

Az FMEA (Hibamód- és Hatás Elemzés) módszer alkalmazhatósága a bútorok tervezésénél előforduló hibák megelőzésére

Antal Mária Réka, Kovács Zsolt *

Application of the FMEA method in order to prevent design failures of furniture.

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) is a procedure by which each potential failure mode in a system is analysed to determine its effect on the system and to classify the same according to its severity. It is a tool used extensively in developed countries, however it is still unknown and less used in Hungary. This paper presents an application of the FMEA for a piece of furniture (wardrobe). To the furniture industry, FMEA will mean a new methodology of continuous quality improvement for the satisfaction of customers. Its main purpose is to avoid as many potential failures as possible by identifying them and taking appropriate actions in the early stages of design and development. The FMEA's algorithm can be joined into the process of the design procedure. Aesthetic functions of a product can be taken into consideration in the analysis by properly establishing the criteria with regard to the product being analysed.

Bevezetés

A minőség a vállalatok és egyes országok gazdasági és társadalmi erejének alapvető meghatározója. Az egyre erősödő versenyhelyzet és a növekvő pénzügyi kockázat minden vállalatot arra késztet, hogy az általa végzett tevékenység minőségét szabályozó és irányító rendszerbe minél több olyan mechanizmust építsen be, amely felismeri a lehetséges hibákat és azok következményeit még a termék vagy szolgáltatás előállítási folyamatának kezdeti szakaszában, minimálisan csökkentve ezáltal a szükséges változtatások költségeit. Ugyanakkor egyre több megrendelő igényli az általa vásárolt termék gyártóitól azoknak a korszerű módszereknek az alkalmazását, amelyek segítségével javul a gyártott termékek minősége és megbízhatósága. Ilyen módszer a lehetséges hibamód és hatáselemzés (FMEA).

Megállapítható, hogy a termékekkel és szolgáltatásokkal szemben támasztott követelmények folyamatosan növekednek. Így a bútoroknak mind a nyersanyagot, mind a szerkezeti megoldást és a kiviteltséget illetően minőségileg kifogástalanoknak kell lenniük. A bútorok minősége ma alapfeltétele a piacon való megmaradásnak. Éppen ezért e dolgozatban szeretnénk rámutatni az FMEA koncepciójának lényegére, és alkalmazhatóságára a bútortervezésben. A módszer beépíthető a tervezésbe és a gyártási folyamatba is. Alkalmazása a bútor minőségét

