

水素による鋼材の切断

鈴木 譲

株式会社 鈴木商館 ガス事業部
350-0833 川越市芳野台 2-8-52

Steel Cutting by Hydrogen-Oxygen Flame

Jo SUZUKI

SUZUKISHOKAN Co.,Ltd.

2-8-52 Yoshinodai, Kawagoe city 350-0833

There is long history of using hydrogen flame. It is in 1837 when hydrogen-oxygen burner was invented in France. The researches of using hydrogen-oxygen flame for the Steel cutting were made actively in Japan before the Second World War. But at present, hydrogen is seldom used for the Steel cutting in the industrial field except for the steel cutting in the water. A lot of gas is used for the steel cutting in Japan. And it is equivalent to 400,000,000m³ of hydrogen per year on calorie bases. It is the purpose of this paper to make clear the pros and cons of using hydrogen for the steel cutting.

Key words: hydrogen-oxygen flame, steel cutting, piercing, Schlieren method photograph

1. はじめに

水素炎の利用は、1837年にフランスで空気-水素吹管が発明されて以来今日までつづいている。国内において戦前は鋼材の切断用に、酸水素炎の研究が盛んであったが近年は鋼材の水中切断や半導体産業でボンディングワイヤーの金線切断に利用されている程度となった。鋼材の切断と言う用途は造船、重工業などの重厚長大産業の盛衰にシクロするように拡大縮小するものである。現在国内における溶断用ガスの消費量は熱量換算で水素に置き換えると年間4億 m³あまりである。しかし、水素が実際に溶断用に利用される例は極めて少ないと言える。本当に水素は鋼材切断に用いる溶断ガスとしては不向きなのであろうか、ここに実験データにもとづいた結論を得たので報告する。

2. 水素火炎の特性

水素火炎を論ずるために、いくつかの特性をその他のガスの火炎と比較してみる。まず、火炎の利用と言うこ

とで燃焼時の総発熱量はという水素は 12,750 kJ/m³でありメタンの約 1/3、プロパンの約 1/8 にすぎない。単位容積あたりの発熱量で見ると極めて非力であることは明白である。ところが、断熱火炎温度と言う指標で見ると水素は 2,800°Cとメタンの 2,780°C、プロパンの 2,810°Cと比較しても全くひけをとらない。空気中における燃焼速度は水素は 180 cm/sec でメタン、プロパンと比較すると5倍あまりも速い。燃焼時の理論酸素必要量は水素 0.5 に対しメタン 2.0、プロパン 5.0 と格段に水素は酸素消費が少ない。実際に水素を燃焼させた経験のある方は分かると思うが、水素の火炎というものは周囲が明るいとほとんど見えない。かすかに陽炎のように揺らぎが見える程度の火炎のために、視認性が悪くそのために危険を伴うこともあり得る。鋼材の溶断という作業においてここに一つの盲点があった。というのは、切断作業の際作業者は切断バーナーの火口先端の火炎の中心火炎、ホワイトコーンという部分の形成状況で溶断の適正火炎を判断するためである。そこで、水素炎を溶断に用いるために試行錯誤を繰り返した結果水素に 5%程度のメタンを混合すると、溶断適正火炎を判定するホワイトコー

ンが明瞭になることが分かった。

本稿の試験では純水素ではなくメタンを 5 vol.%混合したガスを用い溶断試験を行った。

3. 鋼材の切断試験

試験に用いた鋼材は亜鉛等の表面皮膜処理のない鋼材を用いた。図1は25 mm 鋼板において、プロパン、エチレン、アセチレンの標準流量で行ったピアシングタイムという穴あけに要する時間を水素流量を変化させていったときの値と比較したものである。水素流量を変化させていった場合、1500 L/hr で他のどのガスよりも速いピアシングタイムが得られた。

