



Nukleáris fegyverek

Az Energetikai Szakkollégium 2015 tavaszi, Schenek István emlékfélévének első belső előadására 2015. február 17-én került sor, ahol az érdeklődők a nukleáris fegyverek történetéről, működéséről és felépítéséről hallhattak részletesebben.

Előadónk Csige András volt, a BME NTI tanszéki mérnöke.

A nukleáris fegyverek elmélete

Az előadást egy rövid történeti áttekintéssel indította az előadó, hogy mindenki jobban beleélhesse magát abba a helyzetbe, amelyben a Manhattan-projekten dolgozók voltak annak idején. Szó esett a Robert Serber által „új belépőknek” összeállított Los Alamos Primer c. dokumentumról, amelynek titkosítását mára feloldották. Annak idején ebben a dokumentumban foglalták össze mindazt, amit egy újonnan a projekthez csatlakozó tudósnak tudnia érdemes, így elég jó képet nyújt a tudásanyagról, amivel ezek a tudósok rendelkeztek.

Következő témánk a különböző hasadóképes izotópok és azok viselkedése volt. Az 1940-es években erről a témáról viszonylag kevés ismeret állt rendelkezésre, hiszen a magfizika egészen friss tudományterület volt még akkoriban. Annyit azonban tudtak már akkor is, hogy (az akkori technológiával) nagyobb mennyiségben előállítani három izotópot lehetséges, amely neutronokkal elhasítható. Ezek a ^{235}U , ^{238}U és a ^{239}Pu . Ezek közül a „25” kódnevű ^{235}U és a „49”, azaz a ^{239}Pu tűnt ígéretesnek, ugyanis a ^{238}U csak nagy energiákon hasad, a keletkező neutronoknak körülbelül csak a negyede lenne az energiaküszöb felett.

A hasadási neutronok energiaspektruma, az ún. Watt-spektrum már akkor is ismert volt, és a tervezés fázisában a hasadási és befogási hatáskeresztmetszetek energiafüggését is sikerült meghatározni mindegyik izotóp esetében. A fegyvernek olyan hasadóanyagra volt szüksége, amelyben a hasadás valószínűsége nagyobb a hasadás nélküli befogásnál, illetve a fajlagos neutronhozam is nagyobb, mint egy. Erre két lehetőség kínálkozott, vagy moderálással a termikus energiára lassítják a neutronokat, vagy pedig megelőzve a rezonanciabefogásokat, a gyors tartományon hasítják el a magokat.

Ezután egy rövid, egyszerű becslést alkalmazva kiszámítottuk, hogy hány neutrongeneráció képes elhasítani 1 kg ^{235}U -t, ha minden generáció kétszer annyi neutronból áll, mint az előző. Eredményül 80 körüli generációs szám adódott. Tudva, hogy a generációs idő körülbelül 10^{-8} nagyságrendű, ebből azt kapjuk, hogy az egész reakció kevesebb, mint egy tized μs alatt lejátszódik. Az energia nagy része azonban az utolsó néhány generáció hasításai során szabadul fel, azaz néhány száz ns alatt.

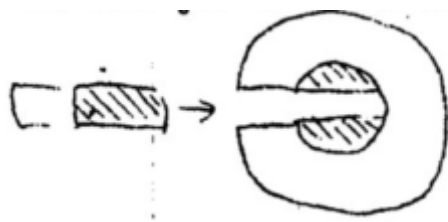
Ezek alapján négy alapvető szempontot kell figyelembe venni egy nukleáris robbanószerkezet tervezésekor:

- Alaphelyzetben legyen szubkritikus, biztonságosan szállítható
- A lehető legrövidebb idő alatt érjük el a lehető legnagyobb sokszorozási tényezőt
- A láncreakciót elindító neutronok bejuttatását meg kell oldani, de a korai indulást (pukkanást) meg kell akadályozni
- Az „aktív zónát” a lehető legtovább össze kell tartani, a nagyobb hatásfok elérése érdekében

A robbanószerkezetek működése

Mindezek alapján kétfajta koncepciót dolgoztak ki a tudósok. Az egyik az ún. Pu (majd később az U) ágyú, a másik lehetséges megoldás az implóziós szerkezet.

Ágyúnak azt hívjuk, amikor a hasadóanyag két tömbből áll, melyek térben el vannak egymástól választva. Általában az egyik darab jelentősen kisebb, mint a másik, de a nagyobb darab még így sem éri el a kritikus tömeget. A működés elve ennél a szerkezetnél, hogy a kisebb darab térbeli elválasztottságát hagyományos robbanószerkezet segítségével megszüntetjük, mintegy arcon löve a nagyobb darabot, és így az összes hasadóanyag tömege már meghaladja a kritikus tömeget.



1. ábra: Az ágyú működése

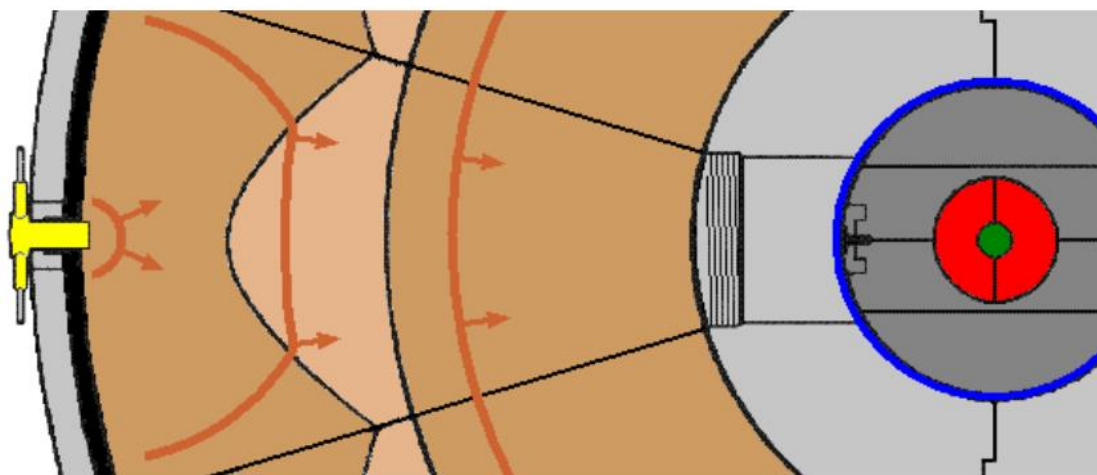
Az implóziós szerkezet lényege, hogy egy, a kritikusnál kisebb méretű fémgömb található a bomba belsejében, amelyet hagyományos robbanóanyaggal veszünk körbe. A kritikuság itt úgy érhető el, hogy a körülötte lévő robbanóanyagot egyszerre robbantjuk fel, és a befelé terjedő lökéshullám a kis gömbünket összenyomja, amelyben a magsűrűség megnövekszik, és beindul az önfenntartó láncreakció.

Elsőként az Pu-ágyú kifejlesztése tűnt a legjobb döntésnek, de ezzel számos probléma adódott. Többek között a Pu nagy alfa-aktivitása és nagy neutron-háttere miatt nehéz volt kezelni az anyagot, illetve nem volt kellően biztonságos az idő előtti indulás tekintetében sem.

Ezután teljesen újragondolták a projektet és az implózió kutatása mellett döntöttek, valamint a Pu-ágyú helyett az U-ágyú került előtérbe (ilyen lett később a Little Boy bomba is).

Az elsőként felrobbantott bomba mégsem ilyen, hanem implóziós szerkezetű volt, mely Gadget kódnéven vált ismertté. Ennek oka, hogy az uránt használó bomba gyakorlatilag az összes magas dúsítású uránkészletet kimerítette akkoriban, nem volt elég anyag egy másik bomba készítéséhez, míg plutóniumból elegendő mennyiség állt rendelkezésre.

Az implózió nehézsége abban rejlett, hogy a pontszerűen indítható robbanásokat úgy kellett összehangolni, hogy a bomba belseje felé terjedő lökéshullám szimmetrikus legyen, valamint egyszerre érjen oda minden irányból. Azaz több, mint 50 ponton tökéletesen időzített gyújtásra volt szükség, illetve a lökéshullám különböző sűrűségű robbanószerekkel való alakítására. Ennek a lényege, hogy a hullám a nagyobb sűrűségű anyagban lassabban terjed, melynek eredménye az alábbi képen látható.



2. ábra: Hullám terjedése

A többi, nukleáris fegyvert fejlesztő ország közül a legtöbb (még a Szovjetunió is) csak implóziós bombát fejlesztett. Ez a szerkezet lett később továbbfejlesztve, különböző hatékonyságot növelő eszközök felhasználásával, többek között:

- Könnyített burkolat
- D-T boosting
- Több detonátor alkalmazása
- Modernebb robbanóanyagok, melyekkel könnyebb dolgozni

A D-T boosting lényege, hogy az implózió közben fúzió is beindul, amely sokkal nagyobb energiájú neutronokat ad a hasadási reakciókhoz, így csökken a hasadóanyag-igény, illetve jobb hatásfok érhető el.

Ezután jött az ötlet, hogy fúziós bombát is lehetne építeni, ez lett a Teller-Ulam koncepció. Ennek lényege, hogy egy fissziós bomba energiáját felhasználjuk egy másik, fúziós bomba beindításához, összességében nagyobb robbanást eredményezve. Ilyen bombák lettek a valaha felrobbantott legpusztítóbb robbanószerkezetek, amik közül a legnagyobbat a Szovjetunió robbantotta, körülbelül 60 Mt hatóerővel, a hatvanas évek végén.

Ekkora hatóerőnek azonban már nincs értelme, ugyanis a célpont körüli 4-5 km-es körzetnél nagyobb pusztítást nem lehet elérni, mert a további energia a levegő gyorsítására pazarlódik. Ennek megfelelően a fejlesztések is más irányt vettek: bomba helyett igyekeztek kompaktabbá tenni a robbanószerkezetet, hogy rakéták robbanófejébe lehessen helyezni.

Később harctéri (!) ágyúlövedékekbe is tettek ilyen kompakt szerkezeteket, azonban ezeket szerencsére sosem vetették be. Ma interkontinentális rakéták robbanófejében vannak jellemzően, amik akár tengeralattjáróról, repülőről, hajóról vagy szárazföldről is indíthatók.

Források és hasznos cikkek:

- ⊗ Wikipédia
- ⊗ <http://nuclearweaponarchive.org>
- ⊗ <http://nuclearsecrecy.com>
- ⊗ <http://armscontrolwonk.com>
- ⊗ Richard Rhodes: The Making of the Atomic Bomb
- ⊗ Robert Serber: Los Alamos Primer
- ⊗ RDD-8 (RESTRICTED DATA DECLASSIFICATION DECISIONS 1946 TO THE PRESENT)
- ⊗ Report of the Select Committee on U.S. National Security and Military/Commercial Concerns with the People's Republic of China

Kovács István Soma
Energetikai Szakkollégium tagja