

液中放電加工による発生ガス

上 出 諭 吉

まえがき

絶縁性液中の微小ギャップにおいて、パルス性の放電を繰り返して金属を加工する放電加工は近年著しく発達した。この方法は超硬合金なども精密に微細加工ができるため、金属加工分野に広く普及している。これに伴って、放電加工に携わる人が急増している。

加工中はアーク放電の繰り返しごとに、陽光柱付近の加工液（ケロシン）がアークの非常に高温によって瞬時に気化されて、大量のガスが大気中に放出される。加工をする人たちはこのガス中で作業をしているためにケロシンのミストが眼に入ったり、分解ガスが呼吸によって体内に吸収されるためガス成分を知る必要がある。

放電加工による発生ガスについては、ずっと以前に報告されたことがある。しかし、現在はその当時よりも格段に分析技術や分析能力が進歩している。最新の技術と装置によって、微量ガスに至るまでの広い範囲にわたって定性定量分析を行った。

ガスの採集

実験では放電加工の工具電極として銅棒、被加工体に炭素鋼 SK 4 を使用した。加工液は普通ケロシンが多く用いられている。ケロシンは炭素原子が9～18個の直鎖結合した飽和炭化水素の混合物である。ケロシンは石油の産地により不純物の種類が異なり、製法によって沸点なども違っているなどの不確定要素が数多くある。

加工時のアーク放電によって発生するガス成分を正確に把握するために、加工液はケロシンの他、ケロシン中の成分のうち、ノルマルデカン $C_{10}H_{22}$ の試薬一級のもの

も使用した。また、加工機の加工槽は容量が大きく加工液となるケロシンや試薬が大量に必要となり不経済である。その上、放電加工以外の化学反応や不純物が混入するおそれも高くなる。これを避けるためとガス採集を容易にするために、図1のようなガラス製の小型密閉加工容器を特製し、経済性と分析精度の向上を図った。

放電加工量と発生ガス量

加工量は放電電流、1回の放電時間とその休止時間、ギャップ長等によって変化する。放電電流を増加すると、加工速度は上り、発生ガス量は多くなる。発生ガス中の水素は約80%をしめるが、それ以外で比較的发生量の多いガスはアセチレン C_2H_2 、エチレン C_2H_4 、メタン CH_4 である。これらの量は図2のように電流が増せば増加する。1回の放電時間を長くすると加工速度は減り、発生ガス量は少くなる。放電時間を短くすると逆の現象になる。発生ガスの成分量は加工速度の増減量にほぼ比例する。加工条件を種々に変えて、その都度、加工量と発生ガス量を同時に測定すると、両者の関係は図3のようになった。すなわち、加工量と発生ガス量の関係は加工条件にほとんど影響なく、ほぼ比例関係になる。

発生ガス量をG, 加工量をM, 定数をKとすると

$$G=KM+A$$

となる。ギャップ長によって、Kの大きさは0.45～0.5と

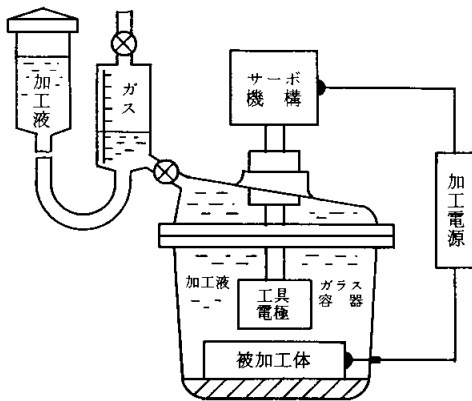


図1 ガス採集容器

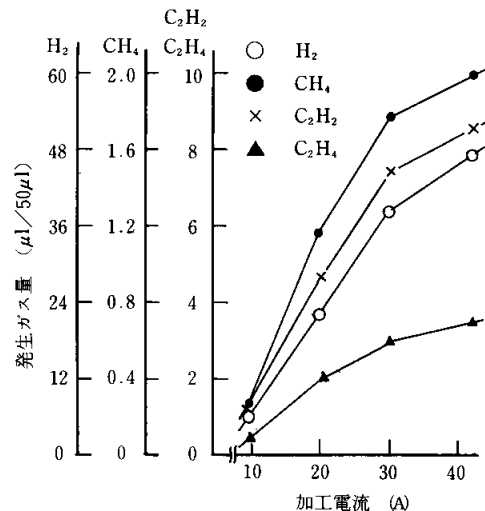


図2 加工電流と発生ガスの関係

なる。発生ガスは加工量 1gあたり約500mlである。Aは加工エネルギーが供給されても電極の温度上昇のみに消費され、加工に寄与せずガスのみを発生することを示す。Aの大きさは約30mlである。

