

粉碎裝置為粉碎的典型裝置，指運用各種方法將固體顆粒粉碎成為較小的粒子。就整個固體處理工業而言，因不同之目的而採用不同的方法將顆粒減積，例如將合成化學粉磨成粉狀或減積纖維物、藥品的體積均為如此，研磨機在工業上運用極廣。

介紹

1. 使用範圍：研磨裝置如圖 1 所示，物料由進料漏斗進入，經由前置壓碎機之處理，將體積較大的物料處理成較小的，再由進料螺運機、進料容器、旋轉閥進入磁性金屬分離器，磁性金屬分離器將物料中所含金屬雜質分離，以避免金屬雜質在研磨機內部由於撞擊、磨擦而引起火花造成危險。此裝置之研磨機以鎚磨機為例，物料進入鎚磨機之後，經鎚磨機作用，粒徑變小，進入下料儲槽，最後經卸料旋轉閥下料而由接收容器接收。圖 1 並顯示出袋式集塵器及排氣機，集塵器位於排氣機及下料儲槽路徑間，用以收集浮游粉塵。
2. 用途：粉碎機為減積設備的一種，減積係指運用所有方法將固體顆粒切削或粉碎成較小之粒子稱之。就整個固體處理工業而言，因不同之目的而採用不同的方法將顆粒減積，常將巨塊之原礦石粉碎成了加工的尺寸；如將合成化學品研磨成粉狀，或將塑膠板削成了方塊或菱形塊等均是。商業上之產品往往對顆粒之大小有嚴格規定，有時甚至嚴格限定顆粒的形狀，然而，將顆粒減積會增加固體的反應面積。

減積設備可分為：

- (1) 壓碎機。
- (2) 研磨、粉碎機。
- (3) 超細研磨機。
- (4) 切削機。

壓碎機為將大塊固體物料壓碎成小塊固體而言，有初級壓碎機及二級壓碎機之分。初級壓碎將大塊物料變為 6 ~ 10 吋大小 (150 ~ 250 mm)，二級壓碎機再變為 1/4 吋大小 (6 mm)，如圖 2 所示。分類研磨機或粉碎機為將被壓碎機處理過的物料研磨細粉，小於 420 μ m 的大小；超細研磨機為將壓碎機處理過的物料變成 1~50 μ m 大小。

