

## 1. ガス切断とは

熱切断（溶断）には、古くからあるガス切断，プラズマ切断，レザ切断が有るが、ガス切断（Oxygen Cutting）は、鋼材の切断では、現在でも最も多く使用されている切断法である。

ガス切断の最大の特徴は、エネルギーの供給が外部からではなく、切断される材料の燃焼に依って供給される事である。この為外部からエネルギーを供給しにくい厚い板の切断は最も得意とするところであり、3m程度の板厚でも切断できる。しかし、切断材料の燃焼熱を利用する事から、逆に鉄材料しか切断できない欠点もある。

### 1.1 ガス切断の原理

通常ガス切断は、図1.1に示す如く切断火口から噴出する高温の火炎により、鋼材を発火温度（約900°C）まで加熱する。その部分に高純度の酸素を吹き付け、鋼材を燃焼させ、その熱で鋼材を溶融させると同時に、燃焼生成物と溶融金属を切断酸素の持つ機械的エネルギー（噴出力）で吹き飛ばすものである。この状態で火口を連続的に動かす事で、溝状に鋼材が除去され、切断が行われる。

つまり、鉄を燃やしてその時発生する熱で前方の鉄を溶かし、それらを酸素気流で吹き飛ばす。この繰り返しを行っているのが、ガス切断である。従って、ガス切断は、切断酸素気流の、鉄を燃焼させる、燃焼生成物と溶融物を吹き飛ばして除去するという2つの作用に依って行われている。

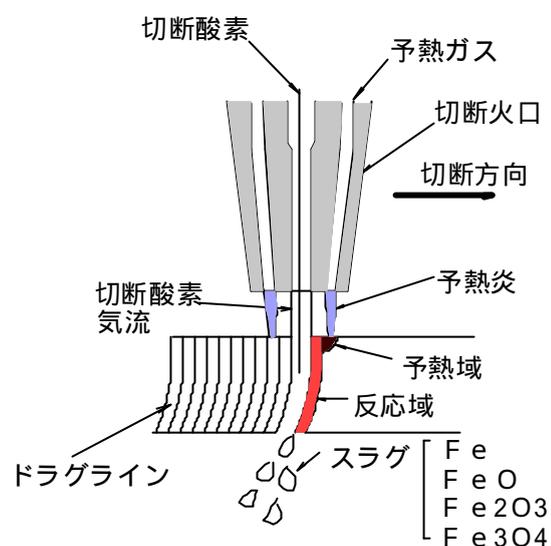
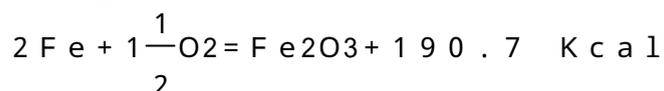
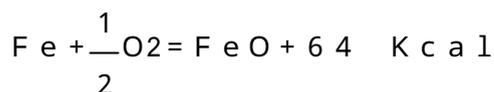


図1.1 ガス切断の状況

#### 1.1.1 鉄の燃焼

上記した如く、ガス切断は鉄の燃焼を利用したものであるが、スラグの生成結果より推定して、燃焼（酸化反応）の形態が、次の3つが考えられる。



この燃焼方程式は、1モルの

反応熱であるため、これを鉄 1 g 及び  $1 \text{ cm}^3$  換算すると、表 1.1 の如くなり、酸化反応で発生する反応熱が一番少ない酸化鉄 (FeO) の場合でも、1 g 当たり 1.14 Kcal の発熱量がある。

表 1.1 鉄の酸化発熱量

酸化鉄 \ 発熱量	1 g 当たりの発熱量 (Kcal)	1 cm 当たりの発熱量 (Kcal)
FeO	1.14	9.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.69	13.35
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	1.57	12.40

参考として、実際のガス切断で発生したスラグの酸化鉄がどのような比率になっているかを表 1.2 に示す。

表 1.2 切断スラグ酸化鉄の比率

スラグの組成 (%)		
Fe	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
10 - 20	45 - 55	20 - 45

