

微區域分析應用於污染源鑑識之研究-以電弧爐煉鋼業為例

Research on Application of Micro-area Analysis in Identification of Pollution Sources : An Example of Electric Arc Furnace Steelmaking Industry

葉玉珍(Y.C,Yeh)¹, 尤仁昶(R.C, You)¹, 蕭旭助(X.Z, Xiao)¹, 徐美榕(M.R, Hsu)¹,
黃豐文(L.W, Huang)¹, 王弟文(D.W, Wang)¹, 郭季華(C.Y, Kuo), 顏振華(J.H, yan),
張瑞君(J.C, Chuang)²

¹ 行政院環境保護署環境檢驗所 ycyeh@epa.gov.tw

² 行政院環境保護署毒物及化學物質局

摘要

本所為建立電弧爐煉鋼業副產物基本資料及發展塊狀樣品微區域分析應用於污染源鑑識技術，111年針對國內4家碳鋼、3家不銹鋼、1家特殊鋼及2家鑄鋼製程共51件樣品進行分析，因副產物氧化渣及還原渣(簡稱爐渣)均屬高溫製程無有機特徵，遂將樣品均質化後，以X-射線螢光分析儀(XRF)分析化學組成，分析結果碳鋼、不銹鋼、特殊鋼爐渣的Ca/Si含量比均大於0.5，主要元素是Fe、Ca、Si、Mg、Al及Mn，氧化渣的Fe含量高，尤其碳鋼製程Fe含量達15~21%。還原渣因屬煉鋼製程第二階段精煉之爐渣，其鈣含量特高(28~36%)、Fe含量低(約3%以下)、Mn含量(約1%以下)較氧化渣低1個級數。以X-射線粉末繞射儀(XRD)分析均質化後樣品之結晶物種，分析結果氧化渣及還原渣常見結晶物種為矽酸鹽類，如矽酸鈣(Ca₂SiO₄)、鈣鎂矽酸鹽(Merwinite, Ca₃Mg(SiO₄)₂)、鈣鎂鋁矽酸鹽(Gehlenite, Ca₂Mg_{0.25}Al_{1.5}Si_{1.25}O₇)等及碳酸鈣(CaCO₃)，碳鋼製程氧化渣含有氧化鐵。會造成體積膨脹的氧化鎂(MgO)，不僅僅存在於不銹鋼製程的還原渣，碳鋼製程的還原渣亦有發現；浮渣劑氟化鈣(CaF₂)中的氟元素，以Cuspidine, (Ca₄(Si₂O₇)(OH)_{0.5}F_{1.5})或CaF₂結晶物種存在於不銹鋼及2家碳鋼製程之還原渣中(氧化渣中沒有發現)；特殊鋼製程除使用CaF₂作為浮渣劑外，還有使用鋁氧化物，其還原渣中鋁含量明顯偏高(約6~7%)，有比對到特殊的結晶物種鈣鋁氟氧化物(Fluormayenite, Ca₁₂Al₁₄O₃₂F₂)，明顯與其他還原渣不同。

塊狀爐渣質硬但切割時又易崩解，本計畫經多次嘗試建立塊狀樣品製備技術，以樹脂鑲埋固定硬化、切割後之切面，透過立體顯微鏡放大圖片觀察樣品切面縱向特徵，並以銅膠標示分析位置，提供掃描式電子顯微鏡-微區X-射線螢光-元素分析儀(SEM- μ -XRF-EDX, 黑白影像)及微區X-射線繞射分析儀(μ -XRD, 彩色影像)二者不同設備分析位置整合。以往將樣品均質化研磨後分析時無法看到的無機特徵，如在鑲埋切面可看到如暴露在塊狀爐渣表面的鐵為氧化鐵、包覆在爐渣中的鐵亦有大小不一或微粒且未氧化的鐵金屬、不銹鋼製程還原渣中會造成體積膨脹的活性的氧化鈣(CaO)、氧化鎂(MgO)結晶相分佈在爐渣中許多白色區域，爐渣中的矽酸鈣(Ca₂SiO₄)結晶相因分段冷卻，轉變成不穩定的矽酸鈣(γ -Ca₂SiO₄)結晶相亦會體積膨脹等^(1,2)；集塵灰為均質極細粉末，未進行鑲埋，在掃描式電子顯微鏡的影像中，呈現許多圓形實心狀微米大小的金屬鐵。

關鍵字：電弧爐、氧化渣、還原渣

Keywords : Electric arc furnace、oxidizing slag、reducing slag