ガス状成分

液中過渡アーク放電の陽光柱温度は約10000℃といわれている。この高温の熱エネルギーはケロシンあるいはノルマルデカンの直鎖状結合を分解して種々の物質を生成する。すなわち、加工液は加工過程で徐々に分解されて、水素、メタン、アセチレンなど無機ガスや有機ガスを発生する。その他、エチレン、プロピレンを主体とする不飽和結合を多く含む化合物を生成している。ブタンも生成していると推定されるが、加工液中に溶解して気体状態として存在しにくいいため発生気体中における濃度は低いと考えられる。

ケロシンとノルマルデカンにおいて、発生ガス量およびその成分についてはほとんど相違が認められなかった。

放電ギャップと発生ガス

加工速度を上げる方法は常に研究されている。狭いギャップで加工速度を上げると大量の加工屑がギャップ内に残留して、電極間に橋絡が生じやすい。橋絡ができると加工できなくなり、加工面に傷が付く。橋絡防止にはギャップに加工液を送り込んだり、ギャップの拡大を図ったりしている。加工屑の大きさや除去の容易さの関係から、ギャップ長の拡大が一般に行われている。表はギャップ長 5μm, 10μm, 15μm における発生ガスの組成分析を示すものである。ギャップの変化により、減少する気体成分と増加する気体成分がある。

ガスの性質

水素 (H₂) 発生ガス中で最も多く、ガスの80%

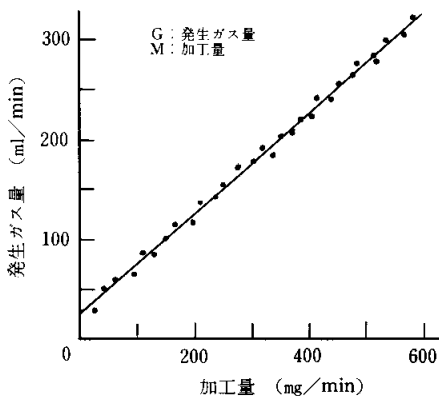


図3 加工量と発生ガスの関係

表 発生ガスの組成分析結果

化合物	ギャップ 5μm	ギャップ 10μm	ギャップ 15μm	増減
水素 H ₂	87.06	84.06	81.54	↘
一酸化炭素 CO	0.17	0.07	0.08	
二酸化炭素 CO ₂	0.05	0.04	0.04	
メタン CH ₄	3.15	3.53	3.44	
アセチレン C ₂ H ₂	5.80	7.61	9.10	↗
エチレン C ₂ H ₄	3.64	4.50	5.52	↗
エタン C ₂ H ₆	0.10	0.14	0.19	↗
プロピレン C ₃ H ₆	0.02	0.04	0.06	↗
プロパン類 C ₃ H ₈	0.01	0.01	0.02	
ブタン類 C ₄ H ₁₀	0.003	0.006	0.012	↗
合計	100.003	100.006	100.002	

以上をしめる。無色・無臭の気体、高温では種々の酸化物を還元する。比重が0.0695と低く、上部へ移動する。

メタン (CH₄) 約3.5%含まれ、無色可燃性の気体であり、天然ガス、都市ガスの主成分である。空気と混合して、爆発を起こすことがある。

アセチレン (C₂H₂) 6~9%含まれ、無色の毒性のある気体で純粋なものは芳香をもつ。反応性に富み多くの有機物を作る。一時に多量吸い込むと神経系に異常を起こす。

一酸化炭素 (CO) 0.2%以下と比較的少い。無色・無臭の有害な気体で炭素あるいは炭素化合物の不完全燃焼のときに発生する。一酸化炭素は血液中のヘモグロビンと結合しやすい。一酸化炭素ヘモグロビンは肺循環の際に肺臓で一酸化炭素とヘモグロビンに解離しないので、ヘモグロビンが酸素の運搬作用を行えなくなる。

上記の他に微量のプロペンや1,3ジブチンなどの幾種類ものガスが分析された。加工液中にも微量の分解物質が多数検出された。この他にケロシンの直接的な気化もある。

加工作業を長時間続けると、発生ガスが人体に付着したり、呼吸により体内に吸収されたりする。人体への悪影響が考えられる。

加工をはじめるとケロシンの刺激臭が強いために換気がよく行われる。そのためか加工中の身体への影響はあまり聞かない。しかし、各種気体が身体におよぼす影響については未解のものが多いので、加工中は十分な換気が必要である。

この研究には産業技術短期大学 工博 水野謙吾教授、東レ中央研究所井垣浩信部長のご援助をいただいた。

(筆者は産業技術短期大学電気工学科教授)