一方、鉄を溶かすために必要な熱量は、鉄の比熱を  $0.11 \text{ cal/g}$  , 融解熱を  $65 \text{ cal/g}$  , 溶融温度を  $1,530^\circ \text{C}$  とすると、 $0^\circ \text{C}$  , 1 g の鉄では、

$$1 \times 0.11 \times 1530 + 65 = 233.3 \text{ cal} = 0.233 \text{ Kcal}$$

となる。

実際は、切断部から熱伝達、放射等で逃げる熱が多くあると考えられるが、燃焼により発生する熱量で、切断部を溶かすには十分な熱量である。

現実的にも切断材料の上面を綺麗にしておけば、切断開始後予熱炎を消しても、酸素のみで切断が進行される。但し切断面の品質は、非常に悪い。

### 1.1.2 ガス切断が出来る条件

ガス切断では、前述した如く鉄の燃焼が最も重要であるため、切断できる条件として燃焼性の程度が大きく影響する。更に溶融を伴う切断であるため、熱的、温度的問題が切断可否に重要となる。

従って、切断できる材料の条件としては、

A. 切断材料の発火温度がその材料の溶融点より低い事。

燃焼する前に溶けてしまったら、酸素气流に吹き飛ばされてしまい、燃焼物がなくなってしまうため、燃焼によるエネルギーの供給がなくなり切断できない。

B. 酸化物の溶融温度が切断材料の溶融温度より低い事。

酸化物の溶融温度が切断材の溶融温度より高くなると、酸化物が先に凝固する事により

酸化物が流れにくくなり、これらの除去が安定化せず、ひいては燃焼部が安定しなくなる。

C . 酸化物の流動性が良く、切断材からの剥離が容易な事。

酸化物が燃焼部分に滞留すると、鉄の燃焼を妨げのため、切断が困難となる。又、剥離が悪い場合も、同様で有る。

D . 切断材に含まれる不燃焼物等の不純物が少ない事。

燃焼を阻害する不純物、または流動性を阻害する不純物が多いと燃焼が安定しない事及び発熱量が不足する等の問題が生じる。

これらの条件を満足する材料は、鉄、炭素鋼、低合金鋼及び2～3の金属であるが、炭素鋼でも、炭素含有量が多くなると、切断が不可能になる。

各種成分が切断に及ぼす影響、切断の可否については、7.2項の特殊材料の切断を参照されたい。

### 1.1.3 切断面粗さの形成

切断面の粗さが発生する理由は以下の通りである。切断部の各部形態は、図1.2に示す如く、切断反応部は固層部、溶融部、反応部からなっている。

溶融部の温度は、切断進行面先端のA部が最も高く、B部からC部へと段々低くなっていく。この様に温度分布に差が付く事により、溶融金属は、温度の高い方から低い方への流れが生じ、C部へ溶融金属が集まり、その層が厚くなる。

C部に集まった溶融金属は、切断が進行するにつれて、(酸素気流が切断方向に進む)母材に熱が逃げ、冷やされる事に依って切断面を形成する。この凝固過程に於いて、C部に送り込まれる溶融金属量がA部、B部の反応量の変化、溶融金属の表面張力等により、異なり凝固層の厚さが変化する。これが切断面の粗さとなって現れる。

切断速度が、ある範囲内であるときは、燃焼も安定し、切断酸素による溶融金属の排除に無理が生じない為C部の厚さ変化も少ないが、切断速度が速くなると、溶融金属の発生量が多くなり、排除にも無理が生じ、切断面が粗くなるものと考えられている。

同様に、不純物が有ると、酸化物の流動性が悪くなったり、燃焼が不安定になったりす

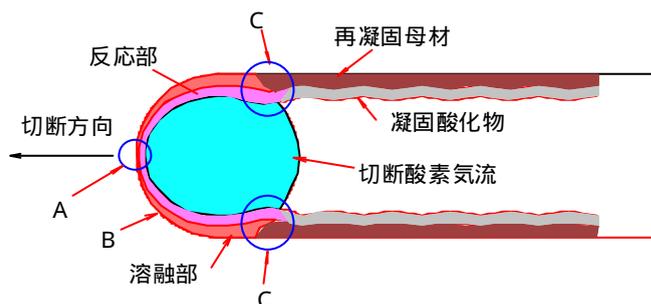


図1.2 切断面の粗さ形成

る事で切断面の粗さが増大する。

#### 1.1.4 ドラグラインの形成

通常、切断面にはドラグラインと呼ばれる筋が生じている。すじそのものは、凝固層の厚さ変化によるものであるが、ドラグの遅れによるドラグラインは切断速度と酸化反応速度の関係より生じるものである。

