

MAR. 1969

RIIS-RR-17-5

UDC 614.83:621.313/39-213.34

産業安全研究所研究報告

RESEARCH REPORT OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

RR-17-5

爆発性ガスの最小点火電流測定装置の
基礎的考察

田 中 隆 二

労働省産業安全研究所

MINISTRY OF LABOUR
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

爆発性ガスの最小点火電流測定装置の基礎的考察

田 中 隆 二*

Fundamental Study of Testing Apparatus for Determining Minimum Igniting Current for Explosive Gas Atmospheres

Ryuji TANAKA*

In designing intrinsically safe electrical apparatus and circuits, the incendivity of the spark discharges under the atmospheric pressure is a vital problem. Many reports have so far been published on the incendivity of electrical sparks for methane-air mixtures, while a few for many other inflammable gases or vapours.

Works at the Electrical Research Association have determined minimum ignition currents for typical various gases and vapours with a simple series inductive circuit having a 95 mH inductor. And it is also a fact that Blanc et al. showed the minimum ignition energy for some gases and vapours by means of H. V. condenser discharges.

One of the most desirable characteristics for a testing apparatus in determining the limit of ignition or non-ignition is that it can well simulate spark discharges encountered in practice. From this standpoint, the minimum ignition energy with H. V. sparks by Blanc et al. is not appropriate to be used for designing intrinsically safe apparatus and circuits. On the other hand, the m. i. c. obtained at the E. R. A. are seemed to be rather large compared with those obtained with wire-break apparatus. In 1967, I. E. C. adopted as a testing apparatus the one proposed by the German delegations which had 4 tungsten wires (anodes) and a cadmium disc (cathode). However, the I. E. C. testing apparatus is blamed for too high ignition sensitivity because of the use of cadmium disc.

The author investigates into the m. i. c. in low-voltage inductive and non-inductive circuits by means of a copper-wire break apparatus which has a high separation speed and a little quenching effect of the electrodes with a view to meeting with the wire-break accidents.

The results obtained are compared with those of the I. E. C. apparatus, Break-flash No. 3 apparatus which ignition sensitivity is similar to that of E. R. A. No. 2 Apparatus, and Intermittent Break apparatus which is used for testing the incendivity of slow break or capacitive sparks at the Safety in Mines Research Establishment (Sheffield).

The copper-wire break apparatus, hereinafter referred to as copper apparatus, has a stretch of copper wire the length of which is 40 cm. Each end of the wire is led round a metal roller and when the roller is rotated manually, the wire is stretched to be broken and discharge sparks occur between the wire

* 電気課 Electrical Section.

ends. After ascertaining non-effect of the wire diameter 0.1 to 0.5 mm on the ignition currents with inductive and non-inductive circuits, only 0.4 mm-wires are used for determining m. i. c. for hydrogen- and methane-air mixtures.

With inductive circuits, a 24 V d. c. supply, an air-cored inductor, a current limiting resistor and the copper apparatus are connected in a simple series, and with non-inductive circuits, the inductor is short-circuited.

Fig. 4 shows the comparison of the m. i. c. for hydrogen- or methane-air mixtures between the spark-producers. As the m. i. c. for hydrogen-air mixtures with copper apparatus are less than the minimum arcing currents of the electrode materials, the possibility of occurring arc discharges may be ignored. Hence, the discharge energy required for the ignition is approximately equal to $1/2 LI^2$. The values of $1/2 LI^2$ are compared with reference to the *B/F* No. 3 apparatus. The relative discharge energy with the copper apparatus is 0.6 to 0.8 and that with the I. E. C. type 0.15 to 0.55, depending on inductances.

Results with non-inductive circuits, as seen from Fig. 6, the use of I. E. C. type for determining the m. i. c. is limited to more than some 20 V, and within this limit the ignition sensitivity of the I. E. C. type is shown to be the highest. Up to about 20 V, the copper apparatus is more sensitive to ignition than the Intermittent break apparatus.

The difference of the sensitivity may be attributed to electrode separation speed, quenching effect, discharge characteristics etc.

More are discussed on the I. E. C. type, namely, it concerns with the electrode materials. The cadmium disc is replaced with iron, nickel or brass electrode and each m. i. c. is compared. For inductive circuits with larger inductances the m. i. c. are nearly the same, while differences between them gradually appear with decreasing the inductance.

Effect of electrode polarity on the m. i. c. of the I. E. C. type is also investigated. For inductive circuits with no arc discharge occurring the m. i. c. does not depend upon the polarity. On the other hand, for non-inductive circuits, the effect is clear and the m. i. c. of a circuit voltage of 48 V increases by approximately 20% with a cadmium anode and tungsten wire cathodes. However, when the cadmium is replaced with iron electrode, there is no effect of reversing the polarity. Ignition sensitivity of the I. E. C. type seems to increase if the new surface of the cadmium disc is more or less scratched to "aging" by the tungsten wire ends.

1. 緒 言

本質安全防爆構造では、一般に回路の開閉火花による大気圧下の爆発性雰囲気への点火限界が設計上必要な知識となる。

メタンガスに対する点火限界は、周知の通り、これまで内外に数多くの報告^{1)~4)}などがあるが、これ以外のガス蒸気の点火限界については必ずしも実用上利用価値のあると認められるものは多くはない。わずかに ERA (Electrical Research Association) で行なわれた最小点火電流値に関する諸報告がまとまったものとして知られているにすぎない。しかしながら、ERA

が示した点火限界は、誘導回路の開離火花による点火限界をかなり模擬してはいるが、例えば通電中のケーブル断線事故火花のように、開離速度がかなり大きくなる場合に発生しうる火花を必ずしも模擬しているわけではないことが一部で指摘⁵⁾されている。

