



構造用鋼のプラズマ切断

西口公之* 松山欽一**

高温プラズマは核融合を頂点として各方面で注目を浴びており、金属加工の分野でもその高エネルギー密度の観点からさまざまな形で利用され始めている。ここに取り上げたプラズマ切断法は収束した高温プラズマ流を連続的に発生させて材料を溶断する高能率切断法であり、ここ十数年間に急速な発達をみせている。この方法は現在主に金属の切断に利用されており、熱効率などの点から被切断材にまで放電々流が維持されるプラズマアーク方式が採用されている。

プラズマアーク切断法は従来機械切断に頼らざるを得なかったステンレス鋼およびアルミニウム合金を主対象に急展開してきたが、最近における鋼材処理量の急膨張に伴って、造船工業を中心に構造用鋼への適用化の気運が高まり、すでに新鋭切断設備として稼動している事業所は筆者らの知る限りでも十社に近い。

構造用鋼の切断には永年にわたってガス切断法が独占的な座を確保してきたが、これは切断工程に続く溶接組立などの工程に対し、切断面の後処理を必要としない良好な切断品質が簡便な設備で能率よく得られるためである。プラズマ切断はガス切断に比べて切断速度が大きく、この特徴は切断板厚が薄くなるほど顕著に現れる。たとえば、処理量の最も多い15~25mm前後の板厚に対してはガス切断の数倍の速度が容易に得られる。しかし、現状では切断面の品質に多少の見劣りがあって、これの克服が当面の課題となっており、また設備費および作業性などの点から一層の高能力化が望まれている。

*西口公之 (kimiyuki NISHIGUCHI), 大阪大学工学部溶接工学教室, 教授, 工学博士, 溶接法, 溶接機器, 溶断法

**松山欽一 (Kinichi MATSUYAMA), 大阪大学工学部溶接工学教室, 助手, 工学修士, 切断法, 溶接法

切断面品質の良否を判定する項目はいくつかあるが、これらのうち最も致命的なものは切断面下縁に溶着する溶融スラグ（ドロス）の問題である。筆者らは切断溝の形成現象を解明するための研究の一環としてこの問題を検討しており、このドロス付着は切断溝内での溶融金属の挙動と密接な関係にあることを示した。図1は

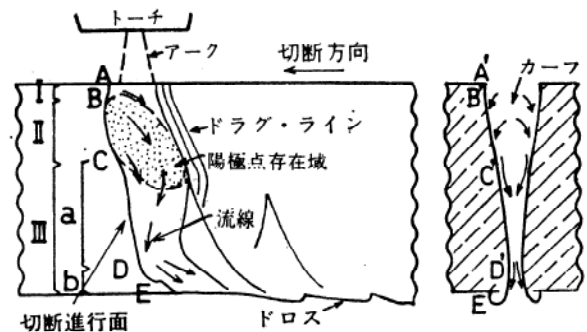


図1 切断溝における溶融金属の流れ
(窒素プラズマアーク)

広く利用されている窒素プラズマアークにおける切断溝内の溶融金属流を示すもので、このパターンは主として極点の分布状況、スラグの形成状態などによって多少の変更を生ずる。

鋼材切断には通常プラズマ形成用のガスとして空気が用いられるが、この場合の溶融金属流は上記の窒素の場合とほぼ同様である。図1において、母材の下縁部がCDの中間域にあれば切断溝から排出されるドロスはその上流の流れの方向の影響を受け、図2のように切断進行前縁部を集中的に流下する。このため、ここに仮に溶滴が付着しても、切断の進行によって取り去られ、スラグフリーが達成される。

プラズマ切断におけるいま一つの難点は垂直切断において切断面にベベル角を生じやすい件である。すなわち、プラズマの保有エネルギーは板の表側から内部に進むにつれて減衰し、結