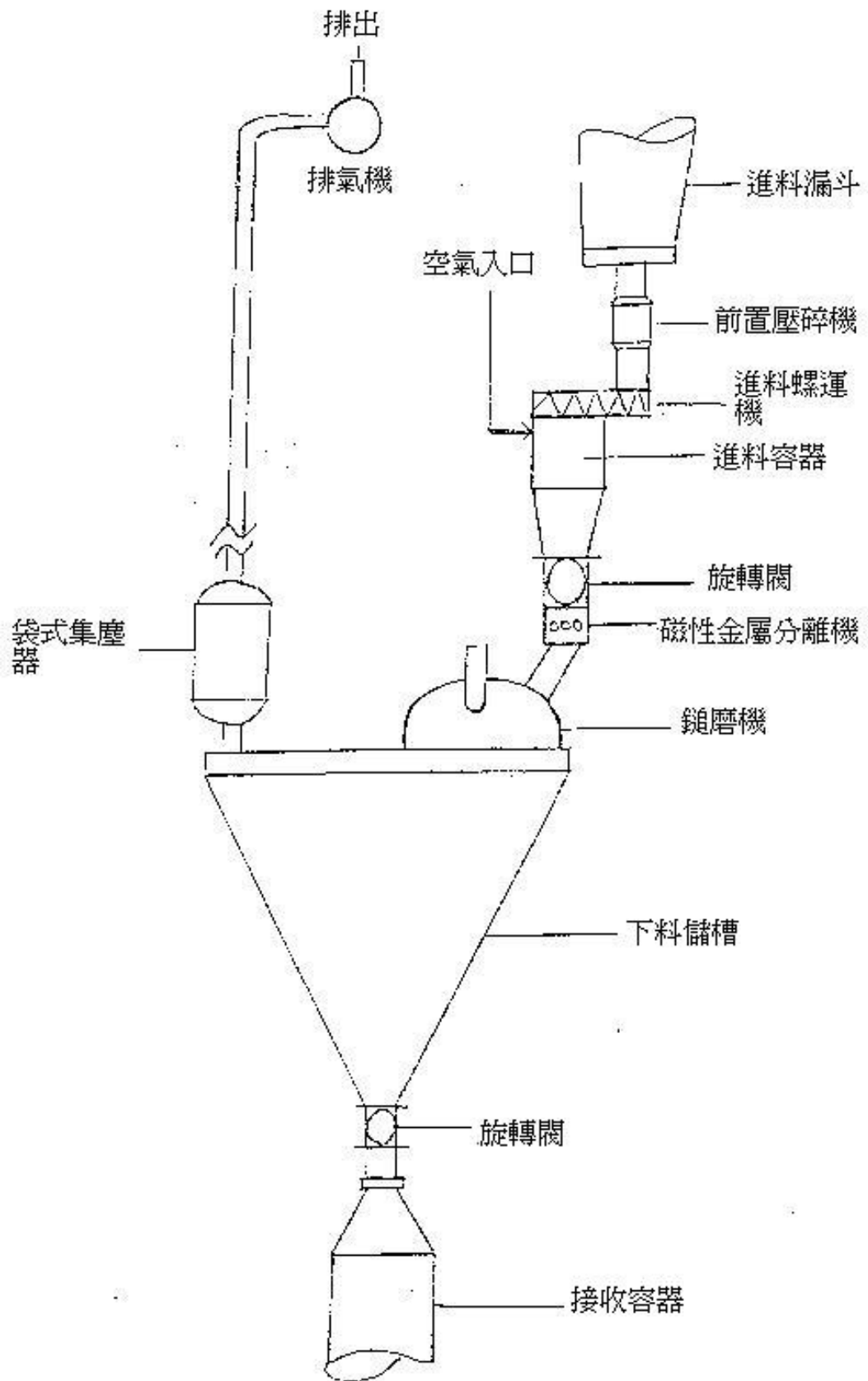


圖 1 研磨裝置

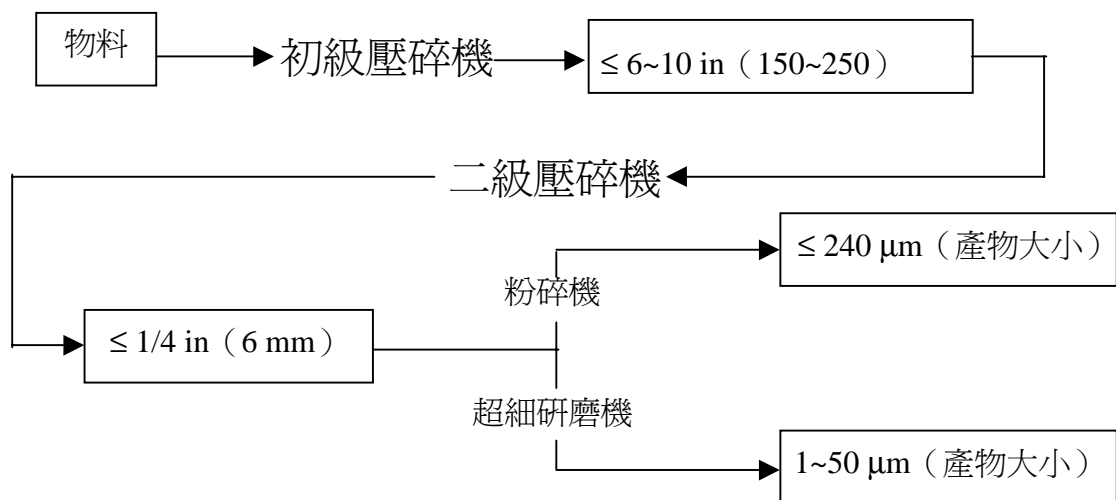


圖 2 減積過程

形式種類

1. 鏈磨機

此類粉碎機在圓筒形殼內裝有高速轉動轉子，轉軸位於水平方向，物料自頂部進入，在鏈磨機內物料被鑲在轉子圓盤的多組擺動槌所粉碎，進入粉碎區的顆粒進料被鐵鎚所粉碎，顆粒變為碎片後，即指向固定在殼內的鐵篩板，而碎裂成更小的碎片，小碎片再被鐵鎚磨成粉末狀，粉碎後的物料自底部開口排出。鏈磨機如圖 3 所示。普通鏈磨機圓盤有 4 至 8 個固定在相同軸上的擺動鎚，鐵鎚可為平直的金屬棒，具有平坦或擴大的尖端，或具有磨尖成切削刀口的尖端，鏈磨機可以研磨任何物質，如橡樹皮或如皮革之韌性纖維質固體、堅硬岩石、膠黏的黏土、鐵屑等。當物料被鐵鎚磨成粉末狀，粉末狀的物料被推出經覆蓋在排出口上的格子或篩網。

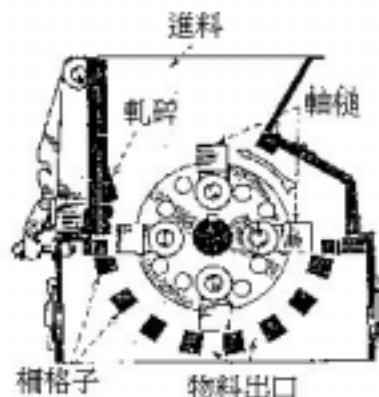


圖 3 鏈磨機

