

ÚJ KORSZAK A NEUTRONOS ANYAGVIZSGÁLAT TERÜLETÉN AZ IPARBAN: KOMPAKT NEUTRONFORRÁSOK, AKÁR A HELYSZÍNEN

NEW PARADIGM IN NEUTRON BEAM STUDIES IN THE INDUSTRY: COMPACT NEUTRON SOURCES, EVEN ON SITE

*Mezei Ferenc, az MTA rendes tagja
ferenc.mezei@esss.se*

ÖSSZEFOGLALÁS. Neutron nyalábokkal való átvilágítás és megfigyelés eddig is lényeges szerepet játszott ipari alkalmazásokban, de a neutronforrások költségei, helyileg korlátozott hozzáférhetősége miatt ez főleg elkerülhetetlen esetekben került csak rutin felhasználásra. A neutronvizsgálati módszerek fejlődése révén ma az előállított neutronok 1000-10000-szer nagyobb hatásfokkal használhatók fel vizsgálatokban, mint a szokásos neutronforrásoknál akár csak 20 évvel ezelőtt. Így az alacsony költségű, intenzitású és helyigényű, ún. kompakt neutronforrások a neutronos anyagvizsgálatot ma sokkal hozzáférhetőbbé teszik ipari és egyetemi környezetben.

ABSTRACT. Radiography and other observations with the use of neutron beams have already played an important role in industrial applications. However, due to the costs and limited accessibility of neutron sources, these applications only became routine practice where their use was considered unavoidable. By the development of neutron instrumental methods the available neutrons can now be put to use with an efficiency some 1000-10000 times superior to that commonly achieved just 20 years ago. Thus the so called compact neutron sources with low costs, intensity and foot print now make neutron beam studies much more accessible in industrial and university environment.

1. BEVEZETÉS

Neutron átvilágításra alapuló minőségvizsgálat hasznosságát és képességeit sok alkalmazásban kimutatták, de csak néhány helyen lett nélkülözhetetlen, nem véletlenül éppen a repüléssel kapcsolatban. Minden forgalomban levő jet repülőgép motor turbina lapátjaiban az olajhűtés hibátlanságát neutron átvilágítás segítségével bizonyítani kell ahhoz, hogy a motorral felszerelt repülőgép egyáltalán startengedélyt kaphasson. Mivel a repülőgép üzemeltetők számára nem voltak az állami szervek által működtetett neutronforrások elegendően beszámíthatók, saját berendezésekre

tettek szert, amikről a nagyközönség semmit nem tud. Egy másik hasonló terület a vadászrepülőgépek katapultjai működőképességének rendszeres ellenőrzése. Az USA légierő rutinszerűen túl megy ezen, egész repülőgépeket világítanak át neutronokkal egy erre specializált air force bázison.

Ezekben az esetekben a neutronoknak azt a röntgen sugárzástól eltérő sajátosságát használják ki, hogy bizonyos folyadékokban, pl. vízben jobban elnyelődnek, mint az iparban használatos fémekben. Egy másik felhasználási terület ennek egy vetületére alapul: a neutronok behatolóképesége fémekben sokkal nagyobb, mint a szokásos energiájú röntgen sugaraké, amelyek kedvező költségen előállíthatók. Így fémalkatrészek, pl. helikopter rotorok, vasúti kerekek, motortengelyek, hegesztések, stb belsejében kialakuló veszélyes feszültségek vizsgálatára is a neutronnyalábok egyedülálló lehetőségeket nyújtanak. Ennek felhasználása eddig is szignifikáns volt, legalábbis balesetek okainak utólagos felderítésénél.

Egy teljesen eltérő és gyorsan fejlődő terület a számítógép áramkörök kozmikus sugárzás hatására fellépő tévedéseinek kutatása, hatásuk csökkentése („software error”, vagy „single event upset” nevek színe alatt).

2. KOMPAKT NEUTRONFORRÁSOK

A Föld tömegének több mint felét neutronok adják, viszont szabad neutronokat csak jelentős energia bevetésével lehet az atommagokból kinyerni. Ennek a legegyszerűbb módja nagyenergiás (elemi) részecskékkel való besugárzás, pl. fotonokkal, protonokkal, magreakciók termékeivel. A legkisebb hely- és költségigényt a 2 MeV-nál nagyobb energiára felgyorsított protonok jelentik. Egy ehhez szükséges gyorsító kb. 3 m hosszúnál és 1 milliárd Ft körüli költségnél kezdődik. Ez mind a méretben, mind az árban kb. 300-szor kisebb egy csúcskategóriájú neutronforrás protongyorsító-jánál. Természetesen, a teljesítményben még ennél is sokkal nagyobb különbség van e két véglet között, mégpedig több milliószoros. Viszont összehasonlítva egy

közepes méretű, pár évtizede épült vagy felújított kutató-reaktorral, a skála alján lévő, a legkorszerűbb konfigurációnak megfelelő kompakt neutron-forrás a vizsgálatok típusától függően kb. 2 – 50 %-os adatgyűjtési sebességet tud biztosítani kb. 5%-os üzemeltetési költségek mellett. A gyakorlatban az ipari jellegű vizsgálatok kutatóreaktorok felhasználásában nem érik el a 10 %-os részarányt és egy ilyen reaktor mai beruházási költségei meghaladják 150-200 milliárd Ft-ot. Ma már a gyorsítóra épülő neutronforrások jelentik a gazdaságosabb megoldást minden teljesítményszinten.

Tehát a kompakt neutronforrások az anyagvizsgálatok számára az eddigieknél nagyságrenddel kisebb költséggel tudnak rendelkezésre bocsájtani neutronnyalábokat sok olyan vizsgálathoz, amihez eddig sokkal nagyobb és drágább berendezések kellettek. Emellett helyigényük kicsi és a biztonsági előírások gyakorlati követelményei nem haladják meg a röntgen sugarak orvosi alkalmazásánál megszokottakat. Így ezek akár egyetemeken, akár ipari intézményekben is elhelyezhetők.

3. ALKALMAZÁSI TERÜLETEK

Európában ma a legtöbb fejlesztés arra irányul, hogy kompakt neutronforrásokkal hogyan lehetne teljesen kiváltani a kiöregedő, leállásra kiszemelt kutatóreaktorokat. Ehhez nagyobb, 30 – 100 MeV proton energiájú gyorsítókra van szükség, és 30 – 60 milliárd Ft költségű berendezésekre gondolnak, amelyek továbbra is nagy kutatási infrastruktúrák világába tartoznak, sok gyakorlati szempontból is.

Ettől eltérő irányban Európában csak Martonvásáron folyik kompakt neutronforrás fejlesztés, aminek célja a mindennapi alkalmazások számára hozzáférhető berendezés létrehozása. Ebben az irányban eddig Japán jár az élen. A modernebb hazai fejlesztésnek az is célja, hogy a gazdaságos kompakt neutronforrások hatékonyabb, optimalizált, új generációjának prototípusát hozza létre. Ez, mint innovatív, világviszonylatban versenyképes új termék, a hazai neutron műszerexportot is kiterjesztheti. A fejlesztés a Mirrotron Kft, a MTA Energia Kutatóközpont és a Varius Kft által alkotott konzorcium, strukturális alapokból jelentősen támogatott vállalkozása.

Befejezésül néhány példa ennek az épülő neutronforrásnak martonvásári helyszínén tervezett, pár év alatt kiépíthető alkalmazásaira. Ezek jelentős részénél fontos szerepet játszik a

neutronbesugárzás nagyfokú roncsolásmentesége. A felsorolt alkalmazások – egy kivételével – jól ismertek és megalapozottak nagyobb neutronforrásoknál, az új korszakot a költségek nagyfokú csökkentése és a hozzáférhetőség minőségi jellegű javítása jelenti a felhasználók szempontjából.

Neutronradiográfia és tomográfia, például a bevezetésben említett típusú alkalmazásokra: folyadékok, szerves anyagok követésére fém-tárgyakon belül (alkatrészek, régészeti leletek, működő gépek,...).

Minőségvizsgálat neutronműszerek és műszeralkatrészek gyártásánál

Feszültségvizsgálat fémalkatrészek belsejében, pl. gyártási folyamatok vagy elhasználódás vizsgálatára. Ebben és a következő alkalmazásban egy új, speciálisan fókuszált mérési technika bevezetése fontos lesz.

Fázisállapotok, textúra vizsgálata tárgyak belsejében.

A fent említett új alkalmazási terület – amelynél a kompakt források megjelenése új, kedvezőbb feltételeket teremtett – azzal kapcsolatos, hogy a kompakt neutronforrások alkalmasabbaknak bizonyultak a szokásos alkalmazásokban használt, < 1 eV neutron energiánál nagyobb energiájú neutron-nyalábok előállítására. Egy a ma Japánban sikeresnek tekintett és terjedő *rákkezelési eljárás* nagyobb neutronforrásoknál azért sem tudott gyökeret verni, mert a kívánatos kb. 20 – 100 keV energiájú neutronokat nem lehetett kielégítően elválasztani a nagyenergiájúaktól (> 1 – 2 MeV). Ez utóbbiak pedig igen jelentős sugárterhelést jelentenek az egészséges sejtek számára is. Kompakt forrásoknál azonban lehet a paramétereket speciálisan úgy beállítani, hogy nagyenergiájú neutronok alig keletkezzenek. Japánban eddig 10 kompakt neutronforrás épült vagy épül rákkezelés céljára, bár az eljárást (BNCT = Boron Neutron Capture Therapy) világszerte nem tekintik klinikai kísérletek által elégségesen bizonyítottnak. Martonvásáron lehetőség fog nyílni ilyen klinikai kísérletekre, először az Európai térségben.

Japánban a kompakt neutronforrások fejlesztésének egyik fő célja jelenleg a teherautóra szerelhető, nagyon kompakt változat. Ez lehetőséget fog adni használtban lévő hídszerkezetek átvilágításos vizsgálatára a helyszínen. Ennek igénye az 1995-ös kobe-i földrengés során fellépő, a várakozásokat messze meghaladó károsodások kapcsán merült fel.