いま図1.3に示す如く、切断溝前後にA, B, C

3点を考え、それぞれの点の切断速度を $V_a$ ,  $V_b$ ,  $V_c$  反応速度を $R_a$ ,  $R_b$ ,  $R_c$  としてこれらの関係を検討する。

切断が安定する条件として、溝の形が崩れる事無く、切断が進行されなければならない。

従って、A部では切断速度 $V_a$ と鉄の酸化反応速度 $R_a$ が等しい速度で移行している。

B部に於いては、切断溝の放線方向に反応速度が発生するため、この点では切断速度が反応速度より速くなっている。C点では進行方向への反応速度は0となっている。

これらのことから、切断の反応部は前面の部分で行われている事が解る。

一方、板厚方向に切断速度と反応速度を適用発生

すると、図1.4に示す如く板の上部では、切断酸素が火口より供給されるため、酸素純度も気流のモ-メンタム(気流の勢い)も殆ど失われず、 $V_a = R_a$ が成立している。この為切断面は、切断方向に対して、垂直となる。

B点に到達すると、酸素純度, モ-メンタム共に低下するため、切断速度に対して反応速度が小さくなる事より、反応面に傾きが生じ、切断に遅れが発生する。これがドラグラインの発生である。

C点で、反応速度が切断方向に対して0となる場合は、ドラグラインは、切断方向に対して平行となり、それ以上板厚方向に反応が進行しなくなる。この時が切断の限界である。

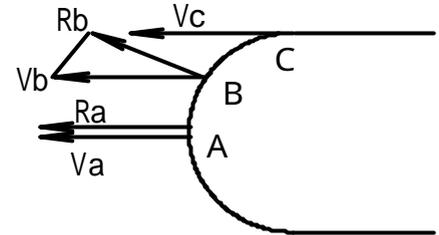


図1.3 切断速度と反応速

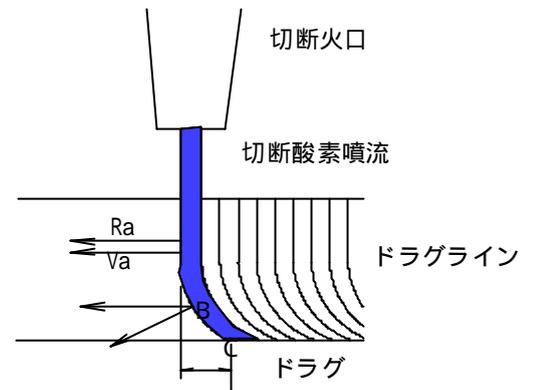


図1.4 ドラグラインの

## 1.2 予熱炎の効果

ガス切断火口の予熱炎が切断材に対する熱的な効果は、一般的に考えられているほど大きくなく、むしろ切断酸素の気流を高温気体で保護し、空気の巻き込みによるモ - メンタム  
の減衰及び純度低下を防止する事で、切断酸素の機能を維持する所に主たる機能がある  
といえる。

