DESIGN FOR ENVIRONMENT – A KÖRNYEZETHELYES TERMÉKTERVEZÉS ÚJ MÓDSZERE

Torkos Zoltán okleveles gépészmérnök, doktorandus hallgató

(Budapesti Műszaki Egyetem, Gépserkezettani Intézet)

1. BEVEZETÉS

A termékkel szemben támasztott növekvő, és a termék teljes életciklusára kiterjedő, gyakran egymásnak ellentmondó követelmények egyidejű kielégítése és a versenyképességet biztosító újszerűség, minőség, alacsony költség és rövid fejlesztési idő egyre nagyobb követelmények elé állítják a fejlesztéssel és tervezéssel foglalkozó szakembereket. A korábbi pszeudó optimális tervezési szemléletmódot felváltó integrált termékfejlesztési koncepció (1. ábra) megvalósítása megkívánja az egyes tevékenységek időbeli párhuzamosítását, és a fejlesztéshez, döntéshozzáshoz szükséges átfogó, valamint követelmény specifikus információk, szakmai ismeret mielőbbi, a tervezés lehető legkorábbi szakaszaiban való rendelkezésre állást.

Az egyes mérnöki tevékenységek támogatásának és a konkurens tervezés megvalósításának ma már többféle módszere és eszköze ismert, azonban ezek gyakorlati alkalmazhatósága és hatékonysága igen eltérő.

1. ábra: A konkurens tervezési módszerek ^{A gyakorlati alkalmazási szint}

A rendelkezésre álló tapasztalatok azt mutatják, hogy jelenleg a gyakorlati mérnöki munkához a legnagyobb támogatást a különböző tervezői értékelő rendszerek, a DfX (Design for X) technikák nyújtják [1], amelyek egyik fő problémája, hogy még nem biztosítják a tervezés egyes szakaszaiban fellépő ellentmondások feloldását és a tervezői szándékok összehangolt, következetes megvalósítását

A DfX TECHNIKÁK JELLEMZŐI

A tervezői döntések a termék jellemzőit, költségeit, minőségét meghatározó, közismerten nagy súlya elengedhetetlenné teszi, hogy a tervezés folyamat minden szakaszában a konstruktőr rendelkezésére álljon rendezett és gyorsan hozzáférhető formában a változatok megítélése, a hibás fejlesztések minél több szempontját lefedő szaktudás (2. ábra), hogy specialistákra csak a legkritikusabb esetben legyen szükség.

2. ábra: A DfX által lefedett szakterületek

A DfX technikák nyújtják a mérnöki tervezésnek az egyik legjelentősebb támogatást. Alkalmazásuk lehetővé teszi, hogy a konstruktőr a tervezési folyamat minden szakaszában ellenőrizhesse a termék költségeit, jellemzőit és minőségét meghatározó tényezőket, a hibás tervezés elkerülése végett. A tervező szaktudást prezentáló DfX technikák kezdetben elsősorban a termékek funkciójával és az előállítással összefüggő szempontokra irányultak [2]. Ezek egyik legismertebb képviselője a DFMA (Design for Manufacturing and Assembly), amely mellett egyre nagyobb fontosságot kapnak, a folyamatos költségbecslést lehetővé tevő DfC (Design for Cost) [3], a karbantartás értékelésére alkalmas DfS (Design for Service), valamint a környezeti hatások mérlegelését lehetővé tevő DfE (Design for Environment) értékelő technikák, amelyeknek a struktúráját a (3. ábra) mutatja be. A DFE azonos rangúként kezeli az összes környezettel összefüggő kérdést, a recycling problémakörét is beleértve.

