

分析基礎知識： 10種需要火花OES才可獲得精確分析結果的元素





介紹	01
成分分析的主要技術.....	02
10種需要火花OES才可獲得精確分析結果的元素	04
投資火花OES以實現未來靈活性	08
日立的火花OES解決方案.....	10
日立簡介	16

介紹

程序控制、材料可靠性鑒定 (PMI)、品質控制、資產完整性管理、材料分類、廢料回收、根本原因分析和新材料開發均依賴於精確的元素分析，才可確保正確的規格、性能和法規合規性。商用掌上型、移動式和固定式分析儀可用於實現此任務，還有許多產品可滿足各種行業和應用領域的需求。

金屬元素分析主要採用三種技術——LIBS、OES和XRF，每種技術都有其確保品質和安全的作用。鑒於此類技術具有不同的優勢，似乎很難選擇合適的技術。對不同元素的分析需求加以瞭解將有助於針對具體的應用領域選擇合適的技術。

本指南將討論關於10種需要火花OES才可獲得精確分析結果的元素、此等元素可能出現的情況，以及在分析此等元素時必須獲得精確結果的原因。



元素分析的主要技術

上述三種主要技術都以類似的方式發揮作用——作用於材料表面，並在原子層級相互作用，以檢測存在的元素。每種技術都有其優缺點，我們將在下面對此進行探討：

X射線螢光 (XRF)

XRF技術用於驗證多種樣品的化學成分，包括金屬、非金屬、粉末、液體、固體、溶液和糊劑。XRF是一種完全無損的技術，即使對於成品部件，此種技術也可在不造成其表面損傷的情況下對其進行檢測。掌上型和臺式分析儀均可供使用，此種技術非常適合用於管道工程，因其可對熱樣品進行精確分析。

XRF光譜儀的局限性在於其檢測輕元素的準確性不高，輕元素通常被認為是原子序數小於11的元素，如鋁 (Al)、矽 (Si) 和鈣 (Ca)，以及稀土元素，如鈰 (Ce) 和鉺 (Er)。另一個潛在的缺點是，XRF光譜儀依賴於X射線技術，而且此款分析儀可能需要獲得許可，這可能比較麻煩。

直讀光譜儀 (OES)

與其他兩種技術相比，OES技術的最大優勢在於其能夠檢測最廣泛的元素。對於鋼材中的所有重要元素（包括碳 (C)、硼 (B)、磷 (P) 和氮 (N)），OES技術可在超低檢測含量的情況下實現極高準確度。實質上，OES可檢測出其他技術會漏檢的痕量元素的存在。