点火限界の測定結果には、使用される火花電極の形状、寸法、材質、開離速度などが影響するが、本質安全防爆技術に必要な点火限界測定装置としてはあらゆる構造の接点开閉火花および配線の断線、短絡火花などが、総合的に模擬できる電極を具備したものであることが望しい。

このような目的にかなう点火限界測定装置には、今までも種々のもの^{6), 7)~9)}が工夫されているが、いずれ

も一長一短があって、そのみではすべての本質安全防爆電気回路が遭遇する火花を十分に模擬することはできない。しかし、少なくとも誘導回路の開離火花による点火限界の測定には、機械的な開閉機構を具備した接点を使用するより導線を断線させる方法を採用することの方が安全側になるのではないかとされていた。

筆者は本質安全防爆電気回路の設計基準として妥当な点火限界を測定するために、測定装置の検討を進めてきたが、本文では Lord 氏らの方法⁵⁾に準じて、通電中の裸軟銅線を断線し、水素またはメタンを対象とした最小点火電流を求め、その結果を機械的開閉接点装置として代表的な Break-flash No. 3 および Intermittent Break Apparatus による結果と対比した。さらに筆者が出席の機会を得た 1967 年の国際電気標準会議で採択になった火花発生装置（以下、IEC 装置という）による結果とも比較し、誘導回路および抵抗回路の開閉火花の点火限界の測定には、機械的接点を有する IEC 装置がかなり広範な回路に対して導線を断線させる方法より安全側になる特性をもつことを確かめたので、これらについて以下報告する。

本報告の一部についてはすでに発表^{11)~14)}したが、ここではそれらを含め、まとめて述べることにする。

2. 試験設備の概要

2.1 設備の構成

試験電気回路と試験ガス送給設備とは Fig. 1 のように構成されている。電気回路は直流電源 E （鉛蓄電池、乾電池）、空心コイル L （抵抗回路ではコイルを短絡）、無誘導形可変抵抗器 R および火花発生装置が直列に接続されたものである。試験ガスは、火花発生装置の爆発室内部を真空ポンプで排気した後、予め所

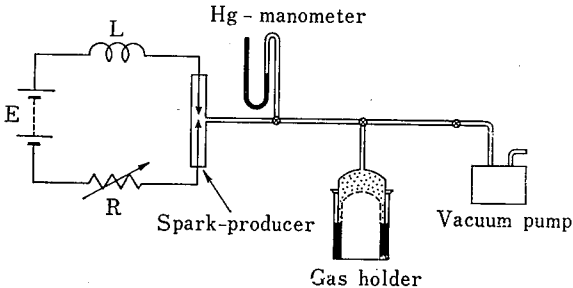


Fig. 1 Schematic diagram of experimental equipment.

実験装置の概要

定の濃度で蓄えられたガスホルダーから、ポリエチレン管を通じて爆発室へと送給される。

2.2 火花発生装置の構造と使用法

軟銅線を断線する火花発生装置の構造は Fig. 2 のとおりである。細長の容器は透明なプラスチック製で、寸法は長さが約 45 cm、内部断面が 5 cm×5 cm である。この透明容器の長さの方向ではほぼ中心を貫く位置に軟銅線が張られる。

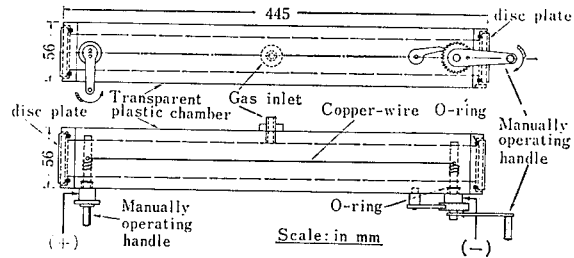


Fig. 2 Copper-wire break apparatus.
銅線断線式火花発生装置

銅線は容器の両端部のいずれか一方から、丸ぶたを外して挿入され、その後は線の両端を金属軸の中央部にあけられた小孔にさし込み、軸をまわしてたるみのないように固定する。

両金属軸間に張られた銅線には、容器の外部から、軸を介して通電することができる。金属軸の一方をまわり止めし、他の金属軸をハンドルでまわすと、銅線に張力が加えられ、遂には弾性限界をこえて破断し、そのとき放電火花を生ずる。

予め挿入前の銅線の中央部分に、ナイフエッジなどを利用してわずかの切込みをつけておくと、その部分でうまく断線する。切込みが深すぎると弾性エネルギーが十分蓄積される前に断線することが多いが、このような場合には再実験を試みた。

なお、引張り応力を加えているとき、銅線の伸びによる太さの減少が心配されたが、実験結果では断線部分の直径の減少は、元の直径の約 18% 以下であったので、これを無視することにした。(3.1 参照)

以下、本装置を単に銅線装置と呼ぶことにする。

2.3 試験ガス

実験に使用した試験ガスは、市販のボンベ入り水素またはメタンに空気を混合させたもの 2 種類を用意した。これらの混合ガス濃度は、従来から放電火花によって点火しやすい濃度として示されている濃度、すな

わち

H₂.....21 vol. %

CH₄8.3~8.5 vol. %

のものを、常温、常圧の条件で使用した。

なお、濃度は干渉式ガス検知器（理研計器製）によってチェックした。

2.4 点火限界の決定法

放電火花の発生は一つの確率則によって支配されるものであり、これがさらにガスへの点火現象へと進展することも、同様に確率に従うものと考えられる。したがって、火花点火の限界を一義的に表現することはほとんど不可能に近い。

実際問題として、名目上の実験条件を同じくし、火花を発生させてみても、点火したり、不点火になったりする場合があります、これを予測することはできない。したがって、ある有限回数の発生火花により、点火の有無を検証し、それによって確率的な表現ができるにすぎない。