ガス切断に於ける、予熱炎の効果は、大きく分けて次の3点で有る。

### A) 切断酸素のシ - ルド効果

切断酸素の純度保持

切断酸素のモ - メンタム保持

### B) 切断材材表面活性効果

切断材表面の水分，錆，スケ - ル等燃焼を阻害する不純物を取り除く。

### C) 切断材に対する加熱効果

切断開始部を発火温度まで加熱する。

切断中切断材を加熱し、燃焼反応を間接的に助ける。

切断中切断材から放射，伝導などによる熱損失を補い、反応開始部の温度を保持  
する。

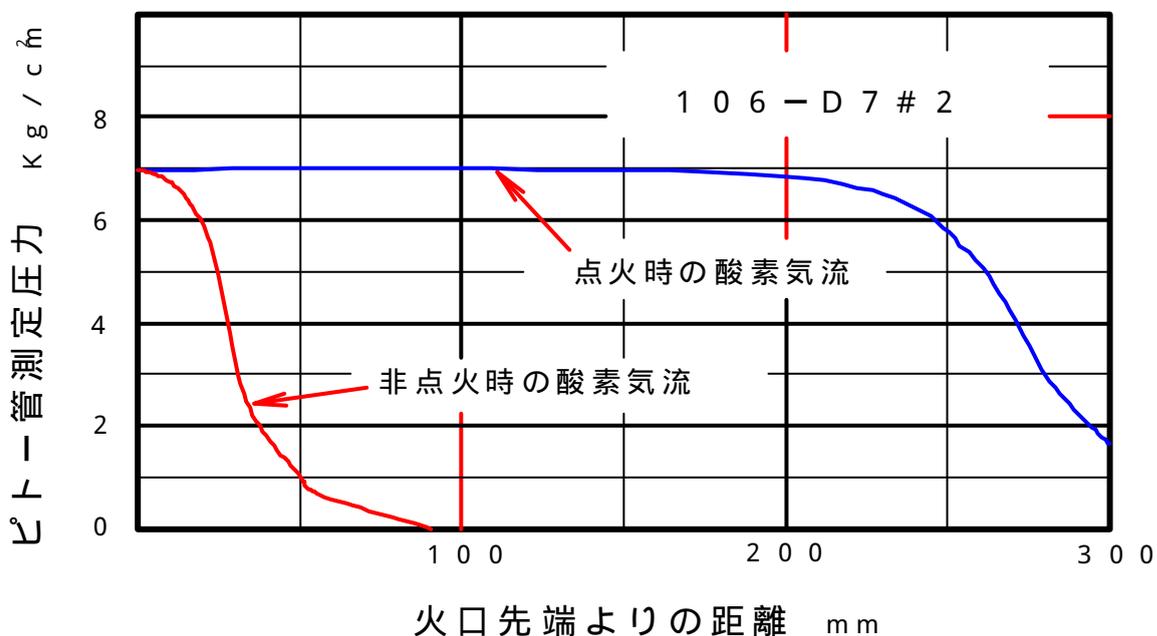


図1.5 切断酸素気流の火口出口よりの圧力

予熱炎のシールド効果は、切断酸素の中心軸上の総圧を測定すると図1.5の如く予熱炎がない場合は、周囲の空気の巻き込みにより総圧が急激に低下するが、予熱炎を切断酸素の周囲に設ける事により、予熱炎が存在している範囲では低下がなくなる。

この事より、流速の低下がなく（モメンタムの保持）周囲の空気の巻き込みによる酸素純度低下もない事が解る。尚燃料ガスは、酸素気流との境界で燃焼するため、酸素気流中には入らない。

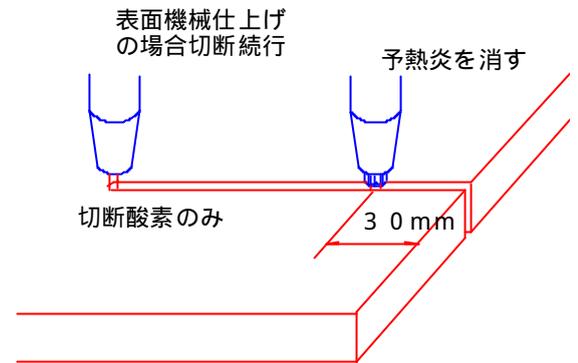


図1.6 予熱効果の実験方法

表面の活性効果は、切断材表面が黒皮材と機械仕上げしたものとを図1.6に示す如く、最初の30mm程度まで予熱炎を付け、その後予熱炎を消火した後切断酸素のみで切断が可能か調べたところ、黒皮の物は、すぐアンカットとなるが表面を機械加工した物は、切断がそのまま続行される。当然の事であるが、予熱炎がなくなると酸素純度及び切断酸素のモメンタムも低下するため切断面の品質は悪くなる。この事より、表面の活性効果がある事が解る。

### 1.3 ガス切断に及ぼす要因に付いて

以上の事からガス切断に影響を及ぼす要因は下記の通りである。

- A. 切断酸素の純度
- B. 切断酸素の流速（モメンタム）
- C. 切断酸素量（切断酸素穴径と流速）
- D. 切断材質（含有される成分を含む）
- E. 切断材の温度
- F. 切断板厚
- G. 切断材の表面状態（黒皮，錆，塗装）
- F. 予熱炎の強度（火炎調整，ガス種類，ガス量）
- H. 火口形態（切断酸素と予熱炎の距離，予熱炎の混合方式）
- I. 火口と切断材料の距離

これらが単独または複合してガス切断の切断性，品質を左右するものである。