



LUND UNIVERSITY

PIXE-metoden för analys av arbetsmiljöaerosoler

Johansson, Gerd; Malmqvist, Klas; Bohgard, Mats; Carlsson, Lars-Eric; Akselsson, Roland

1980

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Johansson, G., Malmqvist, K., Bohgard, M., Carlsson, L.-E., & Akselsson, R. (1980). *PIXE-metoden för analys av arbetsmiljöaerosoler*. (Arbetarskyddsfondens sammanfattningar; Vol. Sammanfattning nr 326). Arbetarskyddsfonden.

Total number of authors:

5

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

PIXE-metoden för analys av arbetsmiljöaerosoler

För innehållet i denna sammanfattning svarar Gerd Johansson, Klas Malmqvist, Mats Bohgard, Lars-Eric Carlsson och Roland Akselsson, Institutionen för kärnfysik, Lunds Tekniska Högskola, Sölvegatan 14, 223 62 Lund, tel 046/10 76 34.

PRINCIP FÖR PIXE-METODEN

Protoninducerad röntgenstrålning, som förkortas PIXE efter den engelska beteckningen, är en relativt ny analysmetod (1970) som har utvecklats vid institutionen för kärnfysik i Lund.

Från en s k accelerator fås elektriskt laddade partiklar, t ex protoner (vätekärnor), som rör sig med hög hastighet. När dessa partiklar träffar det prov man vill bestämma innehållet i, kan de rycka loss elektroner från atomerna och skapa tomma platser i elektronskalen. När ett sådant tomrum fylls av en annan elektron kan bli röntgenstrålning utsändas.

Energierna på den utsända röntgenstrålningen beror på från vilka atomslag den kommer dvs på vilka grundämnen som finns i provet. Mängden röntgenstrålning av en viss energi bestämmer hur mycket av grundämnet som finns i provet. Genom att registrera den utsända röntgenstrålningen med en röntgendetektor, kan alla grundämnen tyngre än fosfor bestämmas samtidigt.

PIXE-metoden är en snabb metod (analystiden är någon eller några minuter) som kan bestämma mycket små förekomster (0.0000000001 gram) av grundämnen i små prov (ner till 0.000001 gram).

PROJEKTETS SYFTE

Syftet med det här projektet har varit att ta fram en teknik som gör det möjligt att bestämma hur mycket av olika grundämnen som finns i exempelvis damm och rök som bildas på arbetsplatser. Detta skulle ske genom att utveckla och komplettera PIXE-metoden så att ett stort antal prov skulle kunna analyseras till ett relativt lågt pris med tonvikten lagd på god analyskvalité.

ANALYSAPPARATUR FÖR RUTINANALYSER

En utveckling av den ursprungliga analysuppställningen som fanns i Lund var nödvändig för att skapa tillräcklig analyskapacitet. En behållare i rostfritt stål placeras i slutet av ett rör i vilket de laddade partiklarna från acceleratorn rör sig.

Vid ingången till kammaren får strålen av protoner passera ett bländarsystem som medger val av 8 olika stråldiametrar. De prov som skall analyseras monteras i vanliga diaramar (5 x 5 cm) som placeras i diamagasin med plats för 40 prov. Magasinet slussas in i vakuum och genom fjärrmanövrering kan sedan proven föras in ett och ett i protonstrålen och analyseras i snabb följd.

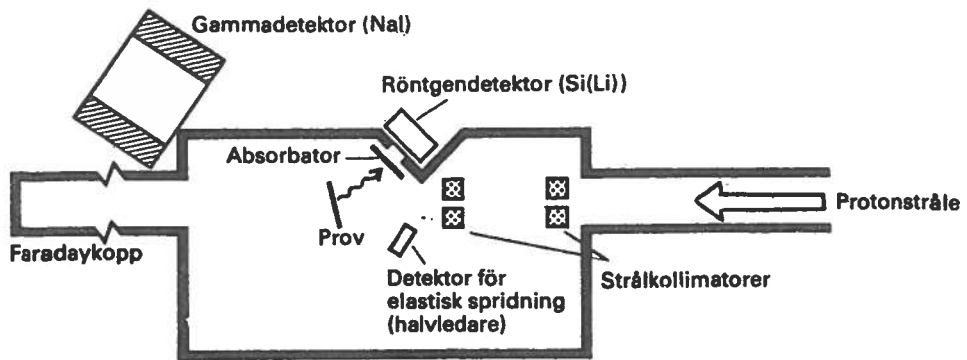


Bild 1. Principskiss över analysuppställning för PIXE-analys med kompletterande metoder.