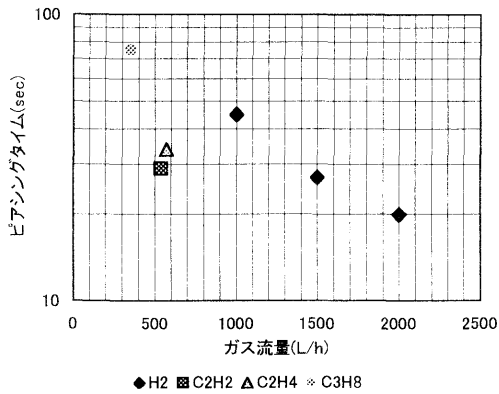


図1. 水素および他のガスの流量とピアシングタイムの関係

図2はプロパン、アセチレン、水素による切断速度と最大切断板厚の関係を示す。試験に用いられた鋼材サンプルは同じくさび形形状で、切断して行くに伴い徐々に

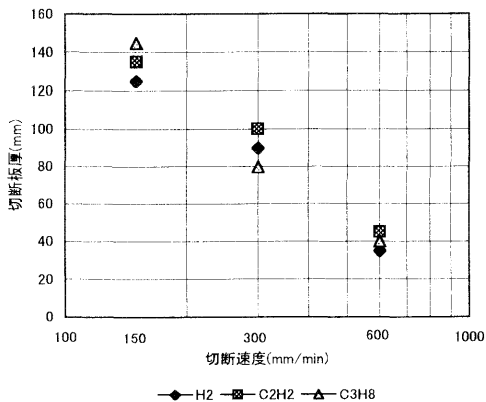


図2. 加熱ガス種類による切断厚の違い

に板厚が厚くなるようにしたものである。ガス流量条件はプロパン、アセチレンが用いた火口の標準流量であるそれぞれ350 L/h と 540 L/h 水素は 1,500 L/h である。

図3は水素溶断における切断酸素圧力と最大切断圧の関係を示したものである。どの切断速度においても、切断酸素圧力の高い方が最大切断板厚が厚くなっていることが分かる。この特性は水素に限らず他の溶断ガスにおいても、同様の傾向となる。

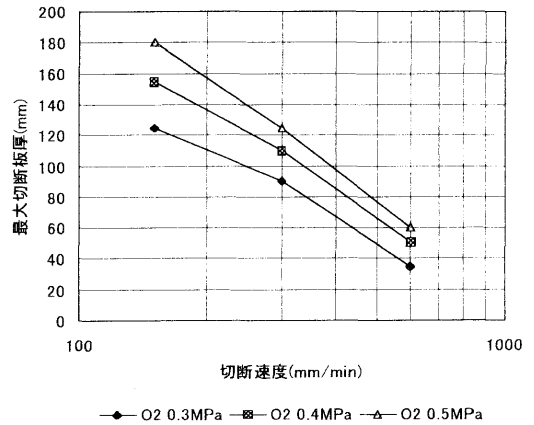


図3. 切断酸素圧力と最大切断板厚の関係

図4は切断速度300 mm/min で切断酸素圧力を変化させた時の水素とアセチレンの最大切断板厚の変化を示したものである。同じ切断酸素圧力では水素の方が厚い板が切断出来、アセチレンでは切断酸素圧力が0.4 MPaを越えたあたりから切断出来る板厚が増えない傾向であるのに、水素の場合は0.6 MPaになってもまだ切断板厚が増えている。

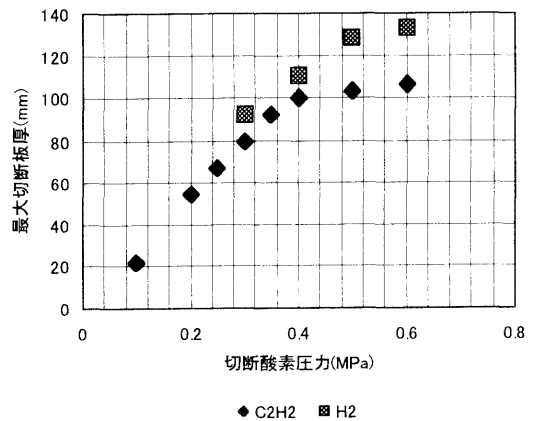


図4. 水素とアセチレンの切断酸素圧力と最大切断板厚の関係

これら現在主流の溶断ガスとの比較試験の結果から見ても、水素は鋼材切断用溶断ガスとして大変優れた性能を有することが分かった。しかしながらなぜ、水素が鋼材切断にあまり用いられないかと言う点に関しては事項以降に検討結果を示す。

4. 鋼材の水素切断の特徴と高性能な理由

実験により見いだされた主な特徴は次のようなものである。

- ① 輻射熱が非常に少なく屋内などでの溶断作業に適している。
- ② 層流火炎が作りやすく、幅広い燃料ガスレンジにおいて安定火炎が出来る。
- ③ 切り込みやピアシングなど強い予熱を必要とする場合でも、非常に優れた性能を発揮する。
- ④ 火口に燃烧生成物、特にカーボンの付着が無く、また切断鋼材からのスパッタなども飛びにくい。

なぜ水素のような発熱量で比較すると非力なガスが鋼材の溶断で高性能を発揮するのかと考えるには、ガス溶断の原理に立ち返らなければならない。

溶断の分野では常識と言われているが、実は鉄を本当に切るのは燃料ガスではなく切断酸素である。写真1は溶断火口による水素火炎のシュリーレン写真である。火炎中央を破線のように貫いているのは切断酸素のマッハ噴流で、音速を越えた酸素の噴流をシュリーレン法でガス密度の違いから破線状にとらえている。