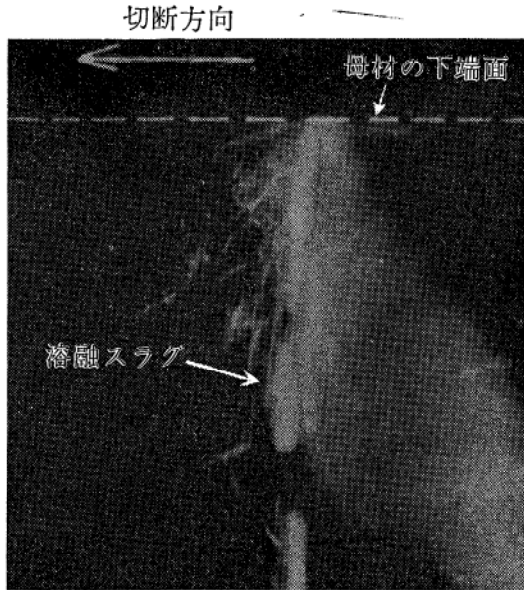


図2 良質切断時のドロス排出状況
(窒素プラズマアーク)

果としてベベル角をもつ切断溝を形成しやすい宿命は致し方ない。しかし前掲の溶融金属流の方向を制御し、その溶融能力を活用すれば、かなりの垂直度にまで高められる。このような溶融金属流の直接的な制御は実現が困難なので、実際問題としては極性（現市販品と逆の極性）あるいは動作流体の種類を選定などによる間接的な制御作用に待たねばならない。これについては切断面の平滑性・平面性の向上策をも兼ねて各所で検討されており、この方向に沿った新製品も散見されるようになってきた。

プラズマ切断機の切断能力の向上にはノズル孔を絞って、ダブルアーク発生限界近傍の条件で操作するのが最も簡明、かつ合理的である。これに関し、筆者らは通常のトーチでの単位時間当りの切断溝形成能力（ガウジング能力）はプラズマよりの入熱をノズル径（厳密にはプラズマ径）で割った値に比例することを立証している。

図3は動作ガスの種類による分離切断能力を比較したもので、参考までにガス切断の特性をも示している。動作ガスとして酸化反応およびこれに伴うスラグ流動性の向上などが積極的に得られる酸素を用いると、一点鎖線のように切断能力は窒素、空気の約2倍にまで増大する。

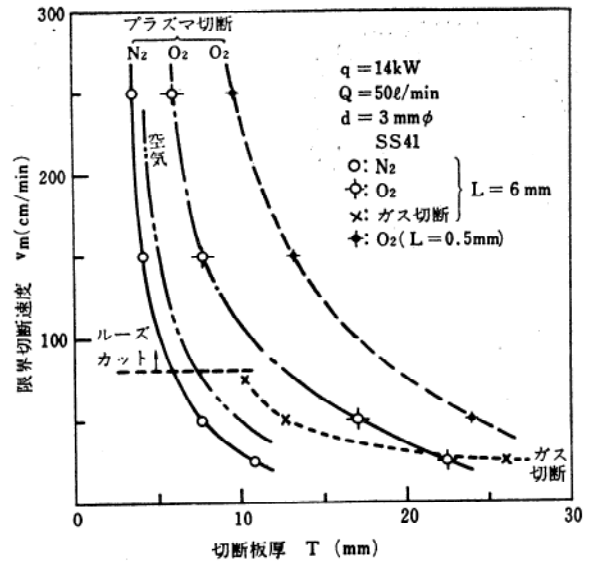


図3 動作ガスの種類と分離切断能力

破線は切断進行部への空気の巻き込みを抑えた場合で、単なる酸素プラズマの適用に比べて切断能力の飛躍的増大が認められる。酸素の活用はこの切断能力の増大のみに止まらず、切断溝内の溶融スラグの流れ挙動に起因して良好な切断面を残す特徴がある。このため酸素プラズマ切断機の開発が最近とくに注目され、すでに実用品も市販されるところに至っている。

従来のプラズマ切断機はNC搭載用の比較的中・大容量のもの（電流では200~500A）が主流を占め、ガス切断に比べて切断速度の格段的増大（良質切断速度は限界分離切断速度の80~70%）と、この速度向上の付随効果としての切断変形の大幅低減に伴う切断工程の簡素化による能率向上を享受してきた。最近、工業製品の多様化に関連して、上記の特徴と切断の機動性を結合させようとする動きが強まり、100A程度以下の小型・可搬式の切断機が開発されはじめ、簡単な治具を用いて機動的な切断作業が進められつつあり、ガス切断の唯一の特徴として残されていた簡便性という優位も次第に失われていく傾向を示している。

開発時より日の浅いプラズマ切断法の驚異的な展開をふり返ると、将来の動向は筆者らの予想を越える飛躍的發展も否定できず、これに携わる研究者として夢を抱ける楽しみがある。