

Scoprire la bellezza nascosta: Come l'XRF può risaltare la vera qualità dei prodotti di lusso



Andrea Speretta & Pasquale Francella

INTRODUZIONE ALLA TECNICA XRF

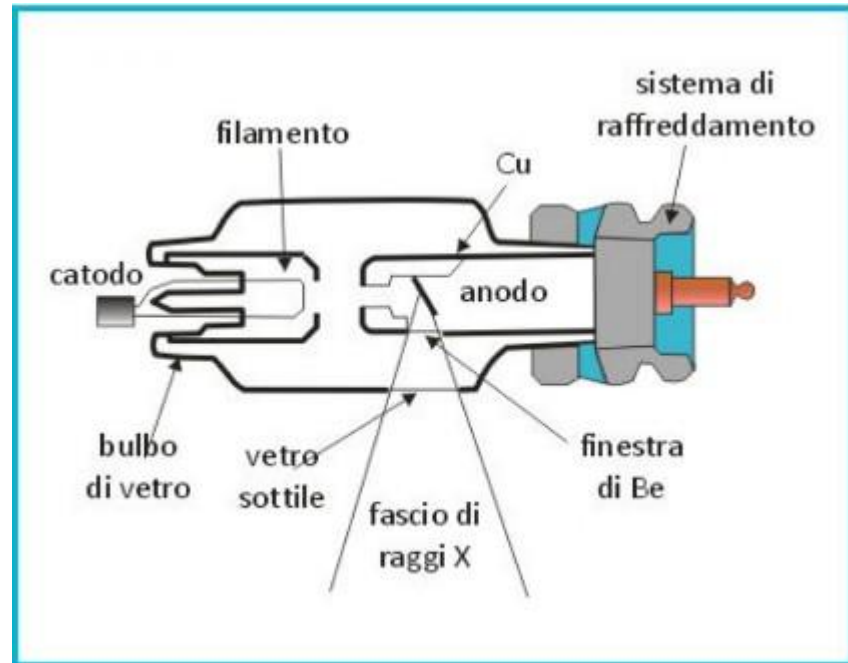
La Metodica XRF (X-Ray Fluorescence) è una tecnica analitica utilizzata per determinare la composizione chimica di un materiale. La tecnica XRF si basa sul principio della fluorescenza: quando un materiale viene colpito da una radiazione X ad alta energia, gli atomi del materiale assorbono l'energia elettronica e rilasciano fotoni di energia inferiore. Questi fotoni sono specifici per ogni elemento presente nel campione e possono essere rilevati e analizzati per determinare la composizione del materiale.

L'analisi XRF richiede l'utilizzo di strumenti specifici, chiamati spettrometri a fluorescenza a raggi X.

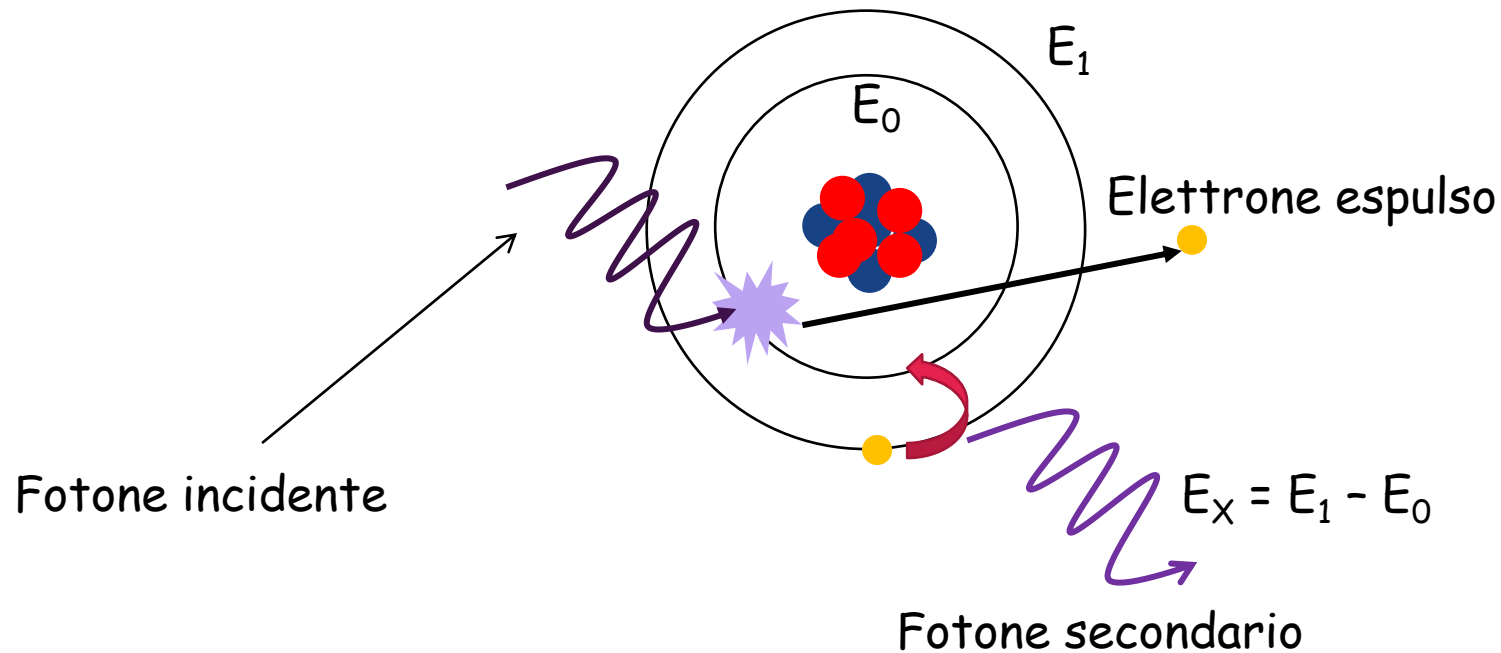
Nel caso dei gioielli e dei preziosi, la tecnica XRF può essere utilizzata per determinare la composizione o lo spessore di rivestimento dei manufatti.