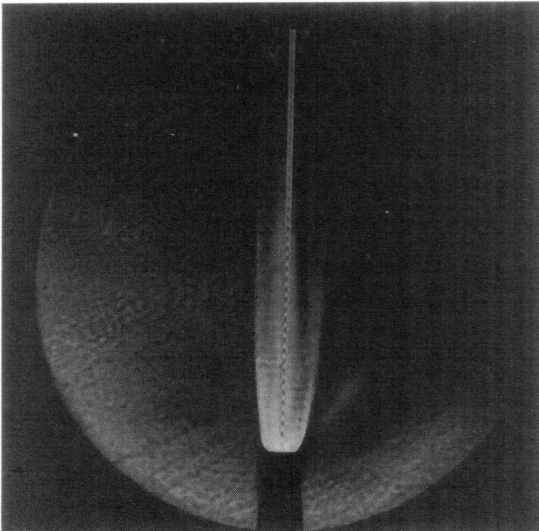


写真1. 水素火炎のシュリーレン写真

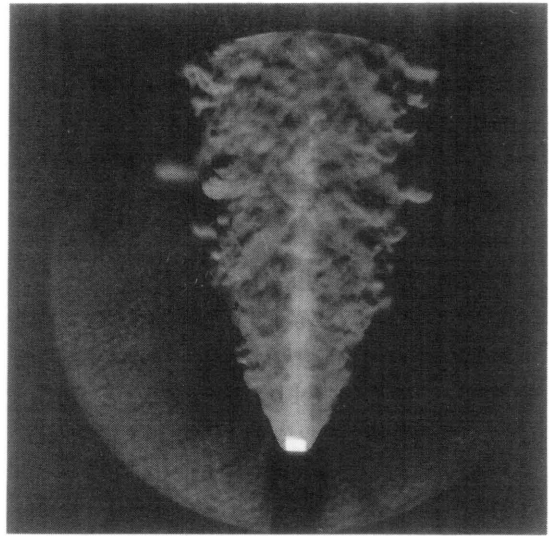


写真2. プロパン火炎のシュリーレン写真
一方写真2は溶断火口からのプロパン火炎のシュリーレン写真であるが、大量の燃烧生成物により酸素のマッハ流はよく見えない。

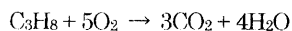
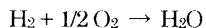
切断酸素が鉄を切ると言うことは、燃料ガスの役割は切断部の予熱をして切断酸素の酸化反応を促進する事である。また、切断酸素の総圧保持効果と呼ばれるものも重要な要因と考えられる。簡単に説明をすれば、燃料ガス火炎が切断酸素噴流の進行を妨げない方がよいと言うことで、燃烧反応がモル数増加となれば当然の事ながら燃烧生成物が切断酸素の進路を妨害する。その点水素の場合切断酸素の総圧保持効果は非常に高いと言える。また、予熱の際に不必要に広いエリアを予熱すると切断面がシャープに出ない事は予想に難くないことと思うが、水素による切断面は他のどのガスよりもきれいだと言える。

切断酸素が鉄を切ると言う原理からすれば、水素-酸素火炎によるボンディングワイヤーのカットは鉄の切断とは原理を異にするものである。これは、水素-酸素火炎が小さなエリアを集中的に加熱できるために微細加工に向いている事から利用されているものと思う。水素火炎が集中火炎を作りやすいのは、燃烧生成物が少ない点や、水素の燃烧速度が極めて速いことに起因する。

5. まとめ

水素は鋼材の切断に大変優れた燃料ガスであることが分かった。鋼材の切断面がシャープであり、厚板の切断

が非常にきれい出来るほか低カロリーで誠に水素らしく省エネルギーで燃焼生成物も少なくクリーンであることが確認された。さて、しかればなぜ水素を鋼材切断用に積極的に利用しなかったのであろうか。コストはどうかであったか、プロパンなどと比較すると水素は確かに高かったかもしれないが次の反応式を見てもらおう。



試験ではプロパン 350 L/h よりも良い性能を出すために水素流量は 1500 L/h 必要であった。この事から水素流量はプロパンの 4.3 倍あまり必要だと言うことである。しかし、酸素の方はプロパンの 43% でよいこととなる。ボンベに充填された水素ではそれでもコストはプロパンに負けてしまうが、石油コンビナート地区などでは燃料ガス価格はカロリー換算などと言うところもあり、容積あたりの真発熱量で水素はプロパンの 1/9 の水準であるから充分コストでも勝てる勘定である。

さて、次の障壁は何であっただろうかと考えるにどうも水素の供給インフラが頼りなげではなかったかと思いたる。本気で溶断に利用すればボンベの水素などではあつという間に無くなってしまいうだろう。また、漏洩し易いことや本稿でも触れた水素火災に色がない点なども敬遠される原因となったと思われる。しかしながら、これらの障壁は今まさに時代により取り除かれようとしている。水素が溶断ガスとして利用される日は水素社会の到来と共に必ずやって来るであろう。

参考文献

1. 水津寛一, 熔接学会誌, 1960, p51-57
2. 水津寛一, 溶接技術, 11, 1982, p55-81
3. 鈴木 謙, "鋼材切断ガスとしての水素の評価", (株)鈴木商館社内報, 120, 1985, p18-21