

硫黄の塵爆発に於ける粉塵の大きさに就て

On the Explosion of Sulphur-Dusts affected by their Sizes.

木 内 俊 二 (Kiuchi SHUNJI)

Abstract :—Since it is plain enough that the finer the size of dusts, the more easily are they led to dust explosion, in our experiments upon dust explosions, we use such fine dust as -200 meshes or -300 meshes without paying any particular attention as to the dust size. The writer has been studying dust explosions of sulphureous flue dusts and in the course of his study, he became to want to have an experimental ground about the effect of dust size upon explosibility. So, the following experiments were carried out from this point of view with commercially pure sulphur dusts by the equipment already reported. The effect of mixing finer dusts upon the explosion limit of coarser dust is always to lower it. On the other hand, the effect of mixing coarser dusts in finer one is, at first, to reduce its explosibility and then, beyond 30 pct. of coarser dust, to promote it similarly to the first case. The accurate descriptions are given in this report with some figures.

1. 緒 言

銅製錬によつて生ずる含硫黄煙灰は屢々コットレル收塵室又は煙道内に於て爆発をおこす事がある。かかる煙煤の爆発に就て予てから実験を行つて来、その実験結果並びにこれより誘導した爆発防止対策を既に報告した⁽¹⁾。其の際、硫黄粉塵の大きさについては特別な考慮を加えることなく、単に標準篩によつて漠然と細粉を得たに過ぎなかつた。然るに後になつて之に関する質問が提出されたので、此処に粉塵の大きさを扱つた実験結果を記述する次第である。⁽²⁾Gibbs は浮游粉塵の粗細の程度に応じて aerosols を三種に分類している。dust. clouds 及び smokes がこれであつて、夫々粉塵の大きさは $d \geq 10^{-3} \text{cm}$, $10^{-5} > d > 10^{-3}$, $10^{-5} > d > d^{-7}$ であり、dust は静止空气中で加速度をもつて落下し、拡散作用をなさず、clouds は Stokes の法則に従ひ、半径に比例する一定速度で落下し、dust と同じく拡散作用はなさないものであり、smokes は活潑にブラウン運動をなし、拡散して沈降しないものとしている。鉦山、製錬所等實際方面に於ては粉塵を dust と fume に分ち、前者は $r \geq 1 \times 10^{-3} \text{cm}$ 、後者は $r \leq 1 \times 10^{-4} \text{cm}$ に区分して居り、炉内の衝風によつて機械

的にガスと共に搬出される鉱石粉、骸炭粉其の他の微粉が主に dust を構成し、炉内で化学的に生成され、又は高温によつて一旦気化して沈澱したものは主として fume を形成するものと考えられて居る。fume を形成するものは金属の塩化物、 As_2O_3 、 AsS 、 ZnO 、 PbO 、free S 其他で煙灰中の S は極めて細いものであり、此の意味に於て試料は -200 目篩又は -300 目篩としたのであるが、細粉になる程、篩下産物が少くなり、研究能率を下げるので、許す程度の粗塵を用ひうれば極めて好都合でもある。又、以下に報告する粗細両硫黄粉の混合物に於ける爆発限界は、篩分試料はすべて或範囲の粒子の混合である点にかんがみ、特に興味を感じたものである。

2. 実 験

実験の方法は既報の煙灰の場合と全く同一であつて、容量約 2l の硝子球の底部に試料容器を置き、之に入つた試料に手押ポンプから瞬間的に圧風を吹きつけて aerosol を生ぜしめ、球中央に装置されたニクロム線の小型電気着火装置により着火するものである。着火装置の温度はニクロム線が硫黄粉にさらされるので、耐久力を考慮して $700^{\circ}C$ を越させなかつた。試料は日本コロイド工業株式会社製の精製硫黄で、乳鉢ですつた後、第一表の標準篩によつて篩分した。篩が完備していない為に 200 目篩から 325 目篩にとんでしまつた事は甚だ遺憾であるが止むを得なかつた。