2. 衝擊機

衝擊機與鎚磨機非常類似，但衝擊機物料出口外部不具格子網或篩，顆粒只有被衝擊或粉碎，並無鎚磨機的磨損作用特性。與鎚磨機相似，衝擊機的轉子可在任意方向轉動衝擊機，可用於岩石或礦石之初級研磨，運用時處理速度可達每小時 600

噸。圖 4 為衝擊機。

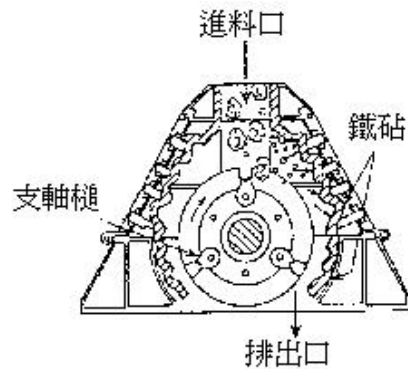


圖 4 衝擊機

3. 輥壓機

此類粉碎機包括輥一環粉碎機、盤球滴磨機及輥磨機等。圖 5 為常用的輥磨機。輥壓機將固體顆粒在輥筒與磨環或外殼面間被含住而粉碎。

圖 5 的輥磨機直立的圓筒形輥筒，以巨大的力向外對著固定的鐵砧環或堅固的環壁上壓動，以適當的速度在圓形環帶轉動，用鏟子將機床上之固體塊鏟起，輸入環與輥筒間進行研磨。利用空氣將產品自粉碎機中吹出，進入分級分離器予以分離，過大的顆粒則回到粉碎機內，以進行更進一步的研磨。至於盤球滴磨機或其它輥磨機，則帶動盤或環，並使輥筒在固定軸上旋轉，可為直拉或水平方向，此類研磨機大都用於石灰石、水泥熔塊或煤碳之研磨。

