

ステンレス粉体の自然発火

化学技術部 環境安全チーム 清水 芳 忠
内 田 剛 史

金属は様々な場面で利用されている。鉄骨等が直接、火災の原因となることは考え難いが、粉体状の金属は酸化されやすいものもあり、火災・爆発の原因となることも少なくない。ここでは、消防法上の危険物と分類されない少量の金属粉であっても、事故の原因となる一例として、ステンレス粉体の自然発火事故をとりあげ、その原因解明を熱分析等により行った結果を報告する。

キーワード：ステンレス、火災、自然発火、金属粉、示差走査熱量計、DSC、蓄熱

1 はじめに

1. 1 背景

金属粉体は、触媒や磁性体などの化学原料として、また研磨屑や切削屑等の廃棄物として様々な場面で取り扱われている。その一方で、金属粉による粉じん爆発や蓄熱火災、水との接触発火や水素発生による爆発などが少なくない¹⁾。

現在は、一部の金属粉が消防法第2類危険物の可燃性固体に分類されているが、この分類では、火災を近づけて危険性を判定する試験法のため、殆どの金属粉が危険物とは判定されない。また、危険物に分類される金属であっても、一度に大量に扱わない限り危険物の取り扱い施設とはならない。そのため、過去に起きた金属による火災事故事例等が、条件によっては少量でも火災・爆発の原因物質となりうるにも関わらず、危険性把握や事故対策に十分に活用されていないのが現状である。本報告では、一般にはさびにくい、つまり酸化されにくい合金として知られているステンレス鋼の事故事例を紹介し、その事故原因を解明する。

1. 2 ステンレス粉体の自然発火事故事例

平成22年8月神奈川県の流量計メーカー工場内において発泡サンドブラスト使用後のステンレス粉体(SUS316)の保管中に火災が発生した。使用済の金属粉は入口シャッター付近で保管され、通常シャッターは閉じられていたが、発災時には、同室で別作業(ポンプ交換)をしていたためシャッターが開放されており直射日光が当たっていたと思われる。

2 実験

2. 1 装置

自然発火は、発熱速度が放熱速度を上まわることで堆積物内部の温度が継続的に上昇し、ついには発火するという

考えに基づいており、これを熱発火理論という。熱発火理論についてはすでに詳しく解説しているため、ここでは省略する^{2,3)}。放熱速度は物質のおかれた状態や環境に左右されるが、今回のように夏場の直射日光下では、輻射熱による試料の温度が上昇しやすく、気温も高いため放熱速度は冬期に比べて小さくなるため蓄熱しやすい。実際に、事故の現場にて同条件のステンレス粉が60~70℃に上昇することが確認されている。そこで本研究では、ステンレス粉の酸化発熱性の解明に重点を置き、示差走査熱量計(Differential Scanning Calorimetry, 以下 DSC)による酸化発熱性の評価を行った。測定には、Mettler社製の加圧型DSC(DSC27HP)を用い、酸素1MPaの加圧条件下で30~500℃まで昇温速度10K/minの測定を行った。なお、試料量は約20mgとした。