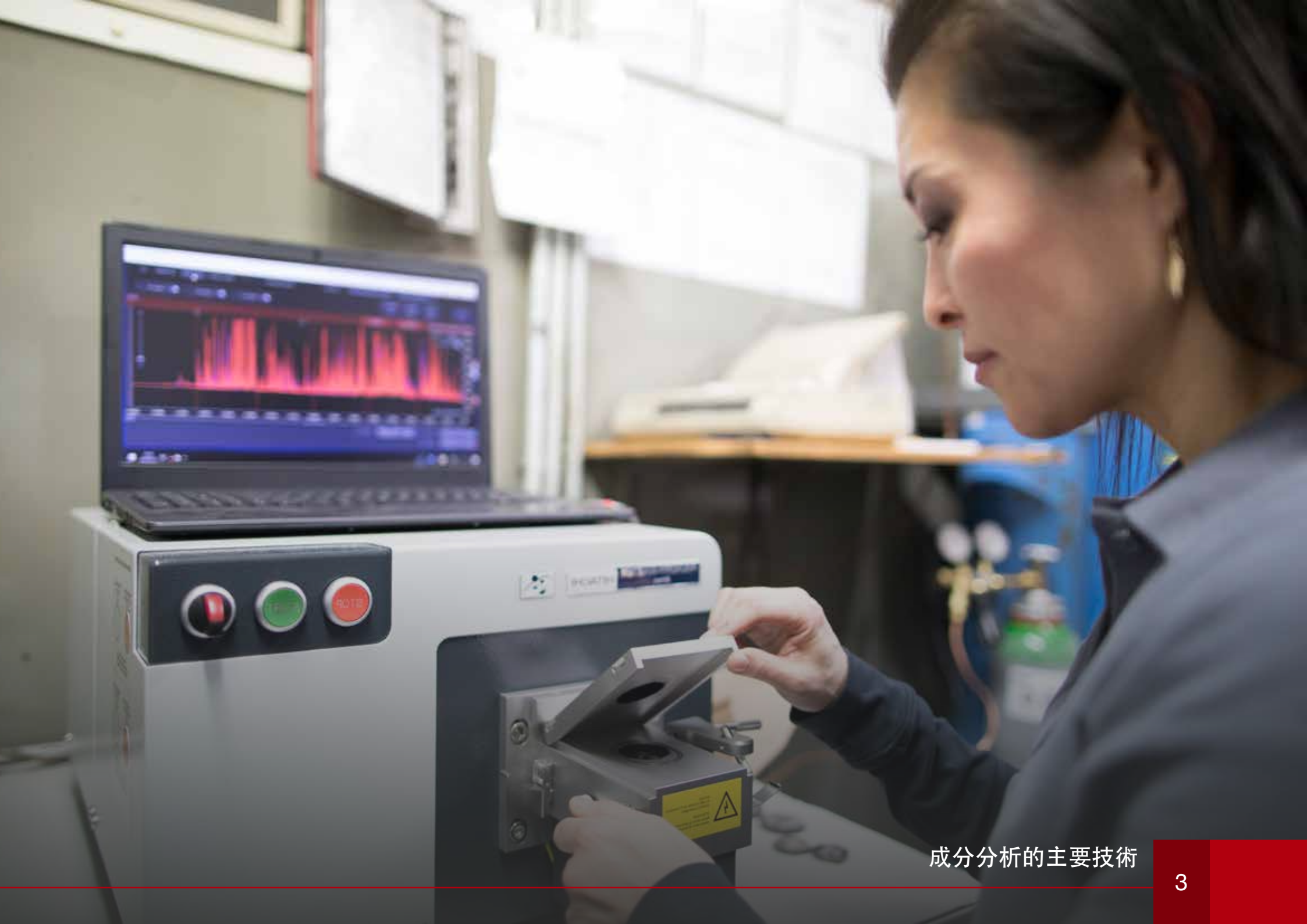
OES擅長分析金屬和非金屬元素，但只能分析金屬的基體材料。這是因為OES的工作原理是在材料表面進行放電，所以基體材料必須具有導電性。OES像LIBS一樣會在表面留下可見的激發斑點，因此不適用於成品。最後，OES設備往往體積更大，所需的能源更多，並且該技術需要氬氣供應。

本質上，OES能檢測到其他技術會遺漏的痕量元素。

鐳射誘導擊穿光譜 (LIBS)

LIBS分析的主要優勢是速度快。借助掌上型LIBS光譜儀，可在一秒鐘內獲得結果——這在分析大量零件或分揀一堆廢料時是一大優勢。這正是LIBS最擅長的領域，尤其是該技術在測量大多數鋁合金時非常精確。LIBS不像XRF那樣完全無損，LIBS測量會在表面留下一個很小的鐳射斑點，因此人們不會在極為注重外觀的成品部件上使用LIBS。

此項技術需要在無污染物的固體表面進行測量。目前的LIBS技術的主要缺點在於其根本無法測量某些元素，如氧 (O)、氮 (N)、氫 (H)、砷 (As)、磷 (P)、硫 (S) 和硼 (B)。



10種需要火花OES才可獲得精確結果的元素

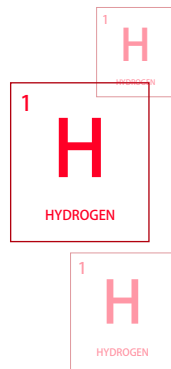
氣體元素：

1. 氫

以鈦合金為例，分析時需要非常小心地控制氫元素含量。氫元素可與鈦基合金的結構相互作用，導致機械降解和斷裂，尤其是在高溫下亦如此。因此，不同牌號鈦均設有氫元素最大值。對於許多牌號鈦，如1號鈦，其中的氫含量限值為0.15%，但對於醫用鈦，如2、3號鈦，合金中的氫含量必須低於0.125%。