それ故、本実験においても、ある回路条件を設定して銅線に電流を通じておき、これを2.2に述べた方法により断線させたときの火花によりガス点火を生じた場合は可変抵抗器を加減して電流のみを約5~10%づつ減少させ、点火の有無を調べることにした。不点火になった場合は、同一条件で実験を繰り返し、連続5回の実験により1回も点火を生じない回路電流を求め、これをとりあえず不点火の限界とみなすことにした。すなわち、これを最高不点火電流ということにした。そして、この最高不点火電流に低下させる直前の回路電流で、連続5回の発生火花中、少なくとも1回はガスに点火する電流値が存在する筈で、これを点火の限界とみなすことにし、最低点火電流と呼ぶことにした。火花の発生回数を多くすればする程、それに応じてある確率の下で、最高不点火電流の測定値は低下するであろうし、またこれはとりもなおさず最低点火電流の絶対値の低下を意味する。ただ、実用上は、点火の確率をいかなる値にとればよいかということが問題になるのみである。

本実験では銅線装置の一開路操作に要する時間を考慮して、点火確率を1/5にとったわけであり、この値で十分であるということではない。しかし、本実験においてはこの程度でもかなり満足できる結果が得られたことは以下に示すとおりである。

なお、以下に述べる点火限界を示す図の曲線は、弊誌を避けるために、最高不点火電流と最低点火電流の算術平均値（以下、これを最小点火電流という）をもってプロットしてある。

3. 実験結果と考察

3.1 銅線直径が点火限界に及ぼす影響

銅線装置において使用する軟銅線には、実用面を考慮して、直径0.1~0.5mmのものを選び、先ず直径の大小が点火限界に及ぼす影響を知ることにした。

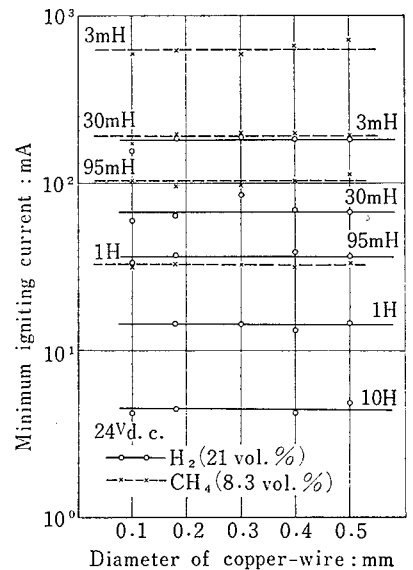


Fig. 3 Effect of copper-wire diameter on minimum igniting current.

最小点火電流に及ぼす銅線直径の影響

Fig. 3 は水素およびメタンを対象とした誘導回路(24V)の最小点火電流を測定した結果である。これによると、銅線直径の差は点火限界にほとんど影響しないことが示されている。

抵抗回路についても同様の実験を行なった例がFig 6 (3.3 節) に示してあるが、誘導回路の場合と異なり、ややバラツキが認められる。しかし、著しい影響を考える必要はないように思われる。

これらについて若干の検討を加えることにする。銅線が断線すると、それが火花発生電極となって放電火花を生ずる。放電エネルギーの一部は電極の加熱、熱放射などのために損失となって失われ、その残りがガス点火のエネルギーとして消費される。しかし、こ

のとき、電極の開離速度が初期燃焼核 (Incipient flame kernel) の成長速度より十分大きければ、電極の消炎効果を無視することができるので、電極の大きさ、すなわち銅線直径の大小は点火限界に影響をもちなくなると考えることができる。

本実験において、銅線の開離速度を高速度カメラ (日立製) にて直接撮影し、測定した結果によれば、例えば直径 0.3 mm の銅線で約 25 m/sec の平均速度が電極間隔 2~3 mm となるまで維持されている。しかし、この程度の開離速度では、初期燃焼核の成長速度と比較するとはるかに遅いと考えられるので、電極部の消炎効果を全く無視することはできない。この問題の解決には、電極が開離する瞬間の $t=0$ における

微分開離速度と燃焼核の成長速度とを厳密に比較しなければならないが、ここでは本筋を離れるので実験結果のみを利用することとする。

したがって以下の実験では直径が 0.4 mm の銅線のみを使用することにした。

なお、Berz 氏¹⁵⁾は直径 0.025 mm のタングステン線を用いてメタン点火の限界を求めているが、実用上このようなきわめて細い線による結果との比較はしないことにする。また関氏ら¹⁶⁾も銅線の断線による方法を試みているが、銅線の開離速度が筆者の場合に比べて遅く、したがって点火限界にもかなりの差を生じているので、これとの対比も避けることにした。