1. ábra: A DFE felbontása által lefedett területek

A DFE PROGRAM ÉS MÓDSZER

A termékkel szemben támasztott növekvő környezetvédelmi követelmények és tervezői tudatosság, valamint a szigorodó, a termék teljes életciklusára kiterjedő előírások (pl. ISO 14000, 14040, 14042, 14043, 14060, stb.) és törvényi szabályozások előtérbe helyezték a környezet szempontú tervezést támogató módszerek és eszközök fejlesztését. Az ez irányú fejlesztéseket és gyakorlati ipari alkalmazásukat továbbá gyorsították azok az EU tagországokban életbe lépett törvények, amelyek az életciklusuk végére ért termékek és csomagoló anyagaik megsemmisítését vagy újrahasznosítási felelősséget a gyártók kötelezettségeként írja elő és kötelezővé teszi a termékeken a környezetvédelmi és újrahasznosítási anyagjelzések használatát. Ez utóbbiakat 1997. augusztus óta hazánkban is kötelező érvényű rendelet írja elő. [4]

A környezet szempontú tervezés támogatására, a környezeti hatások korai becslésére több módszert és eszköz ismeretes, mint például a recycling-gráf, a BMW, VW-Audi, Mercedes, stb. járműgyártók által kifejlesztett és alkalmazott módszer és eszközbázis, amelyek egyik jellegzetes

hiányosságai köré az egyes szempontok pld. káros anyagkibocsátás, recyclálhatóság, szétszerelhetőség, vagy a költségek túlhangsúlyozása, vagy hiánya sorolható.

A felsorolt problémák megoldására és a műszaki, gazdasági, környezetvédelmi ellentmondások feloldásának napjaink egyik leghatékonyabb eszközeként fejlesztette ki a BDI (Boothroyd & Dewhurst Inc.) és a TNO Ipari Technológiai Intézet (Delfti Műszaki Egyetem, Hollandia) Termékek Tervezése Karával együttműködve a Design for Environment, (Környezet szempontú tervezés), vagy röviden DfE módszert és az ezt támogató informatikai eszköz hátteret. Melyet Winston Knight University of Rhode Island professzora és a BDI cég alelnöke úgy jellemez, hogy: „Ez az első olyan jelentős, a termékek teljes életpályáját átfogó módszer, amely egyesíti az üzleti érdeket és az ökológiai érdekeket” mert „valójában úgy tűnik, hogy a legtöbb vállalat és kormány csak akkor törekszik a „zöld termékek” létrehozására, amikor felfedezi a kedvező költség/haszon viszonyokat”. [5]

A DfE módszerrel meghatározhatóak a tervezés során, a termékéletpálya végén, a szétszerelés gazdasági hatásai, vizsgálhatóak az életút kezdetén és végén fellépő környezeti hatások.[6] Elősegíti azoknak a késztermékeknek és nyersanyagoknak a kiválasztását, melyek könnyen újrahasznosíthatók illetve recikálhatóak, a környezetbarát gyártási eljárások megválasztásához, alkalmazásához és a termék szétszerelésének az egyszerűsítéséhez.

A DfE a DfX technikák, és ezen belül a DFMA programcsalád legújabb tagja, mely egy új elemzési módszert és szemléletet vezet be a tervezési folyamatba. A DfE az LCA (Life Cycle Assessment, életciklus becslés) elemzésre épül. A módszer és az azt támogató szoftver használható önmagában, valamint a Design for Assembly (Szerelés helyes Terméktervezés) programhoz kapcsoltnak is. Ha a DfE-t egymagában használjuk, egy munkalapon alkatrészenként meg kell adni a szétszerelési utasítást. Ha a DfE-t a DFA-val összekapcsolva használjuk, a program a munkalapot automatikusan generálja a DFA elemzés adataiból. A felhasználó mindkét esetben kiválaszthatja az alkatrészek anyagát és a gyártási eljárásokat a DfE adatbázisából. Az adatbázisok a szétszerelési lépések idő- és költségadatait valamint az anyag-alakítással, gyártással, visszanyeréssel, megsemmisítéssel kapcsolatos környezeti információkat is tartalmazzák. A program segítségével meghatározható a legkisebb költségáfordítást igénylő szétszerelési sorrend.

A szétszerelési sorrend alapján két fő elemzés végezhető: 1. a szétszerelés, hulladékkezelés, ismételt felhasználás és újrafeldolgozás pénzügyi megtérülési becslése. 2. termék-előállítás, a hulladékkezelés, ismételt felhasználás és újrafeldolgozás okozta környezeti hatások becslése, melyek segítségével lehetőség nyílik az optimális megoldás megtalálására. Ezen kívül a DfE a pénzügyi adatokból automatikusan meghatározza a preferált szétszerelési sorrendet, segítve a piaci döntéseket akár új termékek fejlesztése, akár meglévő termékek áttervezése esetén.

