゲットは板厚中央部に形成され、ナゲットが接合界面から外れた位置に形成されることになる。このため、Soudronic社の技術資料では、薄板に対する厚板の板厚比として、2.5倍までが推奨されている¹⁷⁾。しかし、十分安定した溶接品質を得るために、筆者らは板厚比2.0倍以内を推奨したい。

4.2.5 強度の異なる鋼板同士の溶接

強度の著しく異なる鋼板同士を溶接する場合、硬質材が軟質材に押し込まれる変形が生じ、接合界面が軟質材側に大きく偏ってしま

う。その結果、溶接部板厚中央に形成されるナゲットが接合界面から外れてしまうことになる。強度が異なる鋼板同士を溶接する場合、その差は少ないほうが望ましい。

4.2.6 電極の管理

めっき鋼板の溶接をすると、電極輪表面にはめっき金属やめっき金属と電極の銅との合金が堆積する。こうした堆積層が形成されると、電極と鋼板間の接触抵抗が高くなり、電極近傍の鋼板表面から散りが発生し易くなる。このようにめっき鋼板を溶接する場合、電極の汚損により溶接部品質が不安定となり易く、電極表面の管理が裸鋼板溶接時に比べより一層重要となる。常時、もしくは定期的に切削バイトで電極表面を研削する必要がある。

4.2.7 被溶接材の把持

溶接開始直後は設定した重ね代で溶接が始まるが、徐々に重ね代が小さくなり、最終的に重ね代が無くなるという現象、“ラップ逃げ”が生じることがある。

重ね合わされた接合界面は、溶接中の変形で斜めになり、鋼板表面に対して角度を持つ。このため電極により加えられる加圧力には、鋼板同士を離間させる方向の分力が発生する。この分力があるため、ラップ逃げは以下の理由によって生じる。

①クランプ治具から電極輪までの距離が大きい場合、電極とクランプ間で鋼板が面外変形を起こし、ラップ逃げを起こす分力を支えられない。②クランプ圧力の不足など、鋼板の拘束が不十分な場合、ラップ逃げを起こす分力によって被溶接材がクランプ治具下で滑ってしまう。

特に重ね代の設定を小さくし過ぎると、接合界面と鋼板表面がなす角度が大きくなり、ラップ逃げを引き起こす分力が増加して、上述の現象を引き起こし易くなるので注意が必要である。

ラップ逃げに対する施工面での対策として、①重ね代は必要以上に小さくしない。②クランプ治具と電極輪との距離の極小化を図る。③クランプ治具や搬送台車の剛性を増加させる等のほか、④ラップ逃げを見込み、予め溶接終了点の重ね代を溶接開始点に比べて大きく設定する、などの方法が採られる。

4.2.8 溶接部の品質管理

溶接品質の管理のため、発熱温度や電極間電圧をモニタリングすることがある。また、抜き取り検査で溶接部の断面検鏡を行い、ナゲットの形成状態を調べる場合もある。ところで、ナゲット形成状態の観察だけでは、溶接品質は判断できない。例えば、軟鋼ではナゲットの形成が無くても成形性は高いが、高張力鋼板ではナゲットが形成されていても成形性が低いことがある。このため、マッシュシーム溶接部の品質基準にナゲット形成の有無は必須条件とはならず、適用部位や溶接部の加工方法に応じ、溶接部の品質判定基準が設定されることが多い。

5. おわりに

TBの生産に用いられるレーザ溶接、プラズマ溶接およびマッシュシーム溶接について、その原理と施工上の注意点についてまとめた。本文が、実際にTBの生産に携わっておられる、あるいはこれから携われる技術者の方々にとって、溶接に関する疑問を解消する一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 宮崎康信 ほか:新日鉄技報. 378, 35(2003)
- 2) 夏見文章:プレス技術. 34(8), 18(1996)
- 3) 黒田明浩:自動車技術. 59(11), 63(2005)
- 4) 橋本浩二 ほか:第202回塑性加工シンポジウム. 2001, p.27
- 5) 内原正人 ほか:溶接学会論文集. 23(4), 541(2005)
- 6) 黄地尚義:溶接・接合プロセスの基礎. 産報出版, 1996
- 7) 水谷正海 ほか:溶接学会全国大会講演概要. 67, 2000, p.110
- 8) 理化学事典. 第3版. 1977
- 9) 小野守章 ほか:溶接学会論文集. 10(2), 239(1992)
- 10) 溶接・接合便覧. 第2版. 丸善, 2003, p.251
- 11) 溶接プロセスの物理. 黒木出版, 1996, p.140
- 12) 上山智之 ほか:溶接プロセスの高効率化. 黒木出版, 2003, II, p.80
- 13) 佐藤豊幸 ほか:溶接アーク物理研究委員会資料. 2001
- 14) 田中学 ほか:溶接プロセスの高効率化. 黒木出版, 2003, II, p.11
- 15) 山内信幸 ほか:抵抗溶接研究委員会資料. RW-187-80, 1980
- 16) Funk, E.J. et al.: Welding J. 35(6), 265(1956)
- 17) Soudronic社技術資料:Souma-Welding