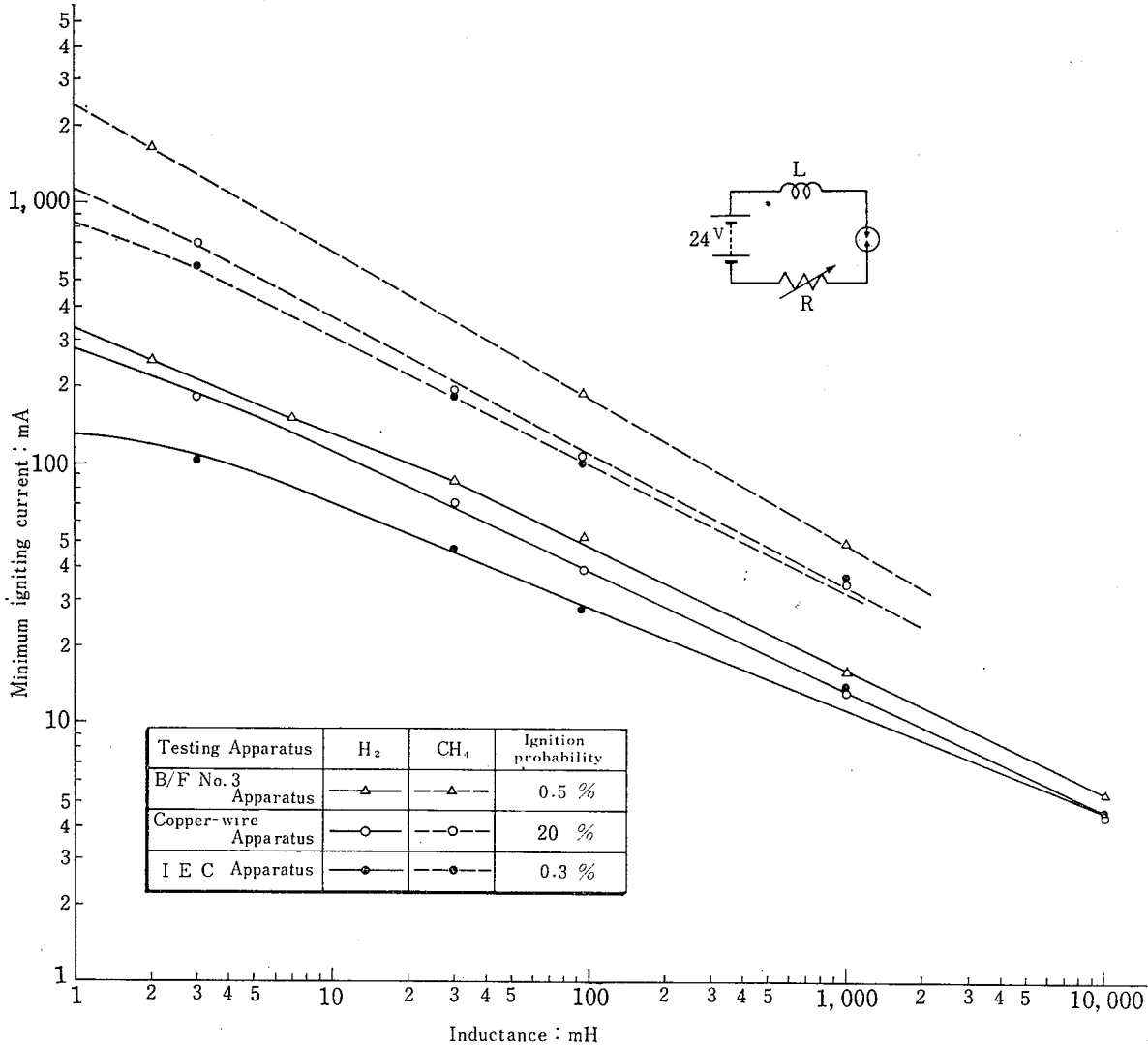


Fig. 4 Comparison of minimum igniting current in low voltage d.c. inductive circuits for hydrogen- or methane-air mixtures.

低圧直流誘導回路の最小点火電流の比較 (水素, メタン)

3.2 誘導回路の点火限界の比較

インダクタンスを横軸にとって Fig. 3 を描き直すと Fig. 4 のようになり、点火限界はつぎの式で表わされる³⁾。

$$\log L = -n \log I + K \quad (1)$$

ただし、 L : 回路インダクタンス
 I : 最小点火電流
 n, K : 定数

Fig. 4 には同一回路について Break-flash No. 3 Apparatus および IEC 装置を用いて求めた点火限界曲線も示してあるが、水素またはメタンを問わず、また火花発生装置の種別によらず、これらの曲線は(1)式をほぼ満足していることがわかる。これは誘導回路の点火限界の特性の一つであって、3.3 節の抵抗回路の場合とは大いに異なるところである。この特性は L が約 100mH より大きければ基本的には電源電圧の大小にも関係しない¹⁷⁾。

IEC 装置による点火限界は、1mH~10H のすべてのインダクタンス範囲で、銅線装置または Break-flash No. 3 Apparatus よりも低くなっており、いわゆる“点火感度”が高いことが示されている。銅線装置による点火限界値は、IEC 装置のそれと比較したとき、メタンについては大きな差が見られないが、一方水素については、むしろ Break-flash No. 3 Apparatus による点火限界に近くなっている。

誘導回路の開離によって放電が生ずると、その放電エネルギー W_e はつぎの式で表わされる。

$$W_e = \int_0^T v_a(t) \cdot i_a(t) dt$$

Table 1 Minimum igniting current and minimum arcing current. 最小点火電流と最小アーク電流

| Spark-producer | Electrode material (Polarity) | Minimum igniting current ⁽¹⁾ (mA) | | Minimum arcing current ⁽²⁾ (mA) | |
|-----------------------------|----------------------------------|--|-----------------|--|-------|
| | | H ₂ | CH ₄ | | |
| Break-Flash No. 3 Apparatus | Pt ⁺ -Pt ⁻ | 570 | 2,400 | 700 | |
| Copper-wire Break Apparatus | Cu ⁺ -Cu ⁻ | 280 | 1,300 | 430 | |
| IEC type Apparatus | W ⁺ -Cd ⁻ | 130 | 800 | W | 1,000 |
| | | | | Cd | 100 |

(1) Value obtained at $L=1\text{mH}$

(2) R. Holm : Electric Contact Handbook, 3rd ed., 309 (1958)

$$= \int_0^T \{E - Ri_a(t)\} i_a(t) dt + \frac{1}{2} LI_0^2 \quad (2)$$

ここで、 $v_a(t)$: 電極間瞬時電圧
 $i_a(t)$: 瞬時放電電流
 T : 放電継続時間
 E : 電源電圧
 R : 回路抵抗
 L : 回路インダクタンス
 I_0 : 閉路時回路電流

(2)式の第1項は、放電中に電源から供給されるエネルギーで、もしもアーク放電が発生しなければこれを無視することができる¹⁸⁾。

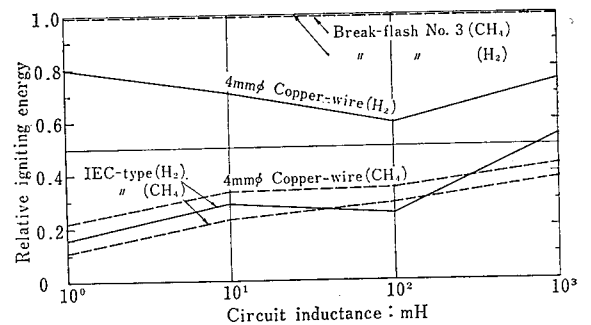


Fig. 5 Relative igniting energy of inductive circuits among spark producers.