A módszer a termékek környezeti hatásának meghatározásához egy metrikus értékbecslési és összehasonlítási egységet a MET-et (Materials = anyag, Energy = energia, Toxicity = mérgező hatás) használja, amelyet a Holland TNO Institute of Industrial Technology fejlesztett ki. A MET értéke alapján a környezeti hatások szempontjából összehasonlíthatóak az egyes megoldási változatok, vizsgálhatóak a felhasznált anyagok, gyártási eljárások és eszközök jellemzői. A MET értékén belül az anyagok költségbecslése tekintetbe veszi a terméknek vagy alkatrészének a föld nyersanyag forrásainak kimerülésével kapcsolatos hatásokat. Energia összetevője az energiával kapcsolatos hatásokat vizsgálja, például az üvegház-hatást, a savasodást, az eutrofikációt és a szmogot. A Toxicitás tényező az emberre és a környezetre gyakorolt mérgező hatásokat méri. Mivel egy adott termék minden elemére meghatározhatóak a gyártásra és a hulladékkezelésre vonatkozó MET értékek, a tervezők könnyen felismerhetik a környezetbarát alkatrészeket, és lehetőséget adnak arra, hogy minden különösebb ökológiai háttérismeret nélkül mérjék és értékeljék a környezeti tényezőket és javítsák a környezettel szembeni tudatos felelősségérzetüket.

A MET pontelemzés, gazdaságossági elemzéssel kombinálva, lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy megalapozott gazdasági döntéseket hozzanak, figyelembe véve a környezetbarát termékek értékét szemben azok költségeivel. A DfE szoftver adatainak használatával a tervezők meg állapíthatják, hogy mikor válik gazdaságtalanná a termék szétszerelésének folytatása.

ESETTANULMÁNY

A DfE kézikönyv [6] egy rövid elemzési példáján keresztül tekintsük át a DfE módszer és szoftver működését. Legyen az elemzés tárgya a (4. ábrán), látható hajtómű, melynek már előzőleg elkészült DFA elemzését beolvashatjuk a DfE programba és felhasználhatjuk a DfE elemzéshez.

A program bemeneti adatai és ablakai:

- a termékinformációs ablakban általános információkat adhatunk meg az egész termékkel kapcsolatosan.
- a munkalap ablakban megtekinthetjük a számítási eredményeket, hozzáadhatunk és megnevezhetünk újabb alkatrészeket.
- a DFE/D kérdésablakban kell megadni minden alkatrész anyagát és a gyártási eljárásokat.

4. ábra:

Hajtómű robbantott ábrája

A program kimeneti adatai és ablakai:

az életpálya vége kiértékelési diagram (7. ábra) az elemzés végeredményeként megadja a költségek és a környezeti hatások összehasonlító értékeit.

- Az egyes alkatrészekre vonatkozó részletes információkat és adatokat a „vonalzó” vízszintes irányú elmozdításával, a számítási eredményeket pedig a vonalzó **Info** gombjának megnyomásával kaphatjuk meg.

No.	Type	Name	Repeat count	Tool fetching time, sec	Removal or operation time, sec	Total removal time, sec
1	Part	Cover Screw	4	4.200	5.700	27.000
2	Part	Cover	1	0.000	5.700	5.700
3	Oper	push/pull wire - easy	2	0.000	-	18.792
4	Part	Grommet	1	0.000	5.000	5.000
5	Part	End Plate Screw	2	4.200	5.700	15.600
6	Part	End Plate	1	0.000	3.800	3.800
7	Part	Set Screw	1	4.200	9.400	13.600
8	Sub	Sensor	1	0.000	4.800	4.800
9	Part	Motor	1	0.000	0.000	0.000
Totals			21	21.000		153.092

5. ábra: Kezdeti munkalap

6. ábra: DFE/D Munkalap

minden részegység esetén. Ha végeztünk az adatok bevitelével, rövid időn belül rendelkezésünkre áll az életpálya vége kiértékelésére szolgáló diagram (5. ábra), mely áttekintést ad arról, miként és milyen környezeti változások keletkeznek a termékéletpálya végén történő szétszerelési és termék kivonási eljárás során

A diagram baloldali függőleges tengelyén a költségek illetve a haszon helyezkedik el. A jobboldali függőleges tengelyen a környezeti hatásokat láthatjuk MET-pontban. A vízszintes tengely mutatja az időt a teljes lebontásig (jobb széle).