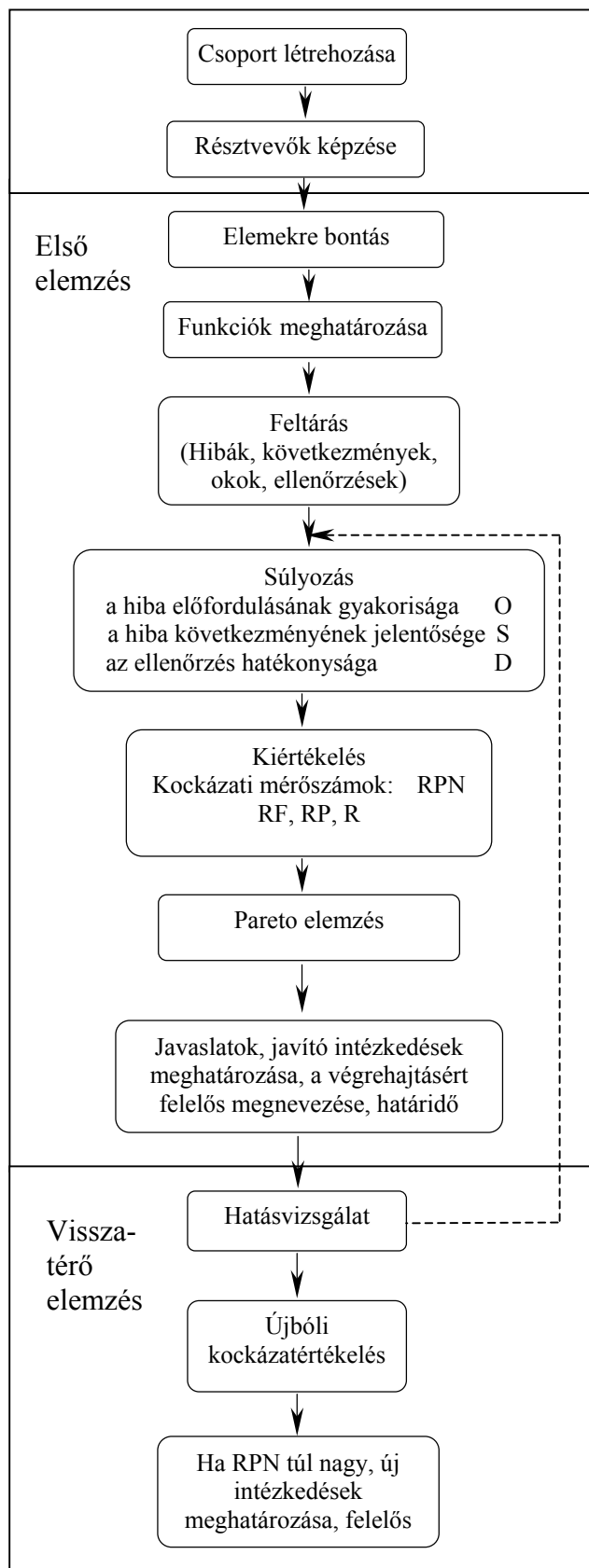
folyamatosan javítja, segítségével megelőzhetők, kiküszöbölhetők olyan hibák, amelyeknek egyébként nem tulajdonítanánk jelentőséget vagy nem is vennénk észre azokat, de amelyeknek komoly következményei lehetnek a későbbiek során. A cél az, hogy a minőség állandó javítása minél korábbi fázisban történjen.

Módszer

Mi is az FMEA? Az angol Failure Mode and Effects Analysis szavak kezdőbetűivel jelölt eljárás, jelentése: hibamód- és hatáselemzés. Az FMEA olyan korszerű tervező, fejlesztő, ellenőrző módszer, amely biztosítja a termék/folyamat tervezési, gyártási vagy használati elégtelenségeiből származó lehetséges hibák feltárását és, a hibák szisztematikus elemzése alapján intézkedéseket hoz azok megelőzésére vagy kiküszöbölésére, ezáltal biztosítva az egyre jobb minőségű termék/folyamat előállítását, a minőség állandó javulását.

Az FMEA nemcsak sorozatgyártásnál, hanem kisebb sorozatoknál, sőt egyedi termékekre is alkalmazható, hatékony eljárás. Ilyen szempontból nagy jelentősége lehet a bútorok tekintetében, ugyanis ma a világon egyre inkább az egyedi bútorok gyártása kerül előtérbe. Alkalmazható megelőző intézkedésként, a termék és gyártás bevezetését megelőzően, valamint már működő rendszerek, folyamatok esetén a hibák utólagos elemzése során.

* Antal Mária Réka doktorandusz hallgató, Dr. habil Kovács Zsolt CSc. intézetigazgató egy. tanár, NyME Terméktervezési és Gyártástechnológiai Intézet.



1. ábra – FMEA folyamatábra

Az FMEA használata a következő esetekben indokolt különösen (Koczor 2000):

- új termékek/folyamatok kifejlesztésekor a későbbi meghibásodások megelőzése érdekében;
- már meglévő termék továbbfejlesztésekor;
- új gyártástechnológia és gyártási folyamat bevezetésekor, ha a gyártási folyamatok eredményeképpen nem megfelelő termékek vagy szolgáltatások keletkeznek, és meg kell keresni a hibákat és azok okait;
- ha a gyártási folyamatok nem megfelelő eredményekhez vezetnek és a hibát a termék koncepciójában kell keresni.