Tubo a Raggi X

Il tubo a raggi X è un dispositivo elettronico che utilizza un fenomeno fisico noto come emissione termoionica per produrre raggi X. Questo dispositivo contiene due elettrodi, uno di fronte all'altro, denominati catodo e anodo, all'interno di un involucro di vetro sottovuoto. Il catodo è costituito da un filamento di tungsteno che, grazie all'effetto Joule, incrementa l'emissione di elettroni. Gli elettroni vengono quindi accelerati verso l'anodo, che è costituito da un bersaglio metallico, dove interagiscono con gli atomi del materiale, producendo raggi X. La complessità di realizzazione e i materiali utilizzati, rendono questa componente la più onerosa da sostituire o riparare.



EFFETTO FOTOELETTRICO



Elettrone “cattura” il raggio X incidente. Successivamente viene espulso e il suo orbitale è occupato da un elettrone appartenente ad un'orbita più esterna. L'occupazione da parte del nuovo elettrone porta all'emissione di un **raggio X secondario**.

Detector

I detector negli XRF sono importanti perché permettono di rilevare e misurare l'intensità delle emissioni di raggi X prodotte dalla fluorescenza dei campioni. In pratica, i raggi X vengono emessi e colpiscono il campione, provocando l'emissione di raggi X secondari. Il detector rileva questi raggi X secondari e ne misura l'intensità, permettendo di determinare la composizione chimica del campione.

I principali
detector
utilizzati
dagli
spettrome
tri a XRF
sono:

Detector a conteggio proporzionale

Detector pin diode

Detector SDD

Detector

Contatore Proporzionale



Il vantaggio principale di questo tipo di detector è la sua elevata efficienza nella rilevazione di particelle ionizzanti ad alta energia. Tuttavia, presenta anche alcuni svantaggi come una risposta non lineare, una durata di vita inferiore, una bassa risoluzione spettrale e una dipendenza dalla temperatura e dall'umidità.

Pin Diode



Il vantaggio principale di questo tipo di detector è la sua elevata risoluzione spaziale e temporale. Inoltre, presenta una buona linearità e una buona stabilità nel tempo. Tuttavia, ha una minore efficienza rispetto ad altri tipi di detector come il detector a conteggio proporzionale.

SDD



Il vantaggio principale di questo tipo di detector è la sua elevata efficienza nella rilevazione di particelle ionizzanti ad alta energia e la sua eccellente risoluzione energetica. Inoltre, presenta una ottima linearità nella risposta alla dose di radiazione e un'ottima stabilità nel tempo.

Perché si utilizza la tecnica XRF?

Versatile:

- **Ampio range di elementi analizzabili:** dal Na (Sodio) fino all'U (Uranio);
- **Tecnica non distruttiva:** permette di eseguire analisi composizionali e/o di screening senza distruggere il campione;
- **Tecnica multielementare:** con una singola misura si possono analizzare più elementi;
- **Alta sensibilità:** livelli di rilevabilità fino a qualche ppm (mg/kg) a seconda del tipo di elemento.

Semplice da utilizzare:

- È richiesta una formazione minima dell'operatore;
- Nessuna o minima preparazione del campione;
- Non è richiesto utilizzo di reagenti chimici.

PERIODIC TABLE OF ELEMENTS

Legend: PRINCIPAL LINES keV

Diagram: Mo (Molybdenum) Principal Lines keV: 17.48, 19.61, 22.98, 24.28

Element	Atomic Number	Principal Lines (keV)
H	1	
He	2	
Li	3	
Be	4	
B	5	
C	6	
N	7	
O	8	
F	9	
Ne	10	
Na	11	
Mg	12	
Al	13	
Si	14	
P	15	
S	16	
Cl	17	
Ar	18	
K	19	
Ca	20	
Sc	21	
Ti	22	
V	23	
Cr	24	
Mn	25	
Fe	26	
Co	27	
Ni	28	
Cu	29	
Zn	30	
Ga	31	
Ge	32	
As	33	
Se	34	
Br	35	
Kr	36	
Rb	37	
Sr	38	
Y	39	
Zr	40	
Nb	41	
Mo	42	
Tc	43	
Ru	44	
Rh	45	
Pd	46	
Ag	47	
Cd	48	
In	49	
Sn	50	
Sb	51	
Te	52	
I	53	
Xe	54	
Cs	55	
Ba	56	
Hf	57	
Ta	58	
W	59	
Re	60	
Os	61	
Ir	62	
Pt	63	
Au	64	
Hg	65	
Tl	66	
Pb	67	
Bi	68	
Po	69	
At	70	
Rn	71	
Fr	72	
Ra	73	
La	74	
Ce	75	
Pr	76	
Nd	77	
Pm	78	
Sm	79	
Eu	80	
Gd	81	
Tb	82	
Dy	83	
Ho	84	
Er	85	
Tm	86	
Yb	87	
Lu	88	
Ac	89	
Th	90	
Pa	91	
U	92	
Np	93	
Pu	94	
Am	95	
Cm	96	
Bk	97	
Cf	98	
Es	99	
Fm	100	
Md	101	
No	102	
Lr	103	



L'**analisi dei metalli preziosi** è una procedura estremamente importante, perché consente di ottenere informazioni riguardanti la qualità e la composizione del metallo analizzato.
La spettrometria XRF è utile per almeno 4 motivi:

Praticità

- Uno dei più grandi vantaggi degli analizzatori XRF è la praticità di questi strumenti.

Velocità

- Grazie agli spettrometri XRF è possibile ottenere analisi di metalli preziosi in tempo reale. È possibile ottenere i risultati in meno di un minuto.

Facilità

- Gli strumenti per l'analisi dei metalli che usano le tecnologie a raggi X sono molto semplici e intuitivi.

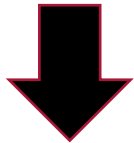
Precisione

- L'analisi dei metalli preziosi tramite apparecchiature a raggi X è estremamente accurata. Per questo, è praticamente irrinunciabile se si vogliono ottenere valutazioni precise in tempi rapidi.

Per ogni rivestimento metallico, esiste uno spessore massimo oltre al quale non è più possibile misurare con la tecnica XRF. E' chiamato «**infinito**» oppure «**spessore di saturazione**»



Da cosa dipende lo spessore di saturazione?



Dipende, in prima approssimazione, da due grandezze fisiche:

Densità del rivestimento

Energia del X di fluorescenza



Analisi metalli mediante XRF

Energia del X di Fluorescenza: perché?



Più è alta l'energia del X di fluorescenza e più è penetrante (si attenua meno)

Densità del rivestimento: perché?



Più un metallo è denso e più può attenuare il fotone X che lo attraversa



Importante!!!

La potenza del tubo a raggi X non influenza in alcun modo lo spessore di saturazione

Limiti di spessore

1 H																	2 He				
3 Li	4 Be															5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg															13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr				
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe				
55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn				
87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo				
		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu					
		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr					

0.02 to 20 microns

0.01 to 30 microns

0.01 to 40~60 microns

0.01 to 70 microns

0.005 to 110 microns

0.02 to 10 microns

0.005 to 10 microns