各火花発生装置における誘導回路開離火花の相対点火エネルギー比較

いま、Fig. 4 の曲線で与えられた各火花発生装置の最小点火電流値においてアーク放電の可能性を検討するとして、実験に使用したインダクタンスのうち、1mH における最小点火電流値が最大となっているの

で、これと各火花発生装置の電極材料による最小アーク電流 I_m とを比較して示すと Table 1 になる。

IEC 装置の電極は W⁺-Cd⁻ であって、この組み合わせの場合の I_m は発表された資料がなく不明であるが、W の I_m と Cd の I_m との間になるものと推定される。したがって、水素の場合にはいずれの火花発生装置による最小点火電流も I_m より小さいものとみなしうるので、アーク放電の発生を無視することができる。またメタンの場合には、これとは逆に I_m より最小点火電流の方が大きいのでアーク放電発

生率が大きく、したがって、アーク放電の発生を無視することはできない。しかし、 L が約 10 mH 以上になると、無視できるような値になる。

ここでアーク放電の発生を無視して、Fig. 4 から 1, 10, 100 および 1,000 mH における W_e の比を各火花発生装置ごとに示すと Fig. 5 になる。ただし、 L のいかんを問わず Break-flash No. 3 Apparatus の W_e を基準にとってある。同図によると、水素の場合に銅線装置の点火エネルギー相対値は約 0.6~0.8 倍であり、IEC 装置のそれは約 0.15~0.55 倍でかなり小さい。一方、メタンの場合について調べてみると、銅線装置で約 0.2~0.45 倍、IEC 装置で約 0.1~0.4 倍である。これらの相対値は火花発生装置の点火感度をエネルギー比で表現したことになる。

以上のような点火感度に差を生ずる理由としては、

電極構造の差に基づく消炎効果の差、電極開離速度の大小による消炎効果の差、などが主なるものとして考えられる。静止状態の対向電極の構造の差による消炎効果はすでに Widginton 氏が報告¹⁹⁾しているが、実際に開離動作中の対向電極の消炎効果を定量的に比較することは困難である。しかし、本実験においては、電極開離速度の差は明らかで、Break-flash No. 3 で約 0.3 cm/sec、銅線装置で約 20~25 m/sec、IEC 装置では約 2 m/sec である。したがって、Break-flash No. 3 が銅線装置または IEC 装置に比べて点火感度が低いことの説明はこれでつくが、銅線装置と IEC 装置との点火感度の差は、開離速度による差によるよりも、IEC 装置におけるカドミウム陰極の使用¹⁹⁾による差の方が結果的に大きいものと考えられる。

3.3 抵抗回路の点火限界の比較

Fig. 6 に抵抗回路の場合の点火限界を示す。同図では繁雑を避けて、Intermittent Break Apparatus と IEC 装置による点火限界は実験値をプロットせず、単に曲線のみを描いてある。

純抵抗回路の放電エネルギーは理論的には電源からのみ供給される。その大きさは電源電圧、閉路時回路電流、電極開離速度、最小アーク電流-電圧特性、などに依存し、また放電形式もアーク放電、グロー放電、高周波間けつ放電が混在し、時にはアーク放電が支配的となったり、またはグロー放電が大部を占めたりするため、点火限界特性曲線も図のように複雑な形状を呈するものと考えられる。

なお、Fig. 6 に示されるごとく、電源電圧が低い場合の抵抗回路の最小点火電流はかなり大きく、直径 0.2 mm の W 線を陽極とする IEC 装置では、せいぜい 20 V 程度以上の回路でなければ、点火限界電流が大きくなって接触部および電極の過熱を生じて使用できなくなる。ここで約 20 V 以上の範囲では、IEC 装置は Intermittent Break Apparatus および銅線装置より点火限界が低い。一方、電圧が 20 V 以下程度では、水素、メタンを問わず、銅線装置の点火限界は Intermittent Break Appa-

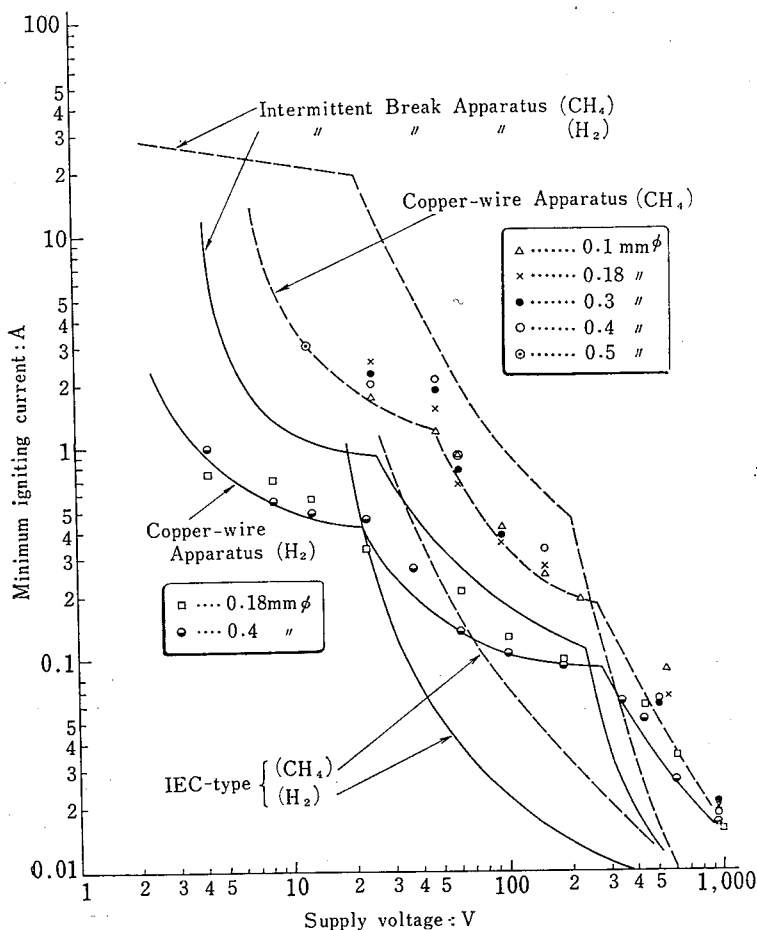


Fig. 6 Comparison of minimum igniting currents in resistive circuits for hydrogen- or methane-air mixtures.

抵抗回路の最小点火電流の比較 (水素, メタン)

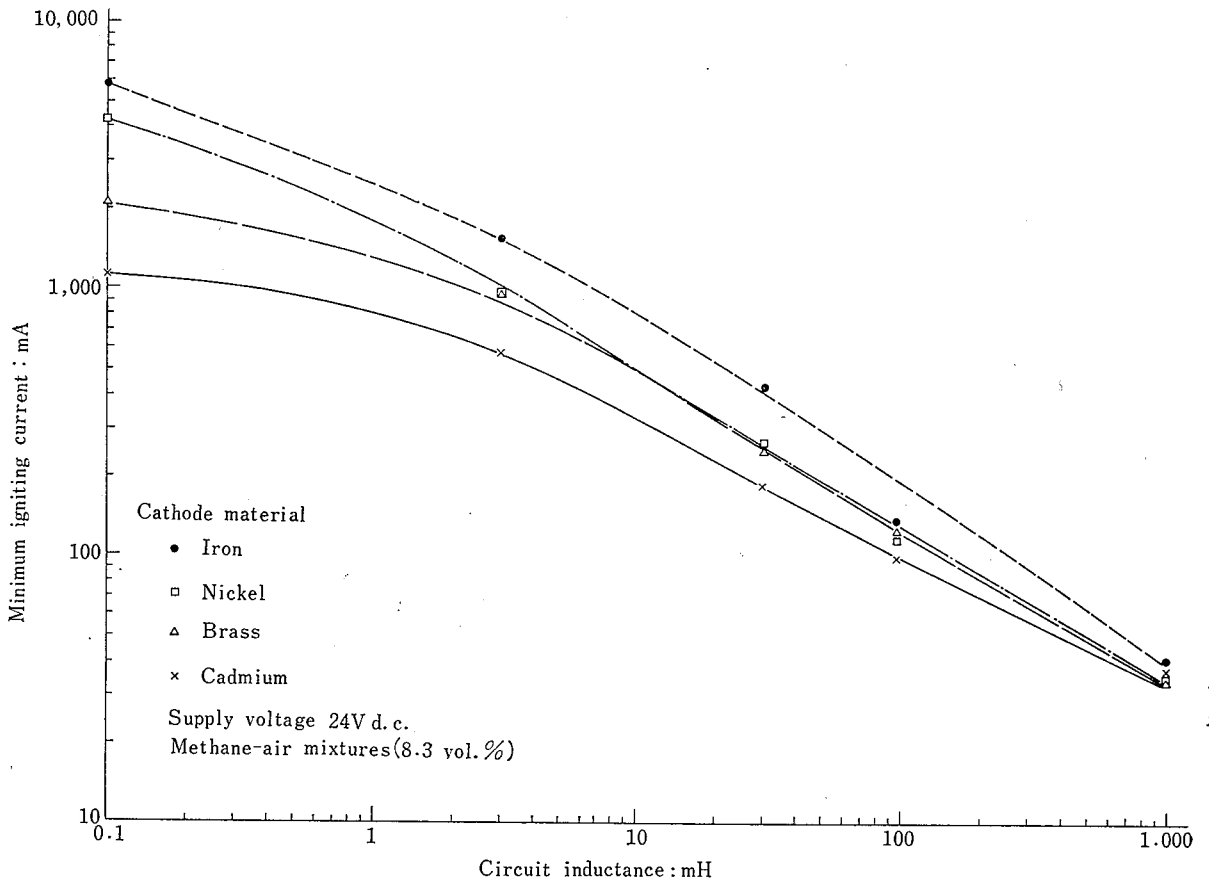


Fig. 7 Relation of minimum igniting currents to cathodic materials in IEC apparatus.
IEC 装置における最小点火電流と陰極材料の関係

ratus より低い。これらの点火限界の差はある程度まで、電極の開離速度、アーク継続時間（電極材質）、電極の寸法、形状の差などによって説明することができよう。

3.4 IEC 装置における使用電極の検討

3.4.1 陰極材料の影響

IEC 装置が一般に誘導回路に対しても、抵抗回路に対しても点火限界が低くなる一つの大きな理由として、その陰極に Cd を使用していることがあげられる。Fig. 7 に示したのは、陰極として Fe, Ni, または黄銅を用いた点火限界の例を Cd の場合と比較したもので、試験ガスにはメタンを、電源電圧は 24 V を使用している。インダクタンスが大きくて、最小点火電流が最小アーク電流より小さいと考えられる範囲、例えば 100 mH 以上では、アークの発生がないので、放電エネルギーは電極材料に依存しないが、インダクタンスが小さくなると、電極材質の影響が現われるものと考えられる。

3.4.2 極性効果

誘導回路と抵抗回路において電極極性が最小点火電流に及ぼす例を Table 2 に示す。

Table 2 Effect of electrode polarity on min. ignition current for methane-air mixtures in inductive and resistive circuits.
最小点火電流に及ぼす電極極性の影響(メタン)

| Circuit | Electrode material and polarity | Minimum ignition current (mA) |
|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Inductive (24 V, 95 mH) | W ⁺ -Cd ⁻ | 105 |
| | W ⁻ -Cd ⁺ | 105 |
| Resistive (48 V) | W ⁺ -Cd ⁻ | 245 |
| | W ⁻ -Cd ⁺ | 295 |
| | W ⁺ -Fe ⁻ | 1,550 |
| | W ⁻ -Fe ⁺ | 1,550 |

誘導回路では 3.2 で述べたように 95 mH ではほとんどアーク放電の発生がないとしてよいから、電極材料の差が最小点火電流に影響を及ぼさない。したがっ

て、電極極性を変えても最小点火電流値には差がなかったものと考えられる。しかし、抵抗回路の場合には、3.4.1 で検討したように、電極材料が放電に影響する。電源電圧が 48 V のときの最小点火電流の大きさは、 W^+-Cd^- の組合わせに対して W^-Cd^+ とすると、約 20% も増大する。ところで、Cd の代りに Fe を使用し、 $W-Fe$ の組合わせに変えると、極性効果が認められなくなることが判明した。したがって、極性による最小点火電流の相違は Cd に帰因することができる。抵抗回路の場合、Cd を陰極とする方が点火限界が低くなるのは、アークにより陰極点が形成され、Cd の金属蒸気がアークを維持するためではないかと考えられる。

3.4.3 電極の損耗

IEC 装置では、硬い W 線が柔かい Cd の表面にサイクロイド状の細かい傷をつけながら接触開離を繰り返す。Cd 陰極が新らしいうちは表面の傷が少なく、かつ浅いが、ある程度進行してくると、点火限界電流が低下する傾向がある。経験によると、Cd が全く新らしい場合の最小点火電流は、古くなって傷がついた場合の約 10~20% 大きいことに気が付いた。これは表面状態の変化によるアーク特性の変化によるものと思われる。経験によると、IEC 装置の使用にあたっては約 10 万回程度の接触開離（無放電で可）による“aging”が必要である。

4. 結 論

以上の実験によって得られた結果を要約するとつぎのようである。

(1) 水素およびメタンを対象として銅線装置による誘導回路 (1 mH~10 H) の最小点火電流を測定し、これを Break-flash No. 3 Apparatus および IEC 装置による結果と対比した。測定したインダクタンスの範囲において最小点火電流の大きさは、IEC 装置、銅線装置、Break-flash No. 3 の順になった。水素ガス

の場合は IEC 装置と銅線装置との点火電流の差はやや大きい、メタンの場合はわずかである。

(2) 同じく、水素およびメタンについて、抵抗回路の場合の比較を Intermittent Break Apparatus、銅線装置および IEC 装置について行なった。IEC 装置は電源電圧約 20 V 以上（点火電流で約 1 A 以下）が使用限界で、この電圧範囲でみると、水素およびメタンのいずれの場合にも、IEC 装置の点火限界電流が最も低い。約 20 V 以下の電源電圧の範囲では、銅線装置の方が Intermittent Break Apparatus よりもガスに点火しやすい。

(3) 以上により、IEC 装置は機械的接触開離方式でありながら、導線断線方式による放電火花をもカバーできうるものであることがわかり、誘導回路および抵抗回路（電圧約 20 V 以上の場合のみ）の開離火花のガス点火危険性を十分に模擬できることが明らかになった。

(4) IEC 装置は陰極に Cd を使用しているため点火感度が高すぎるというおそれがあるが、例えば高インダクタンス回路の実験では、Cd 以外の材質でもほぼ同じ点火電流となっているので、必ずしも点火感度が高すぎることはなく、実際の発生火花の危険性を十分に模擬しているものと考えられる。

(5) IEC 装置が最小点火電流測定の試験装置として使用するのに適していることが示された結果、本装置についてさらに二、三の点を検討した。すなわち、陽極と陰極の材質が異なるため抵抗回路の点火電流の測定には W 線を陽極としなければならないが、誘導回路の場合には陰・陽いずれでもよいこと、Cd 電極の表面はある程度傷がついている方が点火限界がやや低くなる傾向があること、などを明らかにした。

(謝辞)

本論文についてご指導をいただいた北海道大学坂本 三郎教授、終始ご鞭達を頂いた山口武雄前所長、上月 三郎研究部長ならびに実験に協力された電機大学学生 一ノ瀬 宏君に心から感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) たとえば鳥山, 斎藤, 電学誌, 62, 427 (昭 17)
- 2) G. Allsop 他, S. M. R. B. Paper 104 (1946)
- 3) G. Allsop 他, S. M. R. B. Paper 106 (1947)
- 4) 伏見, 電試集, 18 (5), 11 (1954)
- 5) H. Lord 他, I. E. E. Conference Report Series No. 3 (1962)

- 6) H. Lloyd 他, S. M. R. E. Report 33 (1951)
- 7) H. T. Ramsay, Mining Elec & Mech Engrs 40 (9) (1959)
- 8) C. A. A. Wass, J. Scient Instr 39 pp. 229 (1962)
- 9) L. I. Gavril'chenko, Voprosy Gornoi Elektromekhaniki Trudy Mak NII, 94 (1959)
- 10) IEC Document, SC 31 G (Central Office) 6 (1968)
- 11) 田中, 昭和 40 年電気四学会連合大会講演論文集 1298 (1965)
- 12) 田中, 労働省産業安全研究所報告 14, 1 (1965)
- 13) 田中, 昭和 41 年電気四学会連合大会講演論文集 669 (1966)
- 14) 田中, 労働省産業安全研究所報告 14, 3 (1966)
- 15) I. Berz, Combustion & Flame, 3, pp. 131 (1959)
- 16) 関他, 採鉱と保安, 10 (11), 515 (1964)
- 17) 田中, 労働省産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-17-6 (1969)
- 18) 鳳, 電気接点と開閉接触子, pp. 176 (1962)
- 19) D. W. Widginton, S. M. R. E. Report 240 (1966)

(昭和 44 年 1 月 31 日受付)

付 録 自動最小点火電流測定用 IEC 装置の試作

筆者は IEC 装置による最小点火電流の測定および本質安全防爆電気回路の防爆性能の試験をある程度自動化させるための装置を設計試作した。これはシーケンス制御方式によるもので、電極の点火感度の校正、ガスの送給と排気、最小点火電流の測定操作および点火回数などの記録をある程度自動化したものである。所定の校正が得られない場合および試験終了時には警報を発して停止するようになっている。Fig. A-1 は本装置の回路構成の概要、Fig. A-2 はその外観である。

実際の使用にあたっては未だ必ずしも性能等が十分ではないが、この種のものとしてはおそらく最初のものである。今後さらに検討を加えて改良したいと考えている。

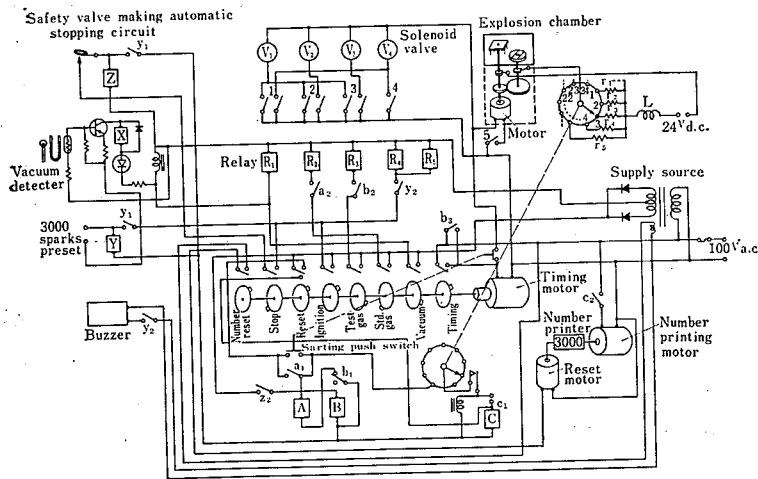


Fig. A-1 Schematic diagram of automatic minimum igniting current measuring IEC equipment.

自動最小点火電流測定用 IEC 装置の電気回路

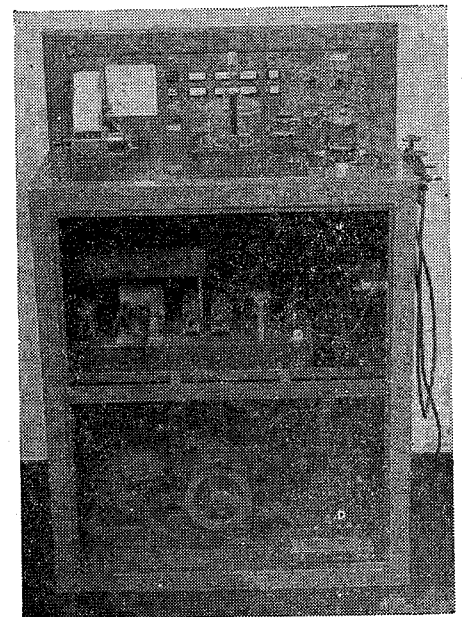


Fig. A-2 View of automatic m. i. c. measuring IEC equipment.

自動最小点火電流測定用 IEC 装置外観

産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-17-5

昭和 44 年 3 月 25 日 発行

発行所／労働省産業安全研究所

東京都北多摩郡清瀬町梅園 1 丁目 4 番 6 号

電話 (0424) 91-4512 番 (代)

印刷所 新日本印刷株式会社

郵便番号 180-04

UDC 614.83 : 621.313/39-213.34

爆発性ガスの最小点火電流測定装置の基礎的考察

田中隆二

産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-17-5, 1~10 (1969)

水素およびメタンを対象として、銅線断線装置, Break-flash No.3 Apparatus, Intermittent Break Apparatus および IEC 装置による最小点火電流の測定を、低圧直流の誘導および抵抗回路について比較し、IEC 装置の最小点火電流測定装置としての点火性を論じた。

次いで、IEC 装置の電極々性および電極材質が点火限界に及ぼす影響について述べている。

また試作した最小点火電流自動測定用 IEC 装置の概要を付録で紹介している。

(表 2, 図 9, 参 18)



UDC 614.83 : 621.313/39-213.34

Fundamental Study of Testing Apparatus for Determining Minimum Igniting Current for Explosive Gas Atmospheres

R. TANAKA

Research Report of the Research Institute of Industrial Safety

RIIS-RR-17-5, 1~10 (1969)

Minimum igniting currents in low voltage d.c. inductive and resistive circuits are compared among Copper-wire, Break-flash No.3, Intermittent Break and IEC type apparatus. Incendivity of the IEC type apparatus is discussed on determining the minimum igniting current.

Effects of electrode polarities and materials on minimum igniting current are also investigated.

An outline of automatic minimum igniting current measuring IEC type equipment is introduced as an appendix.

(2 Tables, 9 Illus., 18 Refs.)

