



MTA Izotópkutató Intézet

Kiemelten sikeres eredmények

1. Nukleáris biztosítéki célú elemzések induktív csatolású plazma tömegspektrometria alkalmazásával

1.1. Nukleáris biztosítéki célú dörzsminták összes U-, és Pu-tartalmának, valamint izotóp-összetételének meghatározása

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség Nemzetközi Nukleáris Biztosítéki Rendszerében az ún. dörzsminta-vétel és elemzés kiemelt szerepet foglal el. Modern analitikai módszerek, elsősorban tömegspektrometriás eljárások alkalmazásával, egy egyszerű 10×10 cm felületű pamutanyaggal történő dörzsminta-vétellel alapvető információk nyerhetők ki a vizsgált létesítményről, illetve arról, hogy a létesítményben folytatnak-e nem bejelentett tevékenységet.

A nukleáris biztosítéki célból vett dörzsmintákból U és Pu nyomnyi mennyiségű (pg/g) és precíz izotóparány meghatározásához mintaelőkészítési és induktív csatolású plazma tömegspektrometriás (ICP-MS) analitikai módszert fejlesztettek ki. A munka célja egy olyan módszer kidolgozása volt, amely egyszerűbb, gyorsabb, hatékonyabb és olcsóbb, mint a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség laboratóriumaiban hagyományosan e célra alkalmazott módszerek. A kifejlesztett eljárást alkalmazva, a hazai nukleáris létesítmények ellenőrzése mindenkor gyorsan és hatékonyan elvégezhető. A módszer kidolgozásánál a másik fő cél az volt, hogy az ICP-MS laboratórium az Országos Atomenergia Hivatal közreműködésével a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség Nemzetközi Laborhálózatához (NWAL) csatlakozhasson. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség a csatlakozási kérelmet elfogadta. Ennek elbírálása jelenleg folyamatban van.

1.2. Nukleáris biztosítéki célú dörzsmintákon található egyedi részecskék elemzése

A dörzsminták teljes elemzése mellett a másik igen fontos mérési típus az ún. egyedi részecskék analízise. Ez utóbbi a be nem jelentett tevékenységek felderítésében nagy jelentőségű, mivel az egyes részecskék izotóp-összetétele pontosabban jellemzi az ellenőrzött nukleáris létesítmény tevékenységét, mint a teljes elemzés, amely ugyan informatív, de végeredményben csak egy átlagértéket szolgáltat a minták izotóp-összetételéről.

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) hálózatán belül egyelőre csak kevés laboratórium foglalkozik egyedi részecskék elemzésével, a méréseket pedig többnyire olyan bonyolult analitikai módszerekkel végzik, amelyek csak hosszadalmas és igen költséges analízist tesznek lehetővé.

Az Izotópkutató Intézetben analitikai módszert kezdtek kidolgozni a dörzsmintákon található egyedi részecskék lézerablációs ICP-MS elemzéséhez. Ez a technika hatékony, gyors és kevésbé költséges vizsgálatokat tesz lehetővé, mint a NAÜ által általánosan alkalmazott analitikai módszerek. A módszerfejlesztés során egy, a részecskék azonosításához és újbóli megtalálásához szükséges módszert dolgoztak ki. Ehhez optikai-, valamint elektronmikroszkópos felvételek és egy ún. mikromanipulátor alkalmazására volt szükség, amelyekkel a vizsgálni kívánt részecske azonosítható és elkülöníthető. Olyan analitikai

eljárást is sikerült kidolgozni, amellyel az elkülönítést követően az 5–10 μm mérettartományba eső, apró részecskék izotóp-összetétele nagy biztonsággal meghatározható. A módszer adaptálása dörzsmintákra jelenleg még folyamatban van.

2. Prompt-gamma aktivációs analitika

MTA Izotópkutató Intézetében az 1990-es évek közepe óta folynak kutatások a prompt-gamma aktivációs analitika (PGAA) továbbfejlesztése és alkalmazása terén. Jóllehet a PGAA régóta ismert és alkalmazott eljárás a nukleáris analitikában, az elemzésre nem léteztek általánosan elfogadott módszerek, amelyeket a laboratóriumok többségében követnének. Olyan spektroszkópiai adatbázis sem létezett, amely az analitikai munkához szükséges pontosságú adatokat tartalmazna. Az elemzés további nehézsége, hogy a spektrumokban igen nagyszámú, esetenként akár ezernél is több csúcs fordulhat elő, emiatt a karakterisztikus csúcsok egy jelentős része átfedésben, spektrális interferenciákkal torzítva jelenik meg. Ez sokszor kizárja a csúcsok egyértelmű azonosítását.

A Nukleáris Kutatások Osztályán szisztematikusan végigmérték a természetben előforduló kémiai elemeket, és meghatározták azok karakterisztikus prompt-gamma vonalainak energiáját és intenzitását, az ún. parciális gamma-keltési hatáskeresztmetszetét. Az adatok minden eddiginél pontosabbak és teljesebb körűek. Segítségükkel pontosabb elemzések végezhetők, mint a korábbi irodalmi adatok alapján. Az adatbázis megjelent az elsősorban az osztály kutatói által jegyzett kézikönyvben (Handbook of Prompt Gamma Activation Analysis in Neutron Beams, Kluwer, 2004) illetve a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség adatbázisai és kiadványai között is fellelhető.

Új elemzési módszert is kidolgoztak, amellyel a prompt-gamma spektrumokból az említett adatkönyvtár felhasználásával megbízhatóan megállapítható a minták elemi összetétele. Az eljárás egy adott elem ismert energiájú és relatív intenzitású csúcsait statisztikai módszerekkel igyekszik kimutatni a többi csúcs véletlen eloszlásának feltételezett tömegében. Statisztikai mutatók segítségével döntést lehet hozni arról, mely kémiai elemek alkotják a mintát, illetve arról, hogy az egyes elemeknek mekkora a kimutatási határa az adott mintáról készített spektrumban. A módszert évek óta sikeresen alkalmazzák és jelenleg is fejlesztik a kutatók. Az eljárást átvették a világ számos országa laboratóriumaiban, így az Amerikai Egyesült Államokban, Indiában, Németországban, Portugáliában.

A kutatás kiterjed számos egyéb spektroszkópiai probléma megoldására és tudományos kérdés megválaszolására. Ilyen többek között a prompt-gamma spektrumok dinamikus tartományának értelmezése, a hibaszámítás kidolgozása, illetve a neutronnyalábok hőmérsékletének meghatározása. Új mérési módszerek is kifejlesztettek: a láthatatlan mintatartó módszerével vastag tokba helyezett anyagok elemezhetők a tok felnyitása nélkül, míg az in situ PGAA eljárással kémiai reaktorok belsejében lezajló folyamatok vizsgálhatók.