對於鋼而言，溶解在固態鋼中的氫會在焊接時立即或在焊接後短時間內導致冷裂紋，尤其是在熱影響區（HAZ）的碳錳鋼中亦如此。這也可能延伸至焊縫中。

使用XRF或者LIBS技術都無法檢測出氫元素，因此OES技術是最好的選擇。某些OES儀器不具備氫元素檢測能力，因此需要仔細檢查產品規格。另一種選擇是燃燒分析法，但此種技術難度更大，所需的儀器比OES光譜儀更加昂貴



2. 氧

除非使用燃燒分析法，否則氧元素也可能像氫元素一樣難以分析。分析銅熔體時需要減少氧含量，因為高含量的氧會影響導電性、可塑性和耐腐蝕性；如果銅將用於電氣應用領域，這一點尤其重要。

對於鈦牌號，通常規定其中的氧含量為0.2%左右，以增加強度。在日立火花OES光譜儀系列中，OE750能夠分析氧元素。

3. 氮

監測鋼中的氮含量極其重要；氮的存在與否會影響強度、耐腐蝕性和可加工性，因此必須對氮含量加以控制以適應應用領域。雙相鋼中的氮是一種重要的合金元素，可形成優異的耐腐蝕性和強度等關鍵特性。然而，不正確使用雙相鋼將產生問題，尤其是在低溫下亦如此。精確測定鋼中氮成分對於熔體控制和來料檢驗至關重要，可避免材料混淆。火花OES是燃燒分析法的一種合適的替代技術，OE750等最先進的儀器可滿足旨在管控鋼中氮含量的ASTM E415規範的要求。

氮是鈦牌號中的一種合金元素，其存在會影響焊接性。根據具體的鈦牌號，其中的氮含量通常保持在0.02%至0.05%之間。



金屬和非金屬元素

4. 硼

硼是一種輕元素，且XRF或LIBS無法檢測出硼，只有OES才能檢測出硼。在金屬檢測中，必須小心控制硼在低合金鋼和碳鋼中的存在。一方面，硼在提高碳鋼的淬透性方面非常有用，只要3ppm的硼便可產生巨大的影響。因此，含硼鋼通常用於車輛的安全杆、立柱和儀錶板。

然而，當硼的含量上升時，其會從鋼中分離出來，並沉澱在晶界內。僅僅5ppm的硼就會降低淬透性、降低韌性、導致脆化並導致焊縫開裂。因此含硼鋼不能用於大型結構，並且已制定適當的法規確保這一點。

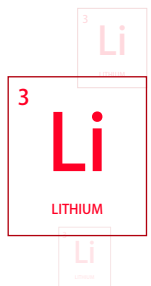
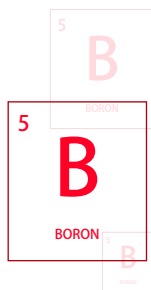
5. 鋰

對於鋁基合金而言，鋰是一種有問題的雜質。首先，鋰會導致鑄造問題，影響孔隙率。熔融鋁中鋰的存在會影響氧化速率，並對鑄造產品產生不利影響。

在加工線更下游的工序中，鋰會在熱軋過程中導致脆化。在最終應用領域中，鋰會導致焊接性問題，從而導致電弧不穩定；即使鋰的含量低於5ppm，其也會導致鋁箔在潮濕條件下變色。

在製造過程中，尤其是對於8090系列，需要進行進料和出貨檢驗，而且在金屬回收過程中，鋰鋁需要分離，因為鋰含量超過5ppm的任何物質都會導致鑄造回收原材料的問題。

由於鋰是一種輕元素，因此XRF無法對其進行分析。LIBS可檢測出鋰的存在，但難檢測出低濃度鋰。中高端OES光譜儀可檢測含量低至1ppm的鋰。



6. 鈹

鈹是銅中一種重要的合金元素，其主要功能是抵消銅成分在長期受熱後的弱化。因此含鈹銅被用於發動機、飛機和洗衣機的電連接器。

鈹的含量取決於銅的牌號，銅的牌號通常分為兩類：高強度牌號和高導電性牌號。高強度牌號銅的鈹含量通常不足2%，而高導電性合金（如鋁合金174）的鈹含量可低至0.15%。

測量銅中如此低含量的鈹對LIBS光譜儀而言是一項挑戰。然而，由於鈹被認為是對人類毒性最大的化學物質之一，因此瞭解杆材或金屬棒等中的鈹含量是一項重要的健康和安全措施。OES光譜儀的基本功能包括精確檢測鈹含量是否適當，確保適當的合金最終用於正確的應用領域，並防止任何健康和安全事故。



7. 碳

碳是鋁中的一種雜質，在鋁中形成碳化物，碳化物遇水分解，會導致表面點蝕。然而，檢測鋼（包括碳鋼和鎳鉻鋼）中碳含量的需求最為廣泛。

鋼材按含碳量分類；低碳鋼（L）用於耐腐蝕，高碳鋼（H）用於提高強度。低碳鋼與高碳鋼之間的差異非常小；低碳鋼要求含碳量在0.03%或以下，高碳鋼則要求含碳量在0.04%至0.1%之間。

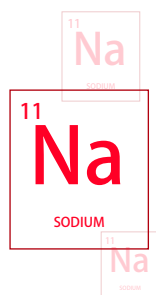
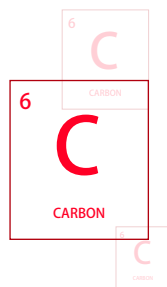
首先，需要能夠可靠地檢測上述含碳量的分析儀。但是，由於“碳當量”（CE）的概念，碳的分析並不十分簡單。此處，在計算“碳當量”值的公式中使用了其他合金元素的精確成分。該值用於預測材料在高溫加工時的性能。

XRF無法檢測出碳。OES在檢測碳和用於CE計算的所有合金元素方面具有卓越性能。LIBS更像是一種中間技術。LIBS可用於檢測碳，但是此項技術缺乏OES的精確度。對於CE計算，LIBS完全無法檢測出一些關鍵元素，例如硼。

8. 鈉

鈉是鋁合金中的一種雜質。在鋁熔煉和鑄造過程中保持低鈉含量至關重要，否則會導致熔體損失。鋁合金中可接受的鈉含量屬於低ppm範圍；在熱軋過程中，僅少量ppm的鈉即可導致裂紋，如果焊絲中的鈉含量超過10ppm，焊弧會變得不穩定。

作為一種輕元素，鈉屬於太輕而無法被XRF檢測出的一類元素，而LIBS也難檢測出鈉。火花LIBS同樣是最好的選擇，有些LIBS儀器的檢出限（LOD）為1ppm或更低。



OES在检测碳和用于CE计算的所有合金元素方面非常出色。

10種需要火花OES才可獲得精確分析結果的元素

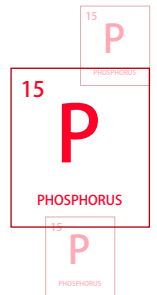


9. 磷

鋼中的磷可能有害或有益，這取決於應用領域和成型工藝。例如，加入磷可提高機械加工性和耐腐蝕性，加入少於0.2%的磷可提高低碳薄鋼板的抗拉強度。但是磷也會導致脆化，從而導致延展性降低。某些鋼特別容易脆化，如高強度低合金鋼，此類鋼的磷含量必須限制在0.02%以下。

對於鋁壓鑄件，磷會污染含鋁和含鈉變質劑，大幅降低其在鑄造過程中的效果。這可能導致鑄造產品形成次優熔體結構和較差的性能特性。

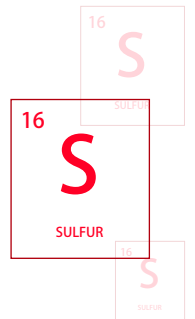
磷是一種相對較輕的元素，XRF很難檢測出鋁合金和碳鋼中的磷含量。LIBS光譜儀根本檢測不出磷。火花OES能夠檢測出鋼合金中低ppm含量範圍內的磷。



10. 硫

硫在鋼中被視為雜質還是被視為所需元素取決於相關用途。在接受焊接的低合金鋼中，硫被歸類為雜質，其含量必須保持在0.05%以下。當硫含量高於0.05%時，鋼會變脆，焊接完整性會受損。然而，易切削鋼中會特意添加含量為0.10%至0.30%的硫，以改善機械加工性。

硫的原子品質相對較低，因此儘管XRF可檢測出硫，但難以達到檢測鋼所需的超低檢出限。LIBS根本無法檢測出硫。火花OES同樣是唯一能夠以所需精度可靠地分析金屬中硫含量的技術。



投資火花OES以實現未來靈活性

除上文討論的元素之外，火花OES還是唯一一種擅長檢測其他更稀有元素的技術。下文簡要介紹可能會越來越多地在金屬合金中使用的七種元素。

22
Ti
TITANIUM

鈦

鈦是一種極其耐用的輕金屬，比標準低碳鋼更堅固，但重量只有低碳鋼的55%。由於鈦具有較高的生物相容性，其已被廣泛地應用於醫療器械中，但預計鈦將更普遍地用於車輛和飛機，以滿足減輕重量從而提高效率的需要。

23
V
VANADIUM

釩

在使用碳當量計算法時，可能已開始查看釩，因為釩是一種變質元素。釩也被用作鈦合金中的穩定劑，並與鋁和鈦混合，形成一種用於噴氣發動機的超強合金。釩鋼非常堅韌，而釩合金用於製造核反應爐。

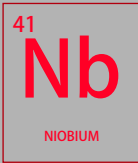
42
Mo
MOLYBDENUM

鉬

此種銀白色的硬金屬有許多用途；鉬被添加至鈷合金中以增強強度，其還可被添加至鈦合金中作為穩定劑。鉬是雙相鋼中的四種合金元素之一，用於碳當量計算法。鉬鉍合金鋼具有優異的耐腐蝕性和抗拉強度，因此可用於建築和汽車應用領域。



火花OES是唯一擅長检测其他如稀有元素是否存在的技术。



鈮

由於鈮的表面會形成一層保護性氧化物，因此鈮天然地極其耐腐蝕。鈮可提高不銹鋼合金的強度，用於噴氣發動機、火箭和管道。鈮還具有超導特性，越來越多地應用於粒子加速器和磁共振掃描器中。



鉭

鉭與鈮一樣具有極高的天然耐腐蝕性，這要歸功於其表面易於形成的一種堅固的氧化物。正是由於此種高度絕緣的氧化物，鉭廣泛應用於電子設備，尤其是手機。鉭也能生產用於超音速飛機的異常堅固的合金。



鈦

此種高熔點金屬在高溫應用領域中有多種用途。鈦的抗腐蝕能力和吸收中子的能力使其廣泛應用於核反應爐。將鈦用於“高溫合金”中有助於提高後者的高溫使用性能，因此鈦用於噴氣發動機的渦輪葉片。



鎢

在所有金屬中，鎢的熔點最高，鎢在過去一直被用於燈絲。如今，鎢合金被用於高溫應用領域，包括電弧焊和熔爐。由於碳化鎢具有極高的硬度，因此許多切削工具均由碳化鎢製成，並且碳化鎢的新應用領域正在開發中，例如牙鑽。

可使用OES光譜儀分析所有上述元素。隨著材料規格和應用發生變化，需要確保所選擇的分析儀具有較寬的波長範圍，以便涵蓋目前和將來需要分析的所有元素。



日立的火花OES解決方案

日立的火花OES光譜儀系列在德國設計和製造，可提供精確的金屬成分分析，以便可靠地分析元素，甚至是更稀有的元素，以完成工作。日立提供固定式、移動式和可攜式OES光譜儀，可用於生產過程中需要金屬合金化學成分分析的大多數方面，包括初級生產商、鑄造廠、壓鑄廠和製造廠。

固定式OES



OE750

突破性的OE750涵蓋了金屬元素的全部光譜。此款火花光譜儀具有同類產品中的最高光學解析度，能夠識別金屬中含量極低的雜質元素、痕量元素和處理元素。



FM SMART

FOUNDRY-MASTER Smart以有限的預算提供高性能，因此成為曾經使用協力廠商分析樣品的公司的經濟高效的解決方案。該分析儀適用於小型鑄造廠和金屬加工公司，此類客戶在程序控制、品質保證/品質控制和材料驗證中不需要低檢出限。



FM EXPERT

該分析儀具備FM SMART的所有功能，但具有氮元素分析的額外優勢。如果需要在品質管制、品質保證/品質控制和金屬生產過程中精確監測氮含量，則FM EXPERT具有極高的性價比。

移动式OES



PMI-MASTER Smart

PMI-MASTER Smart是市場上唯一真正便攜的高性能OES光譜儀，可提供關鍵元素分析、快速材料驗證、PMI和金屬分揀。就像有一個可攜式實驗室，PMI-MASTER Smart可對鋼、鋁、鎳和銅進行全面的金屬分析。



PMI-MASTER Pro2

該分析儀可提供最終的移動金屬分析，對於防止來料和出廠產品的牌號混淆非常有用。PMI-MASTER Pro2具有功能強大的電池，可輕鬆地在遠端位置進行現場操作，在8小時的續航時間內可實現750次測量。



TEST-MASTER Pro

該OES光譜儀快速、可移動且功能強大，快速測量時間的特點和特殊硬體設計，使其適用於高生產量和全天候運行。TEST-MASTER Pro 自動化系統可集成至金屬加工中，用於生產控制，以最大限度地降低材料牌號混淆的風險。

借助日立構建品質控制 工具箱

日立時常發現，為客戶提供正確的解決方案意味著投資互補技術。日立提供包含XRF和LIBS技術的金屬分析工具箱，以補充OES分析檢測設備，為使用者提供全套分析工具。

X-MET8000系列

此款掌上型XRF光譜儀可提供快速、無損分析以及準確的化學和牌號鑒定。該系列非常適合檢測大多數商用合金，包括鋁合金、矽和青銅。通過將高性能X射線管與大面積矽漂移探測器（SDD）相結合，可在數秒內處理具有最高要求的分析儀應用領域，從而降低測試成本和時間。



VULCAN+系列

無需使用X射線，Vulcan+可在一秒鐘內識別各種合金，包括不銹鋼、低合金鋼、鎳和鋁合金等。此款符合人體工程學的鐳射分析儀的電池續航時間長，重量僅為1.5kg，即使長時間使用也很輕鬆。



利用日立牌號資料庫提高 檢測效率

GRADE Database是最大的金屬資料庫，預裝在日立的所有火花OES光譜儀上。該資料庫包含超過1200萬條關於近36萬種金屬牌號的記錄。只需幾個步驟，即可找到並比較金屬當量，解讀金屬規格，並確保獲得給定應用領域的正確牌號。而且，由於日立不斷更新資料庫，使用者將能夠輕鬆地接觸不斷更新的國際標準，如
AISI/ASTM、DIN、EN、BS、JIS和GOST。



使用ExTOPE Connect進行 高級資料管理

ExTOPE Connect是一項高級資料管理和存儲服務，它能夠安全地存儲結果、即時共用資料以及從任何電腦即時訪問資料。其允許用戶從現場、生產現場或生產車間訪問資料。同時可從手機或電腦訪問資料，並確保記錄安全地存儲，以備將來參考或外部審計。



日立簡介

日立專注於為應對快速發展的工業部門的挑戰而制定高科技分析解決方案。

日立正利用在材料檢測方面數十年的經驗幫助創造未來的行業，利用網路連接和資料的力量提高產品品質並減少浪費。

日立通過簡化複雜的流程並實現快速決策，確保其為滿足未來社會的需求做好充分準備。

通過在整個生產生命週期中增加價值的基本材料分析，日立正在幫助成千上萬的企業降低風險，提高精簡性、環保性、安全性和盈利性。

销售热线：400 621 5191

服务热线：400 622 5191



精益求精，打造互聯未來。

Hitachi High-Tech Analytical Science

This publication is the copyright of Hitachi High-Tech Analytical Science Ltd and provides outline information only, which (unless agreed by the company in writing) may not be used, applied or reproduced for any purpose or form part of any order or contract or regarded as the representation relating to the products or services concerned. Hitachi High-Tech Analytical Science Ltd's policy is one of continued improvement. The company reserves the right to alter, without notice the specification, design or conditions of supply of any product or service.

Hitachi High-Tech Analytical Science Ltd acknowledges all trademarks and registrations.

© Hitachi High-Tech Analytical Science, 2021.

All rights reserved.