En röntgendetektor placerad utanför kammaren registrerar röntgenstrålningen från proven och resultaten erhålls i form av sk röntgenspektra (bild 2) med toppar för varje grundämne. Därefter lagras resultaten på magnetband och behandlas med ett dataprogram som automatiskt bestämmer storleken av de toppar som ses i bild 2 och därmed också mängden av respektive grundämne

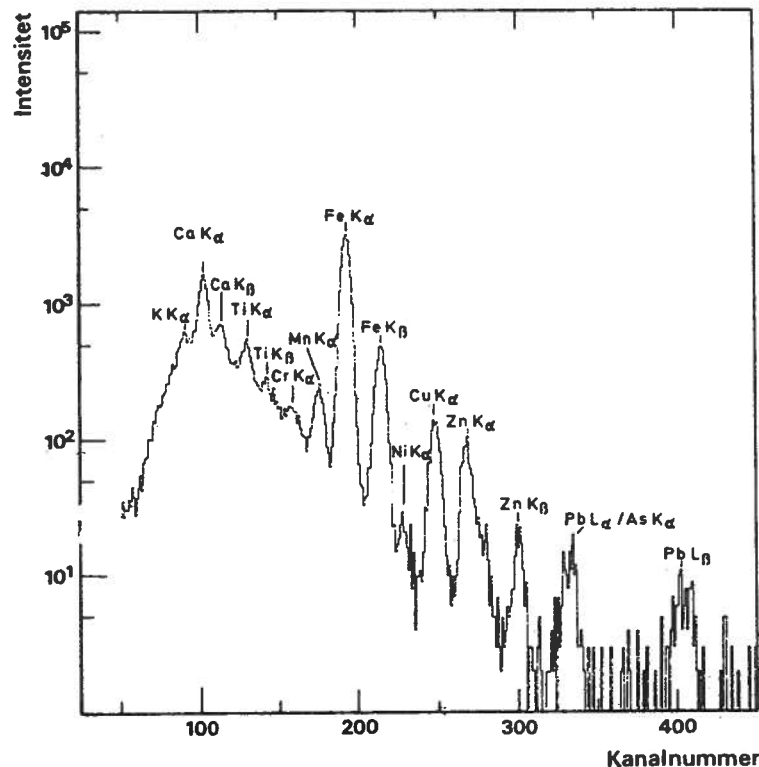


Bild 2. Spektrum från PIXE-analys av svetsrök insamlad i andningszonen hos en svetsare. Kanalnumret är proportionellt mot röntgenenergin.

För att medge analys av många olika typer av prov är kammaren flexibelt utformad. Bländarsystemet medför att olika protonstrålediametrar kan väljas och för att minska bidraget från röntgenstrålning med låg energi kan olika typer av röntgenfilter föras in mellan provet och detektorn. Detta är viktigt eftersom den elektronik som används har en begränsad kapacitet. För att ytterligare öka analys hastigheten har dessutom en särskild elektronikenhet utvecklats som ger en pulserad protonstråle.

I den beskrivna analysuppställningen är detektionsgränsen (minsta möjliga detekterbara mängd) mellan 0.1 och 10 nanogram (1 nanogram = 0.000000001 gram). Analystider-

na är mellan 0.5 och 10 minuter. Vid analys av grundämnen som förekommer i klart högre mängder än detektionsgränsen är osäkerheten i analysen av ett grundämne mindre än 10%.

KOMPLETTERANDE ANALYSMETODER

PIXE-metoden har gemensamt med andra röntgenanalysmetoder att den inte kan analysera de lättaste grundämnena. Eftersom det kan vara viktigt att känna dessa måste ibland kompletterande analysmetoder användas. PIXE-metoden har speciella fördelar som skiljer den från andra röntgenmetoder. De protoner som används för att producera röntgenstrålning i provet kan också orsaka kärnreaktioner i bl a de lättaste grundämnena i provet och strålning från dessa kärnreaktioner kan användas för analys. För bestämning av vilka kemiska föreningar som förekommer i ett prov måste man emellertid använda sig av andra kompletterande analysmetoder.

Analys av lätta grundämnen

De protoner som träffar provet kan då de kommer i närheten av atomkärnan i en atom "spridas" mot denna och därmed ändra riktning och hastighet. Genom att med den detektor för elastisk spridning som syns i bild 1 samtidigt med PIXE-analysen mäta hastigheten hos de spridda partiklarna kan man bestämma mot vilken atomkärna de har spridits och alltså vilka atomslag som finns i provet. Det är framför allt de lättare grundämnena som kan analyseras på detta sätt varför metoden är ett mycket bra komplement till PIXE-metoden. Vid institutionens laboratorium pågår arbete för att ytterligare utveckla den här analysmetoden.

Analys av fluor

Fluor är ett grundämne som bl a ofta förekommer i svetsrök och som från hälsosynpunkt kan vara viktigt att bestämma. De protoner, som ger röntgenstrålning vid PIXE-analysen, kan när de stöter på en fluorkärna ge upphov till en kärnreaktion så att gammastrålning utsändes. Genom att registrera denna i en detektor (se bild 1) kan även små mängder (ner till 50—100 nanogram) av fluor bestämmas samtidigt med PIXE-analysen.

Kroms kemiska form

För medicinsk bedömning av exponering för aerosoler är det ofta viktigt att förutom att känna till vilka grundämnen som förekommer också veta i vilken kemisk form de föreligger. För krom, som bl a förekommer i svetsrök från rostfria elektroder, är detta särskilt viktigt. Krom finns normalt i två kemiska former, trevärt och sexvärt krom. Den sexvärda kan i motsats till den trevärda orsaka allergier och cancer i luftvägarna.

Eftersom det visade sig vara svårt att finna någon bra metodik att skilja trevärt krom från sexvärt krom i svetsrök uppstod under arbetet med analys av rök från rostfri svetsning behov att utveckla en sådan analysprocedur. I denna procedur används PIXE-metoden för att analysera totalmängden krom i ett prov och en kemisk metod (kallad DPC) för att avgöra mängden lättlösligt sexvärt krom. Mängden sexvärt krom på ytan av partiklarna bestäms med en metod som kallas ESCA. Denna kombination av olika

metoder har visat sig fungera väl för tillämpningar på svetsrök.

GENOMFÖRDA OCH KOMMANDE TILLÄMPNINGAR

Den analysuppställning för PIXE-analys som utvecklats har använts för flera omfattande undersökningar inom arbetsmiljöområdet. I ett arbete som är en del av det här projektet, har 13 vanliga svetsmetoder studerats med avseende på svetsrökens sammansättning. Totalt 3 000 prov har analyserats med PIXE-metoden och kompletterande metoder inom ramen för detta projekt (ASFs sammanfattning nr 327). I ett annat projekt (sammanfattning nr 304) har nickel- och kromhalten i rök från termisk sprutning bestämts med hjälp av de metoder som har redovisats i den här rapporten.

Förutom dessa projekt, där metoden tillämpas i arbetsmiljön, har flera andra undersökningar av utomhusluft genomförts vid institutionens laboratorium. Partikulära luftföroreningar har bl a insamlats i stadsmiljö och i områden med förväntade mycket låga partikelkoncentrationer och PIXE-metoden har därvid visat sig mycket användbar.

En viktig egenskap hos PIXE-metoden är förmågan att analysera även mycket små provmängder. Detta kan man utnyttja för att utveckla kompakta provinsamlingsapparater för partikulära luftföroreningar och som medger uppdelning i olika partikelstorlekar och provtagning i korta tidsperioder. Ett exempel på en sådan utveckling är ett projekt, som pågår vid institutionen med stöd av ASF (Dnr 79/193), för att utveckla en personburen insamlare. Den ska kunna ta prov av inandningsluften i 15-minutersperioder under en hel arbetsdag. Apparaten skall vara så liten och lätt att den inte inkräktar på rörelsefriheten hos bäraren. Från PIXE-analys av de insamlade proven skall det mycket snabbt och till låg kostnad gå att avgöra om de hygieniska gränsvärdena överskridits och i så fall vid vilken tidpunkt under arbetsdagen detta skett. Denna apparat bör således kunna bli till god hjälp vid bl a utveckling av olika metoder för att eliminera luftföroreningar på arbetsplatser.

PIXE-analysen utföres också som uppdrag vid institutionens laboratorium. Hittills har några tusen analyser utförts, huvudsakligen till Arbetarskyddsstyrelsen och andra verk samma inom arbetsmiljöområdet. Ett normalt prov för rutinanalys med PIXE är partiklar insamlade på ytan av ett membranfilter så att provtjockleken understiger 1 mg/cm^2 . Alla grundämnen som metoden klarar bestäms vid analysen och priset för en sådan analys är f n 150 kr.



ARBETARSKYDDSFONDEN

Tunnelgatan 31, Box 1122, 111 81 Stockholm. Telefon 08-14 32 00