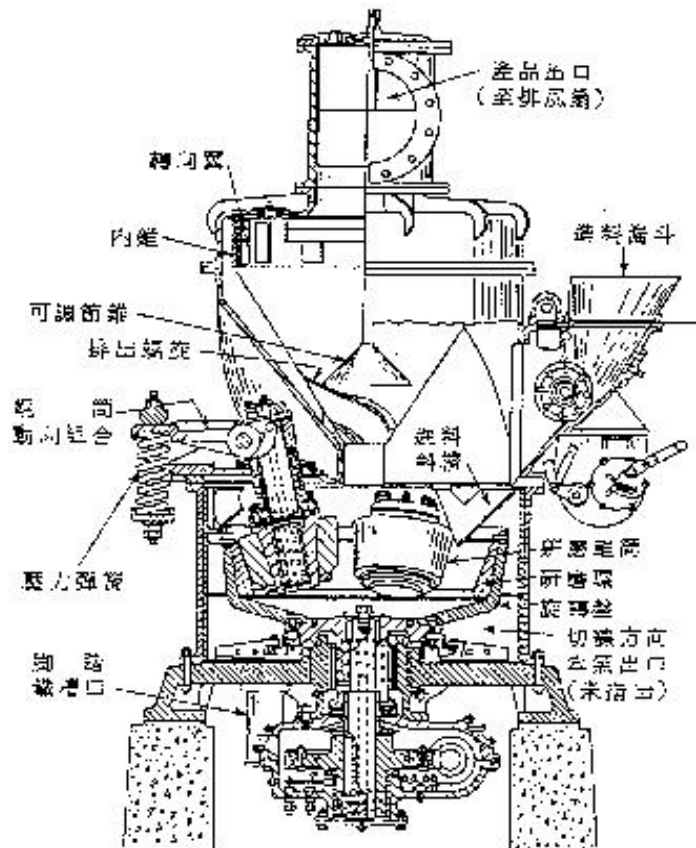


圖 5 輥磨機

危害

潛在危害：在整個研磨裝置之處理過程除了粉碎機及研磨機外，還包括進料、下料、接收及集塵處理過程。在整個研磨裝置內，有可能產生堆積粉體及浮游粉體之處甚多，只要有能量足夠的引燃源存在，就可能使整個研磨單元陷於危險情況。引燃源的產生可能是來自靜電火花、摩擦火花、機械與粉體撞擊產生的撞擊火花或是悶燒團塊，這些引燃源可使堆積粉體發生燃燒、放熱分解或悶燒，亦可使浮游粉體發生爆炸。

使用

以下以研磨裝置為例，說明研磨製程的操作安全及安全應注意的事項，及其防制方法。

研磨製程各單元的操作安全

1. 進料漏斗

由於大量物料進料與壁上有摩擦，會有靜電累積，此部份宜作好靜電防護，如接地等。

2. 鏈磨機

(1) 機器運轉會有碰撞、摩擦所產生之機械火花。

(2) 物料被機械撞擊，有些會產生爆轟，有些會發火或發煙。若物料有爆轟現象，則不能進行任何研磨處理，若物料會發火或發煙，則必須有適當的防護。

(3) 在鏈磨機內部由於機器運轉過久會有過熱現象，機器表面如果有堆積粉體，則可能會有放熱分解，蓄熱、發火現象。

(4) 在研磨機有可能產生火源，所以物料引燃後之燃燒行為必須瞭解，所以必須進行燃燒試驗，而研磨機裡可能因過熱而溫度變高，高溫情況下之燃燒行為與室溫情況下物料之燃燒行為不盡相同，所以除了室溫下燃燒試驗外，也必須作高溫下之燃燒試驗

3. 下料儲槽

此部份在儲槽錐形底部會有粉體堆積，從鏈磨機進入下料儲槽之粉體可能形成浮游粉體，而從鏈磨機來之物料可能有少部份成為赤紅微粒或火花，也有可能外來物因鏈磨機作用，變成引火源，這些危險因素

在儲槽可能引爆、引燃或產生悶燒現象。

有幾個試驗是必須執行的，包括爆炸試驗、悶燒試驗與燃燒試驗。爆炸試驗包括最大爆壓、最大壓力上昇速率，爆炸下限及爆炸上限。最大爆壓與最大壓力上昇速率可以作為防護設備設計上之參考；爆炸下限及爆炸上限可用來作為預防設計應用的數據。燃燒試驗與悶燒試驗若嚴重度超過最低標準，則需裝設灑水系統等防護設備。