第一表 篩 分 成 績

目 篩	+80	+100	+150	+200	+325	-325
重量(%)	7.7	9.2	12.4	17.0	41.5	12.4

尚、之等の試料は何れもデシケーター中に長期貯蔵して乾燥後に使用した。

1) 粉塵の大きさと爆発限界の関係

上記の各篩上並びに篩下産物につい

て下部限界を調べて第二表を得た。之を正確に図示することは目篩が幅を持つているために、些さか無理であるが、大勢を見る為に無理に図に示せば第一図となる。着火温度は

第 二 表

$600^{\circ}C$ で、之に対し硫黄の爆発最低温度は大體 $300^{\circ}C$ である。第一図によれば 200 目篩から 300 目篩の間は徐々に変化しているが、200 目篩より大きくなると変化が急激である。これは当然の結果ではあるが、+150 目篩といつた相当にさらさらした粗粉塵でも尙且爆発しうる事が明である。併し乍ら実験を遂行するに當つて 300 目篩の篩下産物を用ひれば粉塵の粗細による爆発下限の変化が極めて小さい所を選んだといふことが言える。

2) 混合物粉塵の爆発限界

粗粉塵と微細粉塵の混合している時の爆発限界は混合比に対して如何に変化するかを知りたいのであるが、実際の場合を考えると著しく大きさの異つた両者が混合しているといふ事は先づないわけである。さればといつて、あまりに似かよつた両者を選ん

目 篩	大気温度	同湿度 (%)	試料重量 (全)	試験結果		
				I	II	III
-325	$13^{\circ}C$	70.5	25	×	×	×
			30	○	○	○
+325	12°	53.7	25	×	×	×
			30	×	×	×
			40	×	○	○
			50	○	○	○
+200	14°	47.0	50	×	×	×
			60	×	×	×
			70	×	×	×
			80	○	○	×
			90	○	○	○
+150	13°	60.0	100	×	×	×
			150	×	×	×
			200	×	×	×
			250	×	×	×
			300	×	×	×
			400	×	○	×
			450	○	×	×
			500	○	○	○

Fig. 1. Relation between the lower limit of explosion and the size of sulphur dust.

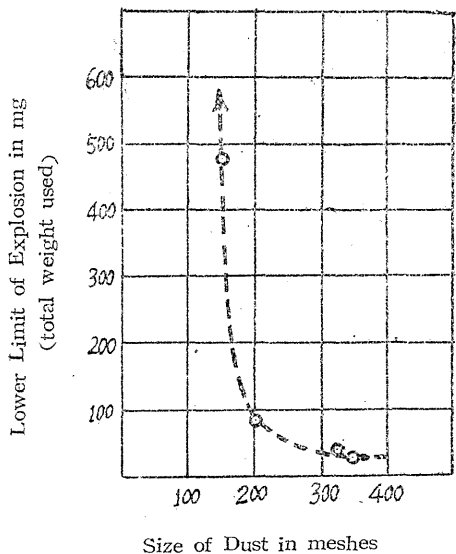


Fig. 2. Diagram of Lower Limit of Explosion of the Dust Mixture composed of two different meshes, (ignited at 600° C.)

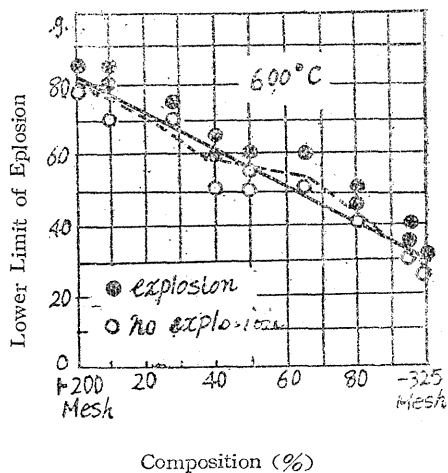


Fig. 3. Diagram of Lower Limit of Explosion of the dust mixture composed of two different meshes (ignited at 700° C).

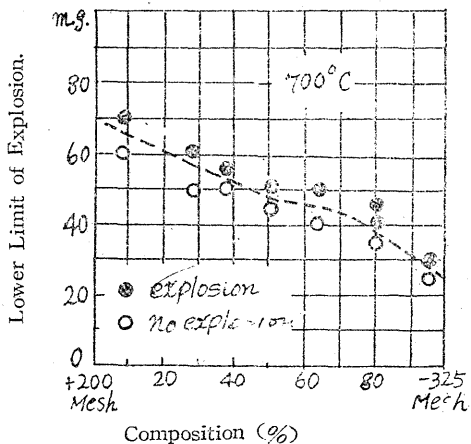
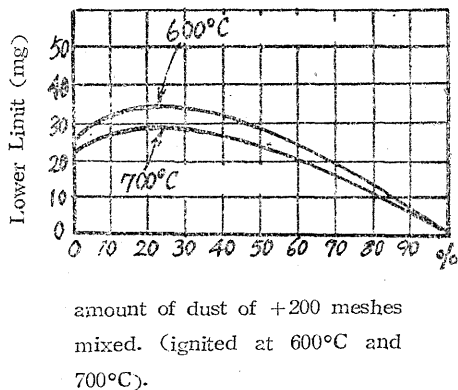


Fig. 4. Lower Limit of -325 meshes dust affected by mixing +200 meshes dust.



だのでは都合が悪い。そこで -325 目篩と +200 目篩を選んで実験した。第二図及び第三図はこれを示すもので、夫々着火温度は 600° C 及び 700° C である。図は合金の二元状態図にならつて横軸に粉塵の組成を % で示し、縦に爆発限界 (mg) をとつてある。両図とも大体に於て直線的關係を思はせる傾向を示している。第四図は -325 目篩の粉塵が +200 目篩の粉塵を混合された場合、-325 目篩についての爆発限界は如何に変動するかを示したものである。これによれば、+200 目篩が 10%、20% と混合されるにつれて、爆

発限界が上昇し、30%を越えると下降している。之は次の様に説明せられる。即ち、-325目篩に+200目篩が混合されると、はじめの中は+200目篩は不燃性不純物と同様に-325目篩の爆発を阻害するのであつて、その為に爆発限界が上昇する。然るに上記の30%を越えるとこの関係は一変して、+200目篩の爆発能力が效力を発揮して次第に爆発を助ける様になり、爆発限界が下降するのである。次に粗粉塵の爆発限界は微細粉の混合によつて下降すべきであるが、この関係は第五図に示される。微細粉塵は粗粉塵より爆発し易いからはじめから爆発を容易にするのである。ここに参考の為に前報告中より硫黄粉塵に不燃性粉塵を混合せる場合を以上の方式に従つて図示すると第六図が得られる。此の場合は感

Fig. 5. Lower Limit of +200 meshes dust affected by mixing -325 meshes dust.

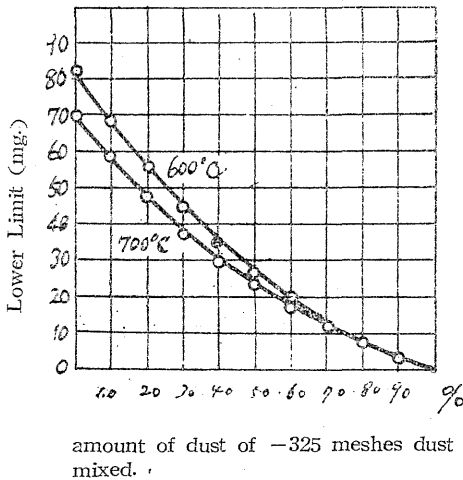


Fig. 6. Lower Limit of Sulphuer dust affected by non-combustible flue dust.

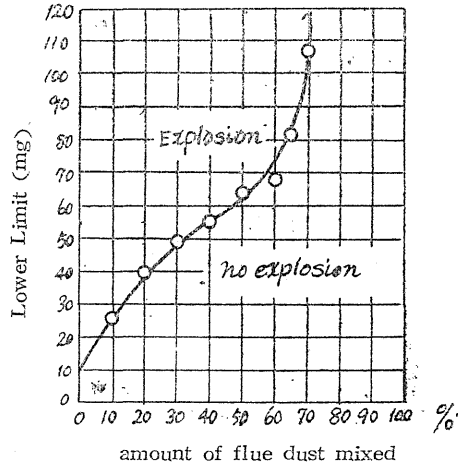
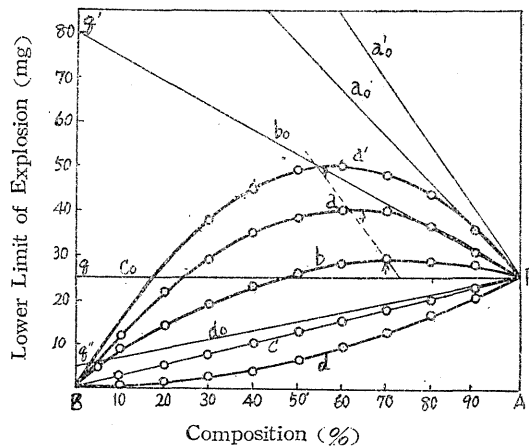


Fig. 7. Universal diagram of the mixture of two different meshes Sulphur dusts



応コイルの火花により着火した場合である。不燃性粉塵が混合されると次第に爆発下限が上昇し、この上昇度は混合50%を越えると著しくなつて遂に殆ど垂直に上昇するに至り75%を越えると感応コイルでは爆発をおこし得なくなるのである。

3. 総括

以上に得られた結果を総括してみると第七図が得られる。図中Aは基本となる粉塵で、Bは之に混合さるべき粉塵である。PはAの爆発限界であつて、Bの爆発限界はBがAより粗粉の時はqより上に、(q')、Aより微細な時はqより下に(q'')示される。Bがq'の爆発限を有する時はAB線上の各組成の粉塵の爆発時限は精密な議論を離れて考えると前述の如く

Pq' ($\equiv b_0$)なる直線で表はされる。而して、この直線に対して、各爆発限界の A のみの量を求めれば下方の曲線 b が得られ、 $A=70\%$ 辺に極大を示す。B が更に粗粉となつて爆発時限が高い時は a_0 及び a_0' の如き直線の関係が得られ、これから夫々 a 、 a' の如き極大値を有する曲線が求められる。即ち B が粗大になる程、極大値が大きく且顕著となり、一方自己の爆発能力を發揮する時期がおくれるわけである。 Pq ($\equiv C_0$)なる直線に対しては BP ($\equiv C$)なる直線が得られ、(此の場合は等大の粉塵を混合したことになる)、B が A より微細になつて、 q' なる爆発時限を示すとすれば、各組成分のそれは Pq'' ($\equiv d_0$)なる直線となり、A の量については d なる曲線が得られる。之は第五図に相当するものである。即ち本図は以上同質混合粉塵のすべての場合を尽しているものであると云えるのである。

4. 結 論

(1) 硫黄の粗粉塵と微粉塵との混合物の爆発下限は二元合金状態図にならつて、両粉塵を主成分として表はせば大体に於て直線的であつて、組成から計算し得る。(当初の予想としては直線的の場合と、クンマンの耐酸限に似た階段的变化をなす場合と両様に考えられたのであるが、結局上の様な結論が得られた。詳細にみると階段らしき所もないではないがその程度は極めて小さく、且本報告に於てそれを肯定するだけの精密性は主張しない方が正しいであらうし又その必要もない。)

(2) 微粉塵に粗粉塵を混合すると、混合量が少い中は粗粉塵は微粉塵の爆発性を弱め、その爆発限界は上昇する。然るに或量に達するとこの上昇は止り、遂に下降する。この下降は粗粉塵も爆発に関与し、微粉塵の爆発を助長することを物語るものである。而して両傾向の境界は粗粉塵が大体 30% あたりから現はれる。

(3) 粗粉塵に微粉塵を混合すると、混合量の如何に係らず、粗粉塵の爆発性は助長されその爆発限界は常に下降する。これは常識上も当然そうあるべきことである。

(4) 不燃性粉塵の混合された時は爆発限界は混合量と共に益々上昇し、一般に或量に達すると上昇は急速となつて遂に不爆発領域を畫するに至る。

(5) 以上の関係を一つのダイヤグラムにまとめて説明した。

最後に本研究は1950年度「銅鋳製煉煙灰の爆発とその防止対策」に対する文部省科学研究費の補助をうけて行つたものの一部である。記して謝意を表すると共に、煙灰の研究は1951年度に於て研究費を申断されたために漸くその緒につき結果を期待されながらも、予定の進行をはばまれている実情にかんがみ、1952年度における補助の復活を切望する次第である。

(昭和27年3月15日受付)

文 献

- ① 木 内 Explosion diagram of Sulphureous flue dust.
(茨城大学研究集報 4 卷 1 号)
- ② 日本鋳業会編 鋳業便覧