Mivel egy terméknél a hibák egy része konstrukciós eredetű, másik része kivitelezéskor következik be, két FMEA típust különböztetünk meg, éspedig: konstrukciós FMEA és folyamat FMEA. A két FMEA típus kölcsönösen feltételezi és kiegészíti egymást, ezért mindkettőt célszerű alkalmazni.

Az elemzés folyamata hasonló mindkét típus esetén. A konstrukciós (Design) FMEA olyan elemzési eljárás, melyet elsősorban a termékfejlesztő mérnökök használnak, hogy a termék lehetséges hibáit és azok okait meghatározzák. Struktúrája megmutatja az elemeket, funkciókat, hibákat, okokat, következményeket, ellenőrzéseket, értékelési módszert ad, és mindezek alapján javaslatokat lehet készíteni. A módszerrel a javaslatok hatásait is megvizsgáljuk. Fontos a struktúrában a visszacsatolás, a változtatások hatásának ellenőrzése. Az 1. ábra bemutatja az FMEA folyamatát (Johanyák 1998).

A hibák fontossági sorrendjének megállapításához fontossági mérőszámokat, az értékeléshez pedig kockázati mérőszámokat (kockázati mutatókat) alkalmazunk.

Fontossági mérőszámok:

1. A hiba előfordulásának gyakorisága vagy az előfordulás valószínűsége (**O**-Occurance)
2. A hiba következményének súlyossága (**S**-Severity)
3. Az alkalmazott ellenőrzés hatékonysága vagy felfedezés valószínűsége (**D**-Detection)

Kockázati mérőszámok:

1. Kockázati tényező, **RPN** (Risk Priority Number)
2. A hiba jelentősége, **RF** (Risk of Failure)
3. Az elem jelentősége, **RP** (Risk of Part)
4. A rendszer (termék) jelentősége, **R** (Risk)

Az ISO 9000 szabványsorozat bevezetése és a tanúsítás a termékek versenyében új tényezővé vált. A QS 9000 szabványsorozatban az FMEA, mint a minőségtervezési folyamatban és az ellenőrzési tervek előállításában használt módszer szerepel. Ugyanakkor az FMEA, mint a tervezés minősítésének és jóváhagyásának egyik eszköze az ISO 9004 ajánlásai között is jelen van.

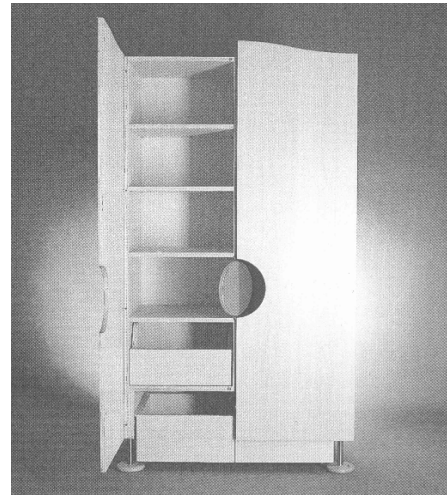
A módszer gyakorlati alkalmazása széles körben elterjedt már a különböző iparágakban (hadiipar, űrtechnika és repülőgépipar, tengerészet, gépipar, autóipar, elektronika, robottechnika, automatizálás).

Bútoripari alkalmazás

Bár a faipar vállalatai nehezen fogadják a minőségirányítási rendszer bevezetését és résztechnikáinak kiépítését, a hibaelemzési technikák alkalmazása törekvésként jelentkezik a bútorgyártás területén. A lényeges hibák kiválasztására irányuló Pareto-elemzés alkalmazásának már eredményes példáival találkozhatunk.