A diagramon 3 információ változása jelenik meg:

- *Gazdasági érték (1. görbe)*

Ez mutatja az összesített költségeket/ bevételeket a szétszerelés során. A diagram minden pontja egy adott alkatrészhez vagy szétszerelési lépéshez tartozik és azt a kiadást vagy bevételt, mutatja, mely az adott pontban lévő lebontási fokhoz tartozik.

- *MET érték (3. görbe)*

7. ábra: Termék-életpálya grafikon

Ez mutatja az összegezett környezeti hatásokat, melyet a gyártás és a termék életpálya végi lebontásának együttes hatása okoz.

- *Negatív részhatások (2. függőleges oszlopok)*

Az egyes részekre vagy eljárásokra vonatkozó függőleges vonalak az anyagból és a gyártási eljárásból adódó negatív hatásokat az életpálya végi újrafelhasználás vagy tárolás adott fokán jelentkező negatív hatásokkal együtt mutatják. A vonalak hosszúsága a termék jellemzőiben pld. az alkatrészek tömegében vagy újrahasznosításában. Az ismételt-felhasználás vagy újrafeldolgozás környezeti hatásaiban bekövetkező fontosabb változásokat jelzik.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A DfX technikák eddig megvalósított moduljaival, a DFMA-val a DfC-vel, DfS-sel szerzett tapasztalatok azt mutatják, hogy a DfX jelentősen segíti a tervező munkáját a termék elemzésénél, értékelésénél, és bár nem helyettesíti a konstruktóri tudást, mégis jelentős szerepe van a mérnöki kreativitás fejlesztésében. A DfE technika használatával ugyan tovább nő a tervezés időszükséglete, de a kapott eredmények figyelembe vétele ma már nélkülözhetetlen a környezetorientált tervezésben. A tervezői tevékenység hatékony gyakorlati támogatása és a számtalan sikeres ipari project ellenére ma még korlátozott a DfX technikák felhasználása, amelyek többnyire a következő okokra vezethetők vissza:

- szűk az eszközválaszték, sok modul csak fejlesztési stádiumban van,
- nem megfelelő a felhasználók termékfejlesztési stratégiája,
- egyszeri elszigetelt alkalmazás nem hoz rögtön látványos eredményt,
- nincs meg a megfelelő vezetői elkötelezettség az új módszerek alkalmazása iránt,
- nem megfelelő a felhasználók képzése. [7], [8], [9]

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Frech, J.: Kostengerechte Konstruktion. CAD-CAM Report, Nr.3. 1995.
- [2] Ehrlenspiel, K.: Integrierte Produktenwicklung. Hanser Verlag, München, 1995.
- [3] Bercsey, T. Lőrincz, S.: Cost oriented CAD. CAMP'93, Budapest, 1993.
- [4] 29/1997(VIII.29) KTM rendelet: A környezetbarát, környezetkímélő megkülönböztető jelzés használatának feltételrendszeréről. Magyar Közlöny, 1997. évfolyam 8. szám.
- [5] Boothroyd & Dewhurst Inc.: Design for Environment. Technology & Innovation, 1996. December. 16-i. szám.
- [6] Boothroyd & Dewhurst Inc. & TNO's: Design for Environment. Wakefield, USA, 1996.
- [7] Dr. Bercsey Tibor, Dr. Lőrincz Sándor: A terméktervezés megújulása: Az új alapelvek és integrált módszerek. Gépgyártástechnológia, 1996. évfolyam 7-8 szám.
- [8] Dr. Bercsey Tibor, Dupcsák Zsolt: DFX technológiák és alkalmazásuk. Géptervezők X. Országos Szemináriuma, Miskolc, 1995.
- [9] Dr. Hegedűs József, Dr. Lőrincz Sándor: Korszerű terméktervezési és fejlesztési módszerek magyarországi alkalmazására való felkészülés. Gépgyártástechnológia, 1996. évfolyam 7-8. szám.