4. 旋轉閥

在磁性金屬分離器上及下料儲槽下均須有旋轉閥，旋轉閥必須確定能夠耐最大爆壓。

5. 接收容器

由於下料的關係，接受容器內壁與物料摩擦碰觸產生靜電可能性非常大，必須作好接地，且接收容器的材料必須能耐最大爆壓，以防爆炸將容器破壞。考慮靜電問題，須進行最小點火能量測試，通常最小點火能量小於或等於 10 毫焦耳之物料，須考慮靜電危害，並作防護上之準備，若最小點火能量大於 10 毫焦耳，則沒有靜電危害的問題。

6. 袋式集塵器

集塵器由於有粉體附著於集塵袋，摩擦、碰撞產生靜電累積，若因靜電放電，則有引爆的危險。利用爆炸試驗所獲得的最大爆壓、最大壓力上昇速度等可以使設計者在防護設計時有依據。

7. 排氣機

由於有旋轉的葉片，若排氣機外壁有凹陷，或是排氣機葉片外形損毀導致外壁與葉片碰撞或摩擦產生撞擊火花或摩擦火花，尤其在葉片旋轉速度大於 10 m/s，火花絕對避免不了。若是集塵器集塵袋發生破裂，則粉體可能被送入排氣機內部，被撞擊火花或摩擦火花引爆。排氣機由於體積並不很大，所以可以採抗爆耐爆設計，利用爆炸試驗之最大爆壓數據可提供設計的參考。

研磨操作及製程安全事項

除了使用試驗數據及結果對物質的火災爆炸危害作一瞭解外，在研磨單元有數項重要事項應注意：

1. 點火源必須儘可能遠離、儘可能避免，例如必須將重金屬及其它不相關之雜質從研磨作業過程中除去，可以在研磨機中裝置磁性或磁感應

- 性分離裝置、過濾器、前置安全研磨裝置處理。
2. 過濾袋開口絕對不能向工作區域，且必須裝置於防爆房（空間）或置於研磨機作業時無法進入的區域。
 3. 工作區域之電氣裝置必須具有防塵防爆功能。
 4. 生產製程區域必須保持地板、牆壁、機器之零件部份的清潔儘量避免粉塵堆積，若有粉塵堆積必須迅速移去。

相關法令、標準

勞工安全衛生設施規則

第七十六條：為防止勞工有自粉碎機及混合機之開口部份墜落之虞，雇主應有覆蓋、護圍、高度在九十公分以上之圍柵等必要設備。但設置覆蓋、護圍或圍柵有阻礙作業，且從事該項作業之勞工配戴安全帶或安全索以防止墜落者，不在此限。

為防止由前項開口部份與可動部份之接觸而危害勞工之虞，雇主應有護圍等之設備。

第七十七條：雇主對於自粉碎機及混合機，取出內裝物時，除置有自動取出內裝物之機械外，應規定勞工操作前，應使該機械停止運轉。但基於作業需要該機械不能停止運轉，且使勞工使用工具取出內裝物時不致危及勞工安全時不在此限。

第八十四條：雇主於施行旋轉輪機、離心分離機等週邊速率超越每秒二十五公尺以上之高速迴轉體之試驗時，為防止高速旋轉體之破裂之危險，應於專用之堅固建築物內或以堅固之隔牆隔離之場所實施。但試驗次條規定之高速迴轉體以外者，其試驗設備已有堅固覆蓋等足以阻擋該高速迴轉體破裂引起之危害設備者，不在此限。

第一七三條：雇主對於有危險物或有油類、可燃性粉塵等其它危險物存在之虞之配管、儲槽、油桶等容器，從事熔接、熔斷或使用明火之作業或有發生火花之虞之作業，應事先清除該等物質，並確認無危險之虞。