2. 2 試料

測定試料は発災したメーカーより提供された未使用・使用後ステンレス粉を利用した。使用前粒径は300μm、使用後粒径は数~10μm程度である(図1)。

3 結果

ステンレス粉の酸化発熱性を評価する目的で酸素加圧下でのDSCを行った。

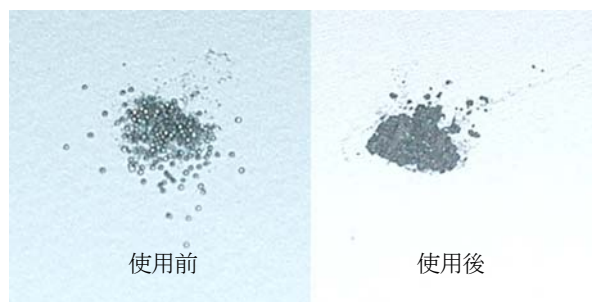


図1 測定に用いたステンレス粉体

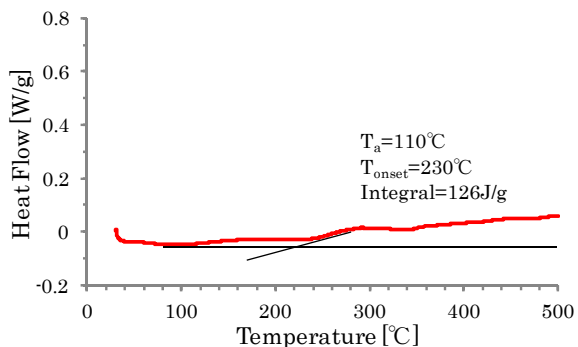


図2 使用前ステンレス粉のDSC測定

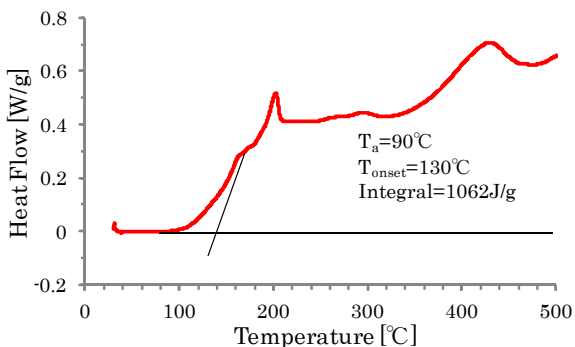


図3 使用后ステンレス粉のDSC測定

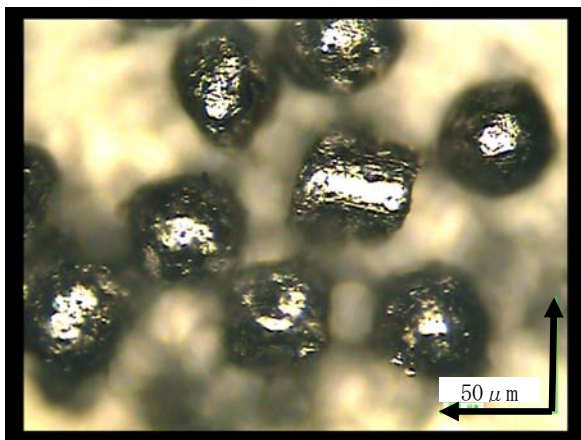


図4 使用前ステンレス粉の光学顕微鏡写真

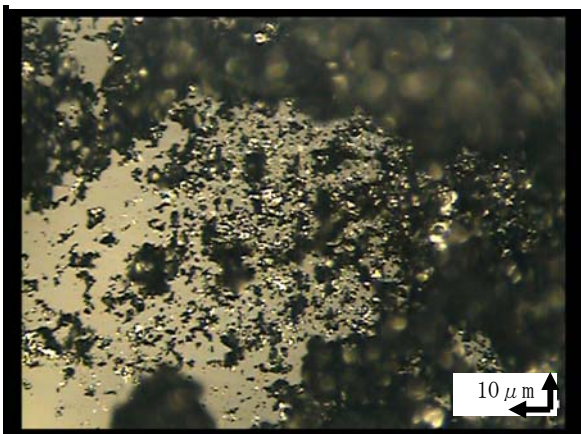


図5 使用后ステンレス粉の光学顕微鏡写真

図2にあるように、サンドブラスト使用前の粒子については、100℃付近より微少発熱が進行しているのに対し、使用後の粒子は、図3に示したように、90℃付近より発熱が開始しており、発熱速度・発熱量共に使用前と比べ非常に大きいことが判った。

通常、ステンレス鋼は含有するクロムが空気中で酸素と結合して表面に不動態皮膜を形成しているため、耐食性が高いとされているが、他金属との接触により電位差が生じ電子のやりとりから容易に酸化が進行することも知られている（電蝕）。サンドブラストの対象が他金属である場合には、それらの研磨粉末との接触による電蝕や、サンドブラスト使用後はステンレス粉体自体の表面も摩耗により研磨され酸化されやすい状態になっていたと考えられる。

そこで、光学顕微鏡により粒子の状態を比較した。図4に示したように、使用前は直径50μm程度の均等な粒子であったが、図5に示したように使用後のものは非常に細かい粉末と直径10μm程度の小さな粒子が混在している状態となっていた。これらの結果より、ステンレス粉体の粉化や不動態被膜の内側の露出により、ステンレス粉体の酸化性が上昇したことも予想される。

したがって、今回の火災事故は、使用前より酸化発熱が起りやすい状態の粒子が、直射日光による温度上昇や気温上昇による放熱速度の低下など悪条件が重なって火災となったと考えられる。

4 まとめ

ステンレス粉体貯蔵中の自然発火事故を例にとり、金属粉の危険性評価を行ったところ、サンドブラスト吹きつけ前後で、粒子形状・粒径は大きく変化した。使用後の粉体は使用前と比べ、酸化発熱開始温度は低下し、発熱量、発熱速度ともに大幅に上昇していることが判った。

以上より、ステンレス粒子の破壊や研磨により酸化危険性が上昇し、かつ保管環境の悪条件が重なり自然発火事故に至ったものと推測される。

この事故事例は、危険物として認識され難い金属粉の中でも、酸化され難いことで知られているステンレスであっても、火災事故原因となり得ることを示した重要な事故事例である。

文献

- 1) 清水芳忠, 若倉正英; Safety & Tomorrow, 101, 47 (2005) .
- 2) 清水芳忠, 内田剛史, 新井充; 神奈川県産業技術センター研究報告, 16, 34 (2010) .
- 3) 清水芳忠, 内田剛史, 新井充; 神奈川県産業技術センター研究報告, 17, 17 (2011) .