Mindemellett a bútorigarban is ajánlatos lenne az FMEA módszer elterjesztése és gyakorlati alkalmazásának bevezetése. E célból végeztük el egy szekrény konstrukciós FMEA vizsgálatát. Az alábbiakban a kapott eredményeket és következtetéseket mutatjuk be.

Elsőként azt hangsúlyozzuk ki, hogy azért vizsgáljuk a bútort, hogy felfedjük annak lehetséges hibáit, és így jobb minőségű terméket kapjunk. Ezért megemlítjük röviden azokat a szempontokat, amelyeket figyelembe kell venni ahhoz, hogy a bútorok minőségének komplex problémakörét kezelni tudjuk a módszerrel. Ilyen szempontok a faipar sajátos vonásai: a faanyag tulajdonságai, megmunkálása, a fahibák, kialakult technológiák, a faanyag esztétikai jellemzői, a fa, mint természetes anyag emberre gyakorolt kellemes hatása. Emellett a bútorok minőség-jelentésének megfogalmazásához



2. ábra – Ruhásszekrény

szükség van egyedi jellemzőkre is. Az ilyen minőségjellemzők az u.n. érvényesülési funkció teljesítésével függnek össze: a művészi színvonal, a design eredetisége, szellemessége, az esztétikai színvonal, divatosság, időtállóság, az anyagok nemes volta. További egyedi jellemzők a szerelvények technikai színvonala, a megmunkálás pontossága, kivitelezés művessége, élek és felületek képzése, felületkezelés minősége, az ergonómiai helyesség, a működés biztonsága, megbízhatósága, tartósság, javíthatóság, tisztíthatóság, újrahasznosítási lehetőség, az anyagok környezetbarát volta, szerelhetőség, formatartás, szilárdság. Figyelembe kell venni a bútort és alkatrészeit érő, sérülést okozó hatásokat, azokat a konstrukciós tulajdonságokat, amelyek a sérülékenységet befolyásolják (Kovács, Orbay 1997). Mindezen követelmények figyelembevétele nagymértékű odafigyelést és szakértelmet igényel.

Vizsgálatunk tárgya a **2. ábrán** szemléltetett ruhásszekrény. Első lépésként a team tagjait választjuk meg. Döntő szerepe van a megfelelő személyek bevonásának: konstrukciós FMEA esetében a konstruktőrön, formatervezőn, az eladás, a vevői reklamációk felelősén kívül a beszerzés és a gyártási folyamat szakembere is vegyen részt, minden esetben a legoperatívabb szintről. A team munkája széleskörű adatgyűjtéssel és igényelemzéssel indul, akárcsak a terméktervezés általános folyamatában. Itt azonban a hibalehetőségekre gyűjtünk információkat, figyelembe véve a bútorokkal szemben támasztott követelményeket.

Tudjuk, hogy a szekrények méreteit, alakját elsődlegesen használatuk célja és módja, emellett esztétikai szempontok határozzák meg. A tervező döntéseihez mindezen szempontokat figyelembe veszi. Azonban a szekrények formai kialakítása, beosztása, díszítése igen sokféle, az anyagválasztás és szerkezeti megoldás is többféle lehet, még akkor is, ha a szerkezeti kapcsolatokat elsősorban az alapanyag határozza meg. A módszer célja a hibás választás elkerülése.

Minden elemzés azzal kezdődik, hogy az elemzés tárgyát alkotóegységeire bontjuk. A lebontást olyan mélységig végezzük, hogy minden elemhez tudjunk funkciót hozzárendelni. Könnyítésként érdemes a teljes termék összes teljesítendő funkciójáról egy listát készíteni, végiggondolva, mit kell teljesítenie, mit kell elkerülnie a konstrukciónak. Ehhez összesíteni kell a vevő elvárásait, igényeit, a nemzetközi előírásokat, a gyártók lehetőségeit. Azokat a funkciókat kell feltárni, amelyek hibához vezethetnek. A szekrényt elemeire bontva megállapíthatjuk, hogy azok az alkotó egységek, amelyekhez sajátosan akarunk funkciókat rendelni, a következők: ajtó, szekrénykáva (test), belső berendezés, lábazat.