第一七五條：雇主對於下列設備有因靜電引起爆炸或火災之虞者，應採取接地、使用除電劑、加濕、使用不致成為發火源之虞之除電裝置或其它去除靜電之裝置：

1. 灌注、卸收危險物於液槽車、儲槽、油桶等之設施。
2. 收存危險物之液槽車、儲槽、油桶等設備。
3. 塗敷含有引火性液體之塗料、粘接劑等之設備。
4. 以乾燥設備中，從事加熱乾燥危險物或會生其它危險物之乾燥物及其附屬設備。
5. 易燃粉狀固體輸送、篩分等之設備。
6. 其它有因靜電引起爆炸、火災之虞之化學設備或其附屬設備。

第二九二條：雇主對於有害氣體、蒸氣、粉塵等作業場所，應依左列規定辦理：

1. 工作場所內發生有害氣體、蒸氣、粉塵時，應視其性質，採取密閉設備、局部排氣裝置、整體換氣裝置或以其它方法導入新鮮空氣等適當措施，使其不超過勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準規定。如勞工有發生中毒之虞時，應停止作業並採取緊急措施。
2. 勞工曝露於有害氣體、蒸氣、粉塵等之作業時，其空氣中濃度超過八小時日時量平均容許濃度、短時間時量平均容許濃度或最高容許濃度者，應改善其作業方法、縮短工作時間或採取其它保護措施。
3. 有害物工作場所，應依有機溶劑、鉛、四烷基鉛、粉塵、特定化學物質等有害物危害預防法規之規定，設置通風設備，並使其有效運轉。

災害案例

從事活賽環研磨作業時不明原因倒地死亡災害

1. 行業種類：汽車零件製造業
2. 災害類型：無法歸類者
3. 媒介物：不能分類
4. 罹災情形：死亡一人男，五十歲，工作年資為二十六年七個月
5. 災害發生經過：

八十五年十一月二十七日下午四十三十分，台北縣中和市某交通工業公司鑄造課第二班班長甲油鑄造課到製一課洽公，回程經過雙面研磨機時，見作業以倒在機台旁，便彎腰察看，見其左前額眉毛上有小傷

口流血，乃伸手按機台之停止開關予以停機，會同同事將乙送中和弘光醫院急救，再轉三軍總醫院治療，又轉送台安醫院繼續治療，延至十一月二十九日凌晨死亡。

該雙面研磨機之作業方式為作業員將盛裝活塞環之木箱放在可調式升降台上，便坐在長一一五公分、寬五八公分、高五〇公分之工作台上之座椅，手拿鐵鉤串好一些活塞環，將其放到自動下料架上以便研磨，然後走下來到機台之山料口，抽檢活塞環之厚度以控制品質，又回到工作台上放置活塞環如此反復作業。

6. 災害發生原因：

- (1) 依據台安醫院死亡證明書記載：罹災者死亡原因為腦蜘蛛網膜下出血，疑似腦動脈瘤破裂。
- (2) 罹災者坐在工作台上之座椅上從事活塞環之研磨作業時，由於不明原因倒地頭部碰觸機台，送醫急救治療無效死亡。
- (3) 未訂定自動檢查計畫，實施自檢
- (4) 對勞工未實施安全衛生訓練，勞工安全衛生知識不足。

7. 防止災害對策：

為防止類似災害發生，有採取下列措施之必要。

- (1) 應訂定自動檢查計畫，對使用之設備及其作業隕施自動檢查。
- (2) 對勞工應實施從事工作所必要之安全衛生教育、訓練，並將本案列入訓練教材，提高勞工安全衛生知識，防止類似災害發生。

主要參考資料

1. Vinit Mody and Raj Jakhete, 1988; "Dust Control Handbook", ISBN 0-8155-1182-5, Noyes Data Corporation, NJ, USA.
2. F. P. Lees, 1996; "Loss Prevention in the Process Industries", 2nd Edition, ISBN 0-7506-1547-8, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, Vol. 1: 3/12-16.
3. R. K. Eckhoff, 1997; "Dust Explosions in the Process Industries", 2nd Edition, ISBN 0-7506-3270-4, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK.