

Szerkezetintegritási és roncsolásmentes vizsgáló szakmérnöki képzés

Tóth László¹, Trampus Péter²

¹nyugalmazott egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, laszlo.toth@bayzoltan.hu

²Professor emeritus, Dunaújvárosi Egyetem, TRAMPUS@uniduna.hu

1. Bevezetés

A roncsolásos- és roncsolásmentes vizsgálatok oktatásának hazai helyzetét a felsőoktatási intézményeinkben felmérve, a leggyorsabban megvalósítható lépések a következők voltak:

1. A jelenleg oktatott ismeretek bővítését a helyzet felmérésébe bevont minden intézmény egyértelműen és egyetértésben javasolja.
2. Az oktatás formáját tekintve a **szakmérnöki képzést** javasolják legtöbbször úgy, hogy az egy **tágabb ismerethalmazba** legyen beépítve.
3. Az anyagvizsgálathoz kötődő szakmai szervezetek koordinációs tevékenységének további erősítése mindenképpen indokolt. Elsődlegesen a szakmérnöki képzések tematikáinak összeállításban, másodlagosan pedig az oktatási anyagok, könyvek megjelentetésében, a berendezéseket, eszközöket forgalmazó szakemberek, cégek bevonásával.

Ha a kiemelt megállapításokat csupán szavak sorozatával szeretnénk visszaadni, akkor így lehetne összefoglalni: *szükség van rá, részben kötött egyetemi oktatás keretében, továbbképzésként, szélesebb ismerethalmaz keretében, szakmai szervezetek bevonásával.*

A képzés megindításának alfája és omegája, hogy legyen egy egyetemi adminisztráció, egy tanszéki csoport, egy munkatárs, aki akarja, valamint képes a nyakába venni és segíteni a képzés adminisztratív előkészítését. Ebben a közegben eltöltött több fél évszázad tapasztalatai alapján joggal állítható, hogy egyre kevesebb számmal burjánzanak olyan közösségek felsőoktatási intézményeinkben, amelyek vállalják a „*szakirányú továbbképzési szak indítására*” a megfelelő dokumentáció tartalmi és formai elkészítését (általában 50 oldal terjedelemben), az egyetemi adminisztráción való átvezetését a rektori aláírás és pecsét eléréséig. El kell ismerni, hogy ez nagy munka, az intézmény jövőjébe, hírnevének megalapozásába önkéntesen befektetett egyéni tevékenység. Sajnos a felsőoktatásban egyre kevesebb ilyen

személy található mind vezetői, mind pedig végrehajtói szinten.

Oázis-szerű, üde színfoltnak tekinthető a Debreceni Egyetem Műszaki Kara, amelynek munkatársai nyitottak egyrészt az adminisztratív feladatok szak-szerű elvégzésére, másrészt a profiljukba tartozó témakörökhöz tartozó képzések szervezésébe és lebonyolításában úgy, hogy munkatársaikat is „beiskolázzák” a közösség szakmai ismereteinek céltudatos bővítésére. E mentalitás hosszú távú pozitív eredménye megkérdőjelezhetetlen.

Ezen az egyetemi háttéren, a MAROVISZ teljes szakmai bázisának bevonásával indult be 2020 szeptemberében (17 fővel) egy újszerű szakmérnöki képzés, amelynek

- az előkészítése (tantervének, tematikájának összeállítása) 2020 januárjában, februárjában kezdődött,
- a szélesebb ismerethalmazát a „szerkezetek integritása” témakör szolgáltatja,
- a struktúrájában a roncsolásmentes vizsgálatok témaköre a meghatározó (45%),
- a „beágyazó – a szerkezetek integritása – témakör” a tematika 35%-át képviseli,
- az általános gépészmérnöki gyakorlatban is jól hasznosítható ismeretek teszik ki a maradék 25%-át a 180 órás képzésben,
- nemzetközi elismertsége kiváló, mind az európai szakmai szervezetekben (ESIS, EFNDT, EWF), mind pedig a környező országokban (Szerbia, Románia, Horvátország, Fehéroroszország stb.). A képzés szükségességét az Academia NDT International (NDT Integrity Engineering elnevezéssel) világszerte hangoztatja. Ha úgy vesszük, akkor a debreceni szakmérnöki képzés, amelyről az Academia tud és melegen üdvözli, a koncepció első megvalósítása.

Jelen közlemény alapvető célja az, hogy röviden összefoglalja a képzés tartami részeit is annak dacára, hogy részletes tanterv a Debreceni Egyetem Műszaki Karának honlapján¹ megtalálható.

¹ <https://mecheng.unideb.hu/hu/szerkezetintegritasi-es-roncsolasmentes-vizsgalo-szakmernok> (Letöltés dátuma: 2021.02.15.)

2. Tanterv, tantárgyak főbb tartalmi elemei, előadói

Még mielőtt bárki is részletes leírásokat várna, szeretnénk kihangsúlyozni, hogy ezt e rövid összefoglalásban nem fogja megtalálni. Ezekről tájékozódhat az említett honlapon. Itt inkább a „mit-miért és kivel?” kérdésekre igyekszünk választ adni.

Kezdjük az alapozó tárgyakkal:

Statisztikai módszerek (10 óra). Nem lehet kérdés az, hogy a méréseket, elemzéseket végző mérnököknek alapvetően szüksége van ilyen ismeretek alapjaira még akkor is, ha Churchill mondása jut is eszünkbe: „Csak abban a statisztikában hiszem, amelyt én hamisítottam!” De vehetünk legendaként emlegetett Gillemot László professzornak tulajdonított hazai példát is: „Fordított korreláció van a Duna vízállása és az előadóban ülő hallgatók száma között” A kijelentés igaz, de a valódi ok a nyár, a meleg idő. Ami az előadót illeti; egyetemi tanár, a DE Műszaki Karának tanszékvezetője.

Problémamegoldás gépi tanulással (6 óra). A mesterséges intelligencia módszereinek alapszintű megismerése egy olyan szakmai területen, ahol **nagymennyiségű adat** keletkezik – márpedig a roncsolásmentes vizsgálatok ilyenek – nem lehet kétséges. Igaz, hogy a témakör alapvetően matematikusi feladat, de az alapismeretek elengedhetetlenek ahhoz, hogy értelmes beszélgetések indulhassanak meg a matematikusok és mérnökök között. Az előadó megegyezik az előző tárgy oktatójával.

Végelem-módszer alapjai (8 óra) és Szerkezetintegritás elemzés végelelemes alkalmazásai (12 óra). Az összességében 20 órás tárgy döntő célja, hogy azt a szemléletet sulykolja a képzés részvevőibe, hogy a szerkezetekben üzemi terhelésre kialakuló mezők numerikus módszerekkel szimulálhatók és a „mi van akkor, ha ...” kérdések megválaszolhatók könnyedén. Ezt segítik azok az önálló feladatok megoldásai is, amelyeket a képzés résztvevőinek kell elkészíteniük. Félreértés ugyancsak ne essék! Nem „profi alkalmazók kinevelése” a cél, hanem a szerkezetintegritás és roncsolásmentes vizsgáló *értelmes párbeszédének formálói* szintje alakulhat ki ezen ismeretek birtokában. E tárgy már az „alapozó” és a „beágyazó – a szerkezetintegritás – ismerethalmaz „folyosójának” is tekinthető. Az előadó a Kar docense megfelelő gyakorlattal és tudásszinttel.

A képzés tágabb, a „beágyazó ismerethalmazának” a „szerkezetintegritás” tantárgyai:

Biztonság – megbízhatóság – kockázat (13 óra) terjedelemben foglalja azon ismereteket, gondolkodási módot, amely a mérnöki tevékenység és a gazdasági szemlélet szerves egységét adja. Előadója e közlemény egyik szerzője, az első olyan hazai szervezeti egység létrehozója, amelynek a „szerkezetintegritás” kifejezés a szervezeti egység elnevezésében szerepel. A tantárgy tematikájához közvetlenül csatlakozó első hazai egyetemi jegyzet megjelenése 2021-ben várható.

Üzemeltethetőség megállapításának mérnöki módszerei (13 óra) című alatt az Európai Közöség által finanszírozott FITNET hálózat által 2002-2006 között, több mint 40 szakember által kidolgozott mérnöki módszerek kerülnek ismertetésre, amelyek a repedésszerű hibákat tartalmazó berendezések biztonságának megítélésére használhatók. Az eljárások a törés, kifáradás, kúszás és korróziós károsodások értékelésére használhatók. A tárgy előadója a FITNET projekt hazai képviselője, aktív résztvevője.

Üzemeltetési körülmények. Anyagok károsodása (27 óra). Az adott felelőtelekkel üzemelő szerkezetek mindenkori biztonságát a bennük kialakuló mezők (hőmérsékleti, alakváltozási és feszültségi stb.), hibák és a méretezés szempontjából lényeges anyagi tulajdonságok határozzák meg. Ez utóbbiak az üzemeltetés során változhatnak, úgy is mondhatnánk, hogy – mint a szervezetünk – „a szerkezetek is öregednek”. Az ipari gyakorlatban előforduló károsodási folyamatok kerülnek áttekintésre a felhasznált anyagok és az üzemi paraméterek függvényében. A tárgy előadója e közlemény egyik szerzője.

Törésmechanikai alapelvek, anyagjellemzők (10 óra). A repedésszerű anyagfolytonossági hibáknak az üzemeltetés biztonságára gyakorolt hatásának különböző modelljei kerülnek áttekintésre a legkonzervatívabbaktól a FITNET meggondolásokig. A szemlélet gyakorlati alkalmazását olyan egyéni feladatok megoldása segíti, amelyben az integrálás, deriválás, függvényábrázolás általános matematikai szoftvereit (MathCad, MAPLE stb.) kell használni. E tárgy egyben a roncsolásmentes vizsgálati blokk „átvezető folyosója is” mivel a roncsolásmentes vizsgálatok célja nem a legkisebb hibák detektálása, hanem a kimutatandó hibák „üzembiztos detektálása”.

A roncsolásmentes vizsgálatok blokkja 81 óra terjedelmű. A tárgyak a következők:

Korszerű állapotellenőrzés (13 óra). A tárgy a károsodások proaktív kezelése koncepciónak az alapjait tárgyalja, aminek lényege, hogy nem a folytonossági hiányt (hibát) keressük, mérjük, jellemezzük és értékeljük (ez a reaktív módszer), hanem a szerkezet azon pontjait, ahol ezek, mármint szélsőséges esetben a repedések keletkezni fognak. Megismerik a hallgatók a roncsolásmentes vizsgálat egy másik változatát, egyesek szerint a fejlődése következő fokozatát, azaz a szerkezeti „egészség” monitorozását (Structural Health Monitoring). Speciális roncsolásmentes vizsgálati technikák, mint példák segítik a megértést. A tárgy előadója e cikk másik szerzője és a területen jártas ipari szakember.

Ipar 4.0 és roncsolásmentes vizsgálat (12 óra). Az Ipar 4.0 teljesen új alapra helyezi a folyamatokat, és természetesen új utat jelöl ki a roncsolásmentes vizsgálat számára is. Az új út nem lehetőség, hanem a helyzetből adódó szükségszerűség. Az NDE 4.0 (a világban terjedő elnevezés) nem más, mint a negyedik technológiai forradalom vívmányainak az alkalmazása a roncsolásmentes vizsgálat/értékelés területén, aminek eredményeként a roncsolásmentes vizsgálat szimbiózisba kerül az Ipar 4.0 technológiájával. A tárgy ennek a folyamatnak az elemeit mutatja be. Előadója e cikk másik szerzője.

Roncsolásmentes vizsgálatok megbízhatósága (14 óra). Itt tárgyalásra kerülnek a vizsgálat megbízhatóságának elemei, úgymint az alkalmazhatóság, a reprodukálhatóság, a megismételhetőség és a

teljesítőképesség. Külön figyelmet kapnak a következő fogalmak: POD (Probability of Detection), ROC (Reliability Operating Characteristic), PFC (Probability of Fals Call) és a POD görbe felvétele hagyományos módon, szimulációval. Tárgyalásra kerül még a roncsolásmentes vizsgálat rendszer (technológia, vizsgálati eszköz, vizsgálati személy) minősítésének kérdése, és a hallgatók megismerik a vizsgálatminősítési folyamat elemeit. A tárgyat jeles ipari szakemberek oktatják.

Roncsolásmentes vizsgálatok modellezése és szimuláció (12 óra). Ismertetésre kerül a mikroelektronika és az információs technológia fejlődése kínálta modellezés és szimuláció a roncsolásmentes vizsgálatban. Konkrétan bemutatásra kerül az egész világon elterjedten alkalmazott CIVA roncsolásmentes szimulációs szoftver, amellyel a hallgatók egyszerű példafeladatokat is megoldanak. A tárgy oktatója a szimuláció elismert művelője.

Roncsolásmentes vizsgálati eljárások és alkalmazások (30 óra). A tárgy az ipari gyakorlatban használt, hibakereső és anyagtulajdonság meghatározó roncsolásmentes vizsgálati eljárások fizikai alapelveit (kapillaritás, mágneses szórt fluxus, örvényáramok, elektromágneses hullám intenzitás-gyengülés, akusztikai törvényszerűségek), az eljárások csoportosítását, valamint a roncsolásmentes vizsgálati eljárások evolúcióját mutatja be. Tárgyalásra kerülnek az egyes eljárások előnyei és korlátjai és az eljárások összehasonlítása, valamint a jellemző alkalmazási területek ipari példákkal. A tárgy jelentős hányada gyakorlati laboratóriumi bemutató. A tárgyat hazai szakember gárda vezető szakértői adják elő.



1. ábra: Roncsolásmentes anyagvizsgáló képzés tanfolyami könyvei

Ha a témaköröket összefoglaló elnevezésekre pillantunk az utolsó kivételével olyan címeket olvashatunk, amelyek hazai egyetemi képzésekben eddig nem láthattunk. Nyugodtan kijelenthető tehát az, hogy minőségi lépést jelentenek a tárgyak mögött meghúzódó fejlesztés, hazai fejlődés, amely joggal szolgálhat a vizsgálatminősítés és személytanúsítás fontos megalapozójaként. A tárgyak oktatói garnitúrájának (Bodolai Tamás, Benedek Béla, Fücsök Ferenc, Klausz Gábor, Ladányi Péter, Skopál István, Szűcs Pál), megszervezője a MAROVISZ elnöke, e közlemény egyik szerzője, aki egyben az EFNDT szervezet elnöki feladatait is ellátta 2015 és 2018 között, és elvülhetetlen érdemeket szerzett a magyar nyelvű szakirodalom megteremtésében.

3. Összefoglalás

A közlemény célkitűzését és a röviden ismertetett gondolatokat, tapasztalatokat tekintve az az alábbi összefoglaló megállapítások tehetők:

3.1. A Debreceni Egyetem Műszaki Kara és a MAROVISZ sikeresen megszervezett egy olyan újszerű szakmai továbbképzést,

amelyben a roncsolásmentes vizsgálatok a tananyag 45%-át szolgáltatták.

- 3.2. A „Szerkezetintegritás” témaköre – amely a tananyagban 35%-kal szerepel - szolgáltatja azt a tágabb, beágyazó ismerethalmazt, amelyben vizsgálati technikaként a roncsolásmentes vizsgálatok megjelentek.
- 3.3. A kiegészítő ismerethalmaz alapvetően a matematikai statisztikai módszerekre és a gépi tanulás lényegi elemeinek megismerésére koncentrálódhatott, mivel napjainkban már elhagyhatók a korábbi „politikai és gazdasági töltetű” kötelező tantárgyak.
- 3.4. A képzés igen rövid idő alatt történt megszervezése egyben mintapéldája az egyetemek és szakmai szervezetek hathatós együttműködésének. Bízunk abban, hogy a példa egyben „ragadós” is, azaz folytatása is várható, például olyan formában, hogy a „beágyazó” ismerethalmaz változtatásával az anyagvizsgálati eljárások köre változik. Ilyen lehet a „kárelemzés – kár megelőzés” területe is.



2. ábra: A Szerkezetintegritási és Roncsolásmentes Vizsgáló Szakmérnök Képzés megnyitója.
A képen balról jobbra: Tóth László, Mankovits Tamás, Trampus Péter