Hibának azt tekintjük, ha egy adott funkció nem, vagy csak részlegesen teljesül. A hiba előfordulása valamilyen következménnyel jár. Egy funkció nem teljesülése több hiba kialakulásához is vezethet, továbbá egy-egy hibának több oka is lehet. Az egyes funkciókkal kapcsolatos lehetséges hibamódok sorravételével meghatározzuk az összes elem-hiba-következmény-ok láncolatokat.

Minden ilyen feltárt láncolatra külön-külön megítéljük a következmény súlyosságának (S), az előfordulás gyakoriságának (O) és az ellenőrzés hatékonyságának (D) 1-től 10-ig terjedő súlyszámait. A team tagjai által adott értékek átlagaként meghatározott három fontossági szám szorzata a kockázati tényező (RPN). Minden egyes láncolatra meghatározzuk az RPN értéket. A súlyszámok megadását („szavazást”) a team számítógépes programmal végezheti, a program meghatározza az RPN értékeket és a további kockázati mutatókat (RF, RP), valamint elvégzi a Pareto analízist is (Ráduly 1996).

A minőségstratégia, amit követünk, a következő:

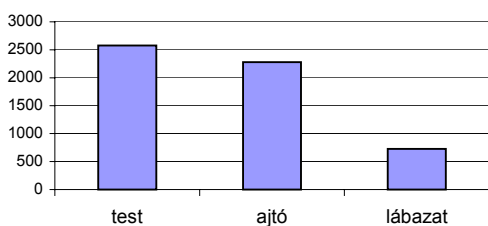
- Sorra vesszük a kritikus elemeket/műveleteket. Ezeket az elemeket módosítani, elhagyni, vagy helyettesíteni kell.
- Megvizsgáljuk a kritikus hibákat, majd javaslatot készítünk a következmények, okok, ellenőrzések kedvező irányú változtatására.
- Megvizsgálunk minden olyan láncolatot, amelynél az $RPN > 120$.
- Megvizsgálunk minden olyan láncolatot, amelynél az $RPN < 120$, de az RF értéke magas.

A módszer alkalmazása során felfedtük a lehetséges meghibásodásokat, azok lehetséges okait és következményeit és megnéztük, hogy elő van-e írva valamilyen intézkedés, ellenőrzés a megnevezett hiba megelőzésére. Tudjuk, hogy ideális hibamentes állapot nincs, az ellenőrzésnek abban is segítenie kell, hogy ha a hiba bekövetkezett, megakadályozzuk a hibás termék eljutását a vevőhöz.

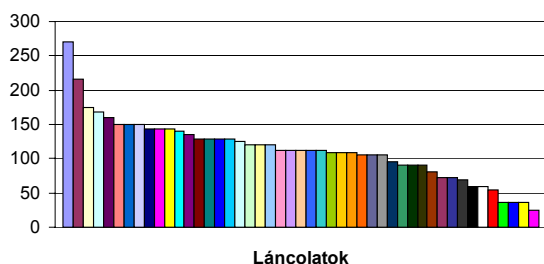
A szekrényre meghatározott RPN, RF, RP mutatók ábrázolása csökkenő sorrendben a **3.**, **4.**, és **5. ábrán** láthatók. Az elemek jelentősége (RP) megmutatja, hogy egy elem vagy művelet milyen mértékű problémát jelent a minőségsszabályozás szempontjából. A kiugró érték azt jelenti, hogy ennél az elemnél/műveletnél jelentkeznek leginkább a hibák, ezek gyakorisága, jelentősége túl nagy és ellenőrzésük nem megfelelő. Ezért először ennek az elemnek javítására kerül sor (**3. ábra**). A legmagasabb RP érték a szekrénytestnél tapasztalható, tehