

JAN. 1976

RIIS-RR-24-5

UDC 614.838

産業安全研究所研究報告

RESEARCH REPORT OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

RR-24-5

火炎防止器に関する研究

(第4報)

—金網の消炎能力に影響する因子(1)—

林 年 宏

労働省産業安全研究所
MINISTRY OF LABOUR
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

火炎防止器に関する研究 (第4報)

—金網の消炎能力に影響する因子 (1)—

林 年 宏*

Interruption of Explosions by Flame Arresters (4th Report)

—Factors Affecting on Flame Quenching by Wire Gauzes (1)—

by Toshihiro Hayashi*

Wire gauzes have been considered as one of the useful quenching elements for flame arresters because of their availability, economical cost, low flow resistance and ease of processing, but the experimental evidences are not yet satisfactory.

This report describes about several factors affecting on quenching abilities of wire gauzes against flames propagating in stationary hydrogen-air mixtures whose initial pressures are up to 2kg/cm^2 (G) and hydrogen content ranges between 10 and 60 vol.%. Experiments are carried out in a horizontal 1-inch short enclosed tube (Fig.1, l_1 and l_2 being about 12cm). Four kinds of stainless wire gauze are used as quenching elements (Table 1), and maximum number of gauzes in pack is twenty.

In each explosion test, the whole assembly is evacuated before the premixed mixture is fed in up to a desired initial pressure, then the mixture is ignited. An observation is made by the help of a thermo-couple whether an explosion occurred in the protected chamber.

As it has been known that the higher the initial pressure is, the more difficult the quenching is, the maximum initial pressures, at which no flame transmission occurs, are determined under various conditions. These initial pressures (denoted as Limiting Safe Pressure or L. S. P.) are defined arbitrarily as pressures which indicate flame quenching abilities of gauzes tested. Pressure drops (mmAq) across gauzes in pack are also measured for air flow rate of 100l/min.

Main results as follows ;

- 1) It is found most difficult to quench flames of the mixtures containing a little higher than stoichiometric hydrogen (Fig.2). Such mixtures may be used for quenching tests of flame arresters.
- 2) L. S. P. increase with number of gauzes (N), but in some cases there exists certain limit for N beyond which an increase of N has no effect on L. S. P. (Fig.5). For a substantial range of N , L. S. P. can be related to N by the equation :

$$\text{L. S. P.} = aN - b \quad (1)$$

where a and b are constants peculiar to mesh number of gauze and hydrogen content of gas mixture.

- 3) The relation between pressure drop (P. D.) and N is approximately shown by the equation :

$$\text{P. D.} = kN \quad (2)$$

The constant k is calculated for each kind of gauze from mesh width and thickness of the gauze. The fact that k is found to be proportional to a/b in equation (1) shows a direct relation between flame quenching ability and pressure drop, independent of mesh number, of wire gauzes in pack.

* 化学研究部 Chemical Engineering Research Division

1. 緒 言

固体細隙における消炎現象を利用した火炎防止器は、可燃性ガス・蒸気が存在するおそれのある配管等に設置され、万一爆発が生じてもこれにより火炎伝播の拡大を阻止し、爆発の被害を最少限に抑えることを目的としている。細隙を有する消炎素子には種々のものがあるが、種類の多様性、経済性、平常時のガスの流動に対する圧損、加工性などの点から金網が最も実用的である。金網の細隙構造（網目）の均一性に問題がなくはないが、これは多孔体消炎素子に共通の難点であって、なんらかの方法により安全度を増すよう考慮せねばならないが、特別に製作した多孔板などを除けば、金網は比較的均一性の高いものに属する。また、消炎素子として使用しうる金網は素線が細く変形しやすいが、注意深い取扱いと適切な補強板の使用によりこの欠点を除くことができる。

金網による消炎については Palmer の研究¹⁾がよく知られている。彼は、管中を伝播する火炎が金網により阻止されるか否かは金網に接近する火炎の速度によるとして、これを理論的に裏づけている。この理論では、金網の目開きや厚さなどから限界の火炎速度が算出され、これより速度の小なる火炎は消炎されることになる。従って、実際の配管等における火炎速度が容易に求まるならば、金網を用いた火炎防止器の設計の目安としてこの考え方をを用いることはできよう。一方、火炎防止器が安全装置であるという性格からすれば、最終的には実験的にその安全性を確認することは不可欠であり、そのためのテスト方法の検討も重要である。

本報では、火炎防止器の安全性をテストするにはどのような方法をとれば適切であるかを考慮しながら、金網を重ね合せた場合の消炎能力に影響する因子のうち火炎防止器の設計に有用であると思われる事項について検討した。

2. 実 験

2.1 実験装置（爆発容器）

爆発実験に用いた容器の主たる部分は呼び径 1 インチの配管用炭素鋼管（内径約 28mm）を加工したもの

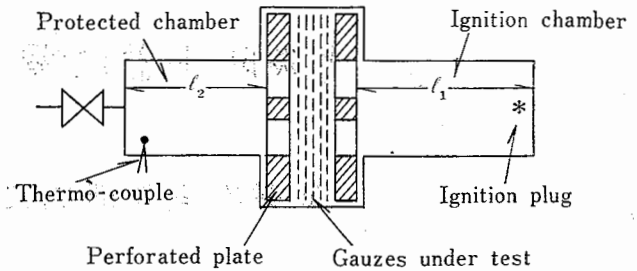


Fig.1 Schematic showing of test enclosure
爆発容器

で、Fig.1 にその概略を示す。金網は密着して重ね、その両側を厚さ 6mm の多孔板で補強する。点火室 (Ignition chamber) 側の多孔板の代りに 14 メッシュ（線径 0.44mm, 目開き 1.45mm）の粗い金網^{*1}を用いることもある。（金網および多孔板の固定方法の詳細については前報²⁾を参照されたい。）容器端から多孔板（または粗金網）までの管長 l_1 および l_2 は爆発空間の大きさの指標であり、これらの値は、使用した多孔板の種類とともに実験結果に併記する。

2.2 供試金網

実験に用いた金網は市販の平織金網（SUS 316 製）で、その仕様を Table 1 に示す。表の範囲外のメッシュのものは火炎の熱による損傷が著しいか、または

Table 1 Specifications of wire gauges
供試金網の仕様

Nominal mesh	Mesh width w mm	Thickness T_0 mm
60	0.271	0.28
80	0.196	0.24
100	0.152	0.20
120	0.130	0.16

消炎能力が劣るかの理由で、本報での実験には適さなかった。供試品は、シート状の金網から外径 40mm の円板として打ち抜いたものを用いた。

2.3 実験ガス

実験ガスは 10~60 vol. % の水素-空気混合物である。水素は市販ボンペ入りのものを、分圧方式により

*1 この金網単独では、本報の実験の範囲内のあらゆる条件下において、火炎を阻止することはできなかった。従って、これは消炎にはまったく影響しないものとみなし、2.2 の供試金網が極端に変形することを防ぐための補強用とした。以下、本文中で粗金網という。

大気条件の空気と混合して実験に供した。水素濃度の測定には干渉計式ガス検知器 (0~100% 用, 有効室長 20mm) を用いた。混合ガスの初圧の最大値は 2.0 kg/cm^2 (ゲージ圧。以下, 特に断わらない限り圧力はゲージ圧とする) としたが, 水素濃度が 10 および 60% 付近では 3.0 まで高めた場合もある。

2.4 爆発実験の手順

毎回の実験では, 金網をとりつけた容器内を 3mm Hg (abs.) 以下の真空とし, 予混合ガスを所定の初圧まで満したのち電気火花により点火する。混合ガスの初圧の高いほど火炎は消炎されにくいことがわかっている。初圧を大気圧から 0.2 kg/cm^2 刻みで上げて行き Fig.1 の引火側 (Protected chamber) に火炎が生ずる (以下, 引火するという) 初圧を求める。このあと圧力をさげて引火しなくなる初圧を 0.1 kg/cm^2 刻みで求める。初圧が大気圧で引火するときは, 200mmHg ずつ圧力を下げ, 引火しなくなれば 100mmHg 初圧を高め, 100mmHg 刻み (着火限界圧力付近では 50mmHg 刻み) で引火しない初圧を定める。この結果, 同一の初圧で 3 (または 5) 回連続して引火しないときは, この圧力をその金網についての非引火初圧 (Limiting Safe Pressure, 以下, L. S. P. と略すことがある) と定義して金網の消炎能力 (引火しにくさ) を比較する尺度とした^{*2}。ある条件 (金網枚数, 水素濃度など) に対して L. S. P. が求まれば, 金網は新しいものにとりかえた。必要な場合には同一条件下で数回の実験を行ない。最も低い L. S. P. を安全側のデータとして採用した。

実験はすべて密閉容器中を火炎が水平に伝播するようにして行ない, 引火の有無は引火側に挿入した熱電対の出力により判定した。

2.5 流量抵抗の測定

金網の消火能力と流量抵抗の関係をしらべるため, 爆発実験の前後に金網の流量抵抗を測定した。金網 (に多孔板を重ねたもの) は爆発実験に供すると同じ状態で別の 1 インチ管中にとりつけ, 空気流量を 10~100l/min の間で変化させたときの金網前後の圧力差を差圧 U 字管で測定した。流量の大きいほど圧損は

大きく, 測定誤差も少ないので, 流量抵抗は空気流量が 100l/min のときの圧損 (mmAq) で示した。

3. 実験結果および考察

3.1 消炎に影響する因子の予備的検討

金網による消炎には多くの因子が関連するので, これらを大まかに把握したのち, 必要な事項について更に詳細に検討するのが順序である。このためにまず, Fig.1 の l_1 を 11cm, l_2 を約 12cm とし, 点火側を粗金網で, 引火側は多孔板 (径 10mm の孔を 4ヶ有する) でそれぞれ補強した場合について, 水素濃度-金網枚数-L. S. P. の関係を求めた。供試金網は 120 と 60 メッシュであるが, Fig.2 には 120 メッシュについての結果を示す。金網は at random に重ね, 重ね合せ (pack) の枚数は 1 から 10 まで 1 枚ごとについて実験したが, 図の煩雑さをさけるため一部を省略した。なお, 金網枚数が少ない場合には L. S. P. と混合ガスの着火限界圧力が一致することもあるが, この限界圧力はある意味では L. S. P. と同じであるから, 図ではこの両者の区別はしていない。

Fig.2 およびこの結果をえるまでの過程から, 以下の各項の因子についてそれぞれ知見をえた。

3.1.1 水素濃度

水素濃度の影響は顕著である。L. S. P. が最低となる 30~35% を中心として, 濃度がこの上下いずれに変化してもほぼ対称的に L. S. P. は増加し, 金網の枚数に応じて L. S. P. の増加率が急激に大きくなる濃度が存在する。このことから, 60% 以上および 10% 以下の濃度では火炎の阻止は容易であると考えられ, この傾向は 60 メッシュ金網の場合も同様であるから, 爆発限界に近い濃度では 60 メッシュより目の粗い金網でも消炎効果が期待できる。しかし, 安全上は最も消炎しにくい濃度で火炎防止器のテストがされるべきであり, その濃度は (容器の形状・寸法, ガスの種類がかわれば改めて検討の要はあるが) 当量値よりいくらか高めであると考えてよいであろう。

なお, 60 メッシュと 120 メッシュの結果を比較すると, 例えば金網枚数が 8 枚のときの L. S. P. の最低値は 60 メッシュで -500mmHg, 120 メッシュで -100mmHg であって, 両者の消炎能力には明らかに差がある。この差が何によって生ずるかについては

*2 各実験について定めた最大の初圧 (例えば 2 kg/cm^2) でも引火しないときは, この圧力を L. S. P. とした。従ってこの場合の L. S. P. は定義した意味とはやや異なる。なお, 大気圧以下は mmHg 単位で実験し, 文中にもこの単位を用いるが, 図では kg/cm^2 に換算して示した。

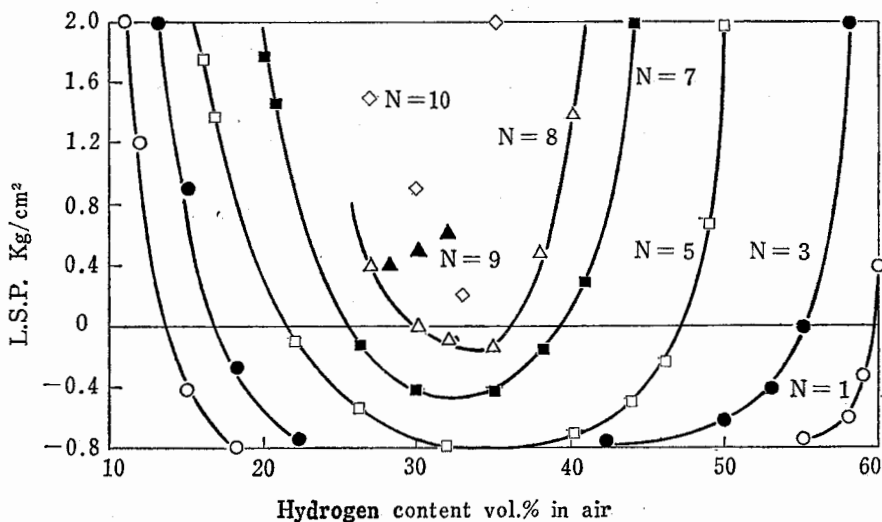


Fig.2 Effect of gas concentration on quenching ability (Limiting Safe Pressure) of 120 mesh wire gauze
 N : Number of gauzes in pack
 Test enclosure : $l_1=11$ cm, $l_2=12$ cm
 ガス濃度の影響

のちに検討する。

3.1.2 金網の枚数

金網の重ね合せ枚数と L. S. P. との関係は予想されるとおりのものであって、特に枚数の少ない場合には L. S. P. は枚数とともに増減する。しかし、金網を5枚以上重ねるときには、同じ枚数でも L. S. P. がばらつくほか、枚数が増しても L. S. P. に差が生ぜず、場合によっては逆に L. S. P. の減ずることもあった。60メッシュ金網の場合にはこうした徴候はあまり見られなかった。

いま、L. S. P. を求める過程で圧力を次第にあげて最初に引火する初圧を最低引火初圧と呼ぶことにすれば、この初圧もまた金網の消炎能力を比較するひとつの尺度となりうる。事実、最低引火初圧が金網枚数とともに増加することは容易に確認できる。ところで、この最低引火初圧と L. S. P. との差は、ガス濃度が当量値に近いほど、また金網の枚数の多い（つまり最低引火初圧が高い）ほど大きくなる。これは、「いったん火炎にさらされたあとの金網はそのあと火炎の通過が容易になる」ことを示唆しており、どの程度容易になるかは最初に引火したときの爆発火炎の強さによるということになる。このように引火しやすくなる理由としては、熱による金網の表面状態の変化と、爆発圧力による金網の目開きおよび金網相互間のきよりの変化が考えられ、これらを仮りに熱力学的変形および機

械的変形とよぶことにする。前者については、金網が青色に変色することから、酸化被膜の形成による熱伝導度の低下やある種の触媒効果を予測できるが、その確認は困難である。機械的変形については次の如くである。

3.1.3 金網の変形

火炎が消炎されなければ引火側で爆発を生ずるが、この実験容器の条件下では圧力重積⁹⁾による高圧力の発生もみられた。一方、点火側は粗金網で補強しただけであるから、引火側での重積圧力による金網の変形に対する補強としては充分でない。この結果、実験後の金網は点火側に凸に変形しており、重ね合せた金網の中では点火側のもほど変形が著しい。(金網の変形の著しいほど変色もはげしい。初圧が 2 kg/cm^2 でも引火しないとき、あるいは L. S. P. が大気圧以下のときには、金網の変形・変色はほとんどみられなかった。) 点火側にふくらむ変形を生ずるには、金網の素線の伸びがなければならず、これは目開きの拡大を意味する。目開きの実測は困難であるため、金網の流量抵抗と変形度の関係をしらべてみた。

Fig.3 は、一定枚数の金網を重ねてその圧損を測定し、同じ状態のまま爆発実験を行ない、そのあと同じ重ね状態を保持したまま再度圧損を測定した結果である。また、このときの L. S. P. を圧損に対してプロットしたのが Fig.4 である。Fig.3 からは、実験後の圧

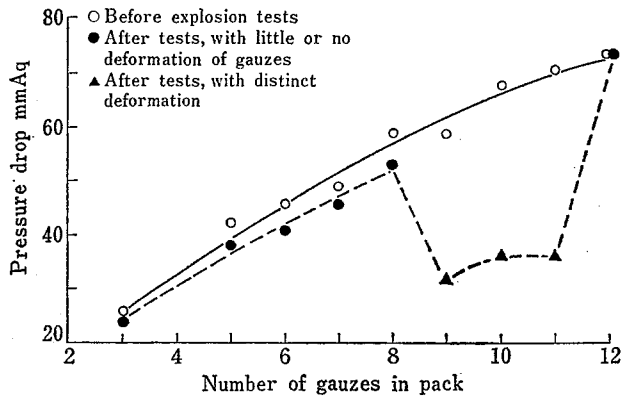


Fig. 3 Effect of explosion tests on flow resistance of gauzes, ignition side of gauzes being supported by 14 mesh coarse gauze (Refer to Fig. 4)
爆発テスト前後の圧損の変化

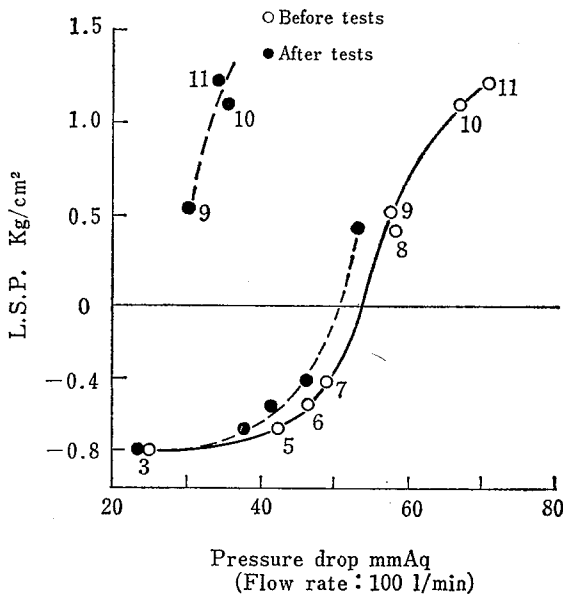


Fig. 4 Effect of flow resistance of gauzes on Limiting Safe Pressure (for 3 to 11 gauzes in pack)
圧損と L. S. P. の関係

損の方が常に低いこと、および金網の変形の著しい場合に圧損が大幅に減じていることがわかる。この実験では金網を 12 枚重ねれば初圧 2.5 kg/cm^2 でも引火せず、このときは爆発実験前後の圧損は同じであった。このことから、金網の変形度は圧損に影響することが示される。

このあと圧損と消炎能力の関係を論ずる必要上、金網の変形と L. S. P. の関係を Fig. 4 について検討して

おく。爆発実験前の圧損と L. S. P. はひとつの曲線で関係づけられるのに反し、実験後の圧損は金網の変形の影響を含むため L. S. P. との関係はふたつの分断された曲線で示される。L. S. P. はくり返し引火したあと最終的に定まるものであるから、金網の変形が引火しやすくなる原因であるとすれば、変形度と圧損の関係からみて実験後の圧損と L. S. P. には相関がなければならぬ。しかし、Fig. 4 の結果はこの推論に反している。具体的に数値で示せば、金網 9 枚の実験後の圧損は金網 4 枚の場合の圧損に相当するから、L. S. P. は -450 mmHg 付近となるはずであるが、実際には 0.5 kg/cm^2 というまったく異なる値である。このことは、「たとえ引火爆発により金網が変形し（この結果圧損が減じ）ても、消炎能力に大きな影響はない」ことを意味している。また Fig. 4 で圧損（実験の前後を問わず）を無視すれば、金網の枚数の多いほど L. S. P. が高いとみなせることにも注意が必要である。

いずれにせよ、L. S. P. を消炎能力の尺度とする（なぜ L. S. P. を用いるかの理由は後述する）場合に金網に変形を生ずることは問題を複雑にするだけであり、変形を生じないようにすることも特に面倒ではないけれども、ある程度の変形があっても消炎能力に著しい影響がないという事実は実用上重要である。

これまでの結果からは、金網の枚数、圧損、L. S. P. の三者が相伴なって増減することが示唆されており、次節以下においてこれらについて更に検討する。

3.2 金網の枚数と消炎能力の関係

金網の枚数と L. S. P. が相伴なって増減することは理解できるが、3.1.2 に示すように比例関係の成立しない場合もありうるとみられるので、金網に変形を生じないような条件下で両者の関係の定量的把握を試みた。実験は l_1 が約 13 cm 、 l_2 が 11 cm の爆発容器を用いて行ない、金網の両側を多孔板（直径 9.5 mm の孔 7 ヶ）で補強した。2 枚の多孔板の孔の位置は固定ピンを用いてほぼ完全に一致させ、特に、金網は素線の方が相互に同じになるように重ねた。水素濃度は 10% ごとに変え、初圧の最大値は 2.0 kg/cm^2 とした。この実験では金網の変形は認められず、実験前後の圧損に有意な差は生じなかった。結果の一部を Fig. 5 に示す。

図から明らかなように、L. S. P. は枚数とともに増

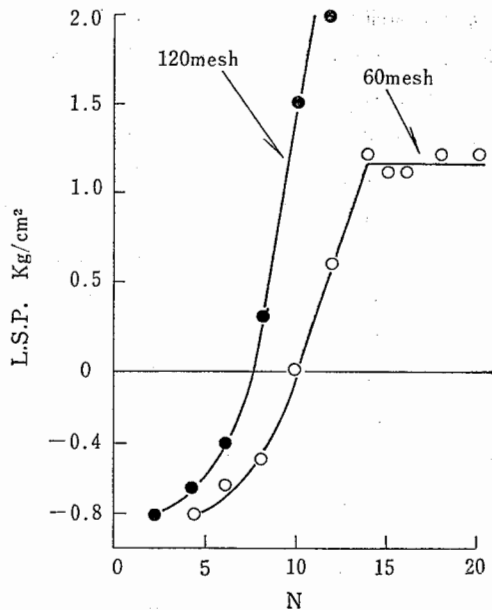


Fig.5 Relation between number of gauzes in pack (N) and L.S.P. for 30% mixture
金網枚数と L.S.P. の関係

加するが、枚数を増しても消炎能力が向上しない限界が存在する。L.S.P. が横ばいとなる限界の枚数は金網のメッシュとガス濃度によって決まるが、更に一般的には爆発容器の形状・寸法などの影響も受けるとみられる。一方、図で右上りの直線として近似される範囲は、枚数が増せば消炎能力も確実に向上することが期待できそうであるから、もし金網枚数を増すことで安全度を見込もうとするならば、こうした比例関係にある範囲を確認して、利用せねばならない。火災防止器の設計に際して、「ある枚数で爆発テストをして引火しなかったから、それより枚数を多くすれば安全率をとったことになる」と判断することは場合によってはまったく無意味である。

他の種々の条件が変化しても、一般に金網枚数と L.S.P. の関係は Fig.5 のようになると考えられる。このような関係図で、L.S.P. が大気圧以下となる範囲および L.S.P. が横ばいとなる範囲はいずれ実用上も不用な範囲であるから除外して、L.S.P. と枚数が直線関係にある部分だけについて考えてみる。これら直線部分は次式で近似することができる。

$$L.S.P. = aN - b \dots\dots\dots(1)$$

ただし、L.S.P. の単位は kg/cm^2 とし、 N は金網の枚数、 a および b は (この実験の範囲では) 正の定数である。 a および b は金網の種類とガス濃度により

変わる値であるが、大まかにみれば a の大きいほど、また b の小さいほど火災防止器の消炎素子として適する金網であるといえよう。逆に、一定のメッシュの金網について a および b を比較すれば、ガス濃度と消炎の難易の関係を示すこともできよう。いくつかの場合について実験結果のプロットから算出した a および b の値を Table 2 に示す*3。

Table 2 Quenching ability indicies of gauzes, assuming direct relation between L.S.P. and number of gauzes in pack (N) by the equation : $L.S.P. = aN - b$
L.S.P. と金網枚数の近似式の定数

Nominal mesh		H ₂ %	
		30	40
60	a	0.3	1.3
	b	3.0	12.5
	a/b	0.100	0.104
80	a	0.55	1.14
	b	4.1	8.1
	a/b	0.134	0.141
100	a	0.55	1.0
	b	3.8	6.5
	a/b	0.145	0.154
120	a	0.6	1.4
	b	4.5	9.3
	a/b	0.133	0.151

a が大なるほど、また b の小なるほど、金網の枚数が L.S.P. の増加に及ぼす効果が大きい (ということは金網 1 枚についての消炎能力も大きいことを意味する)。Table 2 では a および b が金網のメッシュに無関係にそれぞれ変化するとみなせるが、独立に変化するふたつの変数で消炎能力を示すことはできないので、 a と b がもつ意味を考慮した上で a と b からなる最も単純なパラメータとして a/b を導入すれば、この比を用いてメッシュの異なる金網の消炎能力を相対的に比較できそうである。3.4 では金網の圧損と a/b の関連づけを試みる*4。

*3 表に示す以外の濃度では、例えば金網 2 枚では L.S.P. が大気圧以下、4 枚では初圧 $2kg/cm^2$ で引火しないというような結果が大部分で、近似直線をひくことができなかった。

*4 式 (1) で L.S.P.=0 となるときの N を N_0 とすれば $a/b = 1/N_0$ である。

3.3 L. S. P. を消炎能力の尺度とする理由

金網に変形の生じないようにして行なった実験においても、いったん火炎が通過したあとの金網は引火しやすくなることが示された。この事実から、すでに用いてきている L. S. P. が金網の消炎能力を評価する度として妥当なものであることを明確にしよう。なお、火炎にさらされた金網の消炎能力の低下は、金網の表面状態の変化によるものと仮定する。

いま、金網枚数を N とし、ある初圧で引火しなかったとすると、これは「火炎は点火側から数えて x 枚目まで達したがそこで消炎された」と解される。ただし、 x はそのときの爆発の強さによってきまる N より小の整数である。ところで消炎素子の消炎能力は、ある初圧で引火するか否かを尺度として示すのがふつうであって、これはその初圧で有限回数くり返しテストを行なった結果から判断される。このテストの1回目の爆発で x 枚目まで火炎が達したとすると、すでにのべた事実からそこまでの金網は火炎を通しやすい状態になったとみなされる。従って、2回目の爆発の火炎は $x+1$ 枚目に達する可能性がある。こうしたことのくり返しにより火炎は少しずつ侵入し、極端な場合には N 枚の金網すべてを火炎がぬけてしまうことになる。これを確認するには極めて多数回の反覆テストを要する場合もあるので、このような方法は、ある初圧で引火するか否かの決定や、引火する限界の初圧の決定に用いるには実用的でない。

これに対し、本報で定義した L. S. P. は N 枚の金網すべてをいったん火炎にさらしたあと求めた引火しない圧力であるから、引火しないことを確認するテストの回数を同じとすれば、L. S. P. にはすでに安全率がみこまれていることになり、目的からみてもこれを消炎能力の尺度とすべきことが明らかである。

3.4 圧損と消炎能力の関係

金網枚数と消炎能力の関係は 3.2 に示したが、金網が均一に重なりと仮定すれば、圧損は金網の枚数に比例するはずであるから、圧損と消炎能力の間にも相関がなければならない。枚数と消炎能力の関係は金網のメッシュ数によって異なるが、もし金網の目開きや厚さから算出した変数により圧損を表わすことができれば、比較的測定が容易である圧損から消炎能力を予測することができ、実用上有用である。(Fig.5 のデー

タを圧損と L. S. P. の関係にプロットしなおせば、同じメッシュの金網を重ねる場合の両者の関係は、Fig.5 に示す枚数と L. S. P. の関係と同じパターンをとる。)

圧損は流量の関数であるが、ここでは流量と圧損の関係は金網の枚数やメッシュ数によらない一定のパターンで示されるものと仮定し、流量 100l/min のときの圧損を考える。3.2 の実験の圧損測定によれば、金網 10 枚までの圧損は近似的に次式で与えられる。

$$P. D. = kN \dots\dots\dots (2)$$

ただし、P. D. は圧損 (mmAq), N は枚数、 k はメッシュ数によって変わる定数である。いま金網 1 枚の厚さを T_0 , N 枚の厚さを T (mm) とすれば、

$$P. D. = k'T \dots\dots\dots (3)$$

ここで $k' (=k/T_0)$ もメッシュ数による定数である。 k は金網 1 枚あたりの、 k' は金網の重ね厚さ 1 mm あたりの圧損をそれぞれ意味する。圧損の実測値から求めた k および k' を Table 3 に示す。 k を T_0 と目開き w (mm) の関数、 k' を w のみの関数とみなせば、これらの関係は次の近似式で示すことができよう*5。

Table 3 Pressure drop indices (k) and (k'), assuming direct relation between pressure drop (P. D.) and number (N) or thickness (T) of gauzes in pack by the equation : P. D. = $kN = k'T$

圧損定数の値

Nominal mesh	Index	
	k (mmAq)	k' (mmAq/mm)
60	2.4	8.6
80	3.8	15.8
100	4.4	22.0
120	4.2	26.3

$$k = \frac{A \cdot T_0^B}{W} - C \quad (A, B, C \text{ は定数}) \dots\dots (4)$$

$$k' = \frac{D}{10^F \cdot w} \quad ((D, F \text{ は定数}) \dots\dots (5)$$

本報の実験に用いた金網については $A=4.77$, $B=0.85$, $C=3.63$, $D=72$, $F=3.4$ である。(4), (5) 式と $k=k'T_0$ から T_0 と w の関係が示されるが、実際には両者の関係は次のような単純な形で近似させうる。

*5 式(4), (5), (6)は、メッシュ数が大きく異なる金網相互間については一般に成立しない。

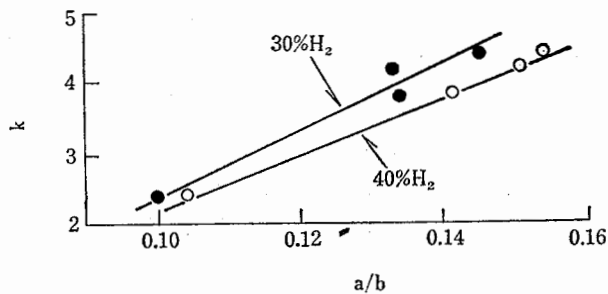


Fig.6 Relation between indicies of pressure drop (k) and quenching ability (a/b)
金網の圧損と消炎能力の関係

$$w = dT_0^f \quad (d, f \text{ は定数}) \dots\dots\dots (6)$$

供試金網については $d=1.138$, $f=1.2$ である。

ところで、 k, k' はいずれも圧損の指標であるが、消炎能力の指標として a/b (Table 2) を用いて圧損との関係を論ずるとすれば、 a/b は金網の枚数についての値であるから k を圧損の指標とせねばならない。

Fig.6 に示すように a/b と k はほぼ直線的に比例するから、 a/b を消炎能力の尺度とすることが妥当であるとして、消炎能力は金網の圧損によることが結論される。この結果をえるために導入した式の定数は実験条件によって変わるにしても、式の基本形は同じと考えてよいから、個々の条件について k と a/b の大体的関係が求まれば、比較的少量の実験から金網の消炎能力の予測が可能となり、安全率の評価も具体化される。

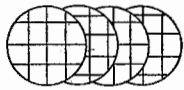
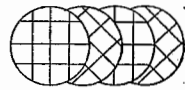
3.5 金網の重ね方の影響

重ね合せた金網の圧損や L. S. P. は、重ね方によって少しずつ異なる。重ね方を同一にすること、あるいは重なり具合を定量的に表現することは不可能と考えられるが、重ね方の影響があまり大きいようなら消炎素子としての適性をも見直す必要がある。従来この点についてはまったく検討されていないので、ごく単純な場合について実験的比較を試みた。

金網の重ね方は、素線の方がすべて同一となる場合(素線が直交)と、隣りあう金網の素線が相互に45度をなす場合(素線が斜交)の二種類とし、枚数は6である。容器の l_1 は約13, l_2 は11cmで、金網の両側を多孔板で補強し、水素濃度は40%である。120メッシュについての結果を Table 4 に示す。実験回数は各々5回ずつである。実験結果からいえることは

- 1) 二種類の重ね方の差を指摘することはできな

Table 4 Effect of packing pattern of gauzes ($N=6, 120 \text{ mesh}$)
金網の重ね方の影響

Pattern	Direction of element wires	
	Parallel	Crossed*
Pressure drop (mmAq)	24.8~28.0 Av. = 27.2	24.8~25.8 Av. = 25.2
L. S. P. (kg/cm ²)	0.3 ~ 1.0 Av. = 0.7	0.5 ~ 0.7 Av. = 0.6
Schematic showing*		

* Crossed with half a right angle against neighbouring gauzes.

い。L. S. P. の平均値はほぼ同じである。しかし、圧損と L. S. P. のバラツキは素線が斜交する場合の方がはるかに小さい。2) この範囲では圧損と L. S. P. が完全な比例関係にあるとはいえない。

同じ枚数で L. S. P. に差を生ずることは、式(1)の形で金網の消炎能力を定量化する際に問題となるように見えるが、こうした差が生ずるのは Fig.5 の直線部分に相当する場合であって、直線の傾きが急であれば L. S. P. の多少のバラツキは枚数と L. S. P. の関係の大まかな把握にはそれ程影響しない。ここではむしろ、金網の重ね方次第で圧損や L. S. P. を再現性よく求めることができそうであるという点に注目したい。そして、他に特に根拠がなければ、金網を素線が交互に斜交するように重ねる方法を採用することを奨めたい。

4. 結 言

金網を消炎素子とする火炎防止器の設計要件を明らかにするため、小形密閉容器中で水素-空気混合ガスについて実験した。主な結果は次のとおりである。

- 1) 混合ガスの初圧の高いほど消炎しにくい。金網の消炎能力の尺度としては、いったん引火させたあと初圧を下げていって求めた引火しない圧力(L. S. P.)を採用すれば安全側である。
- 2) ガス濃度が当量値よりやや高めるとき最も消炎しにくいと考えられる。金網の消炎能力はこの濃度において確認されねばならない。
- 3) 金網の消炎能力は重ね合せ枚数 N とともに増加

し、実用上の範囲においては $L.S.P. = aN - b$ なる近似式で示される。しかし、 N を増しても $L.S.P.$ の増加しない限度があるので注意を要する。 a および b (いずれも正数) は金網の種類やガス濃度により異なるが、 a が大、 b が小なるほど消炎しやすいことを意味し、 a/b は異なる金網の消炎能力の比較に利用しうる。

- 4) 金網による圧損 (P. D.) は重ね合せ枚数とともに増加し、両者の関係は $P.D. = kN$ で近似できる。 $N=1$ のときの圧損 k は金網1枚の厚さと目開きとの関数であるが、この k は上述の比 a/b とともに増減することから、消炎能力は圧損に比例することが示された。

- 5) 圧損および $L.S.P.$ は金網の重ね方により影響される。これらを再現性よく求めるには、隣り合う金網の素線が相互に45度をなすような重ね方が奨められる。

火炎防止器の安全性は、それを必要とする実際の条件下でテストされねばならない。本報の結果は、実験にもとずいて火炎防止器を設計する際や、火炎防止器の安全性をテストする場合の参考となろう。容器の形状・寸法などの因子が金網の消炎能力に及ぼす影響や、実際の装置を用いなくて火炎防止器の安全性を確認する方法などについては、続報で更に検討する。

(昭和50年10月27日受理)

参考文献

- 1) K. N. Palmer, "The quenching of flames by wire gauzes", 7th Symposium (International) on Combustion, 497-503. Butterworth Scientific Publications, 1959
- 2) 林, "火炎防止器に関する研究 (第2報)", 産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-23-3 (1974)
- 3) 林, "圧力重積現象について", 産業安全研究協会安全資料 No. 16 (1971)

産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-24-5

昭和51年1月26日 発行

発行所 労働省産業安全研究所

〒108 東京都港区芝5丁目35番1号
電話 (03) 453-8441 (代)

印刷所 新日本印刷株式会社

UDC 614.838

火炎防止器に関する研究 (第4報)

—金網の消炎能力に影響する因子 (1)—

林 年宏

産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-24-5, 1~9 (1975)

金網を消炎素子とする火炎防止器の設計および試験方法についてのデータをえるため、60~120メッシュのステンレス金網を重ねた場合に対して、消炎能力に影響する2、3の因子について検討した。実験は1インチ短管中で初圧 2 kg/cm^2 (G) までの水素—空気混合ガス (10~60 vol.%) について行ない、金網の消炎能力の尺度は、密閉管中で火炎が阻止される限界の混合ガス初圧とした。この結果、金網の消炎能力は (メッシュ数とは無関係に) 圧損に比例することが示された。また、金網枚数を増しても消炎能力には限度のあることがわかったほか、ガス濃度、金網の重ね方や変形が消炎能力に及ぼす影響について知見をえた。

(表 4, 図 6, 参 3)



UDC 614.838

Interruption of Explosions by Flame Arresters (4th Report)

—Factors Affecting on Flame Quenching by Wire Gauzes (1)—

by T. Hayashi

Research Report of the Research Institute of Industrial Safety, RIIS-RR-24-5, 1~9 (1975)

Flame quenching abilities of packed wire gauzes (nominal mesh 60 to 120) were studied for various mixtures of hydrogen with air, initial pressures up to 2 kg/cm^2 (G), in short 1-inch tube. Maximum initial pressures at which no flame transmission occurred were determined under various conditions, and those pressures (denoted as L. S. P.) were used as the measure of quenching ability of wire gauzes. L. S. P. could be related to number of gauzes in pack or flow resistance of packed gauzes. Effect of other factors such as hydrogen content of the mixture, packing pattern or deformation of gauzes were also discussed.

(4 Tables, 6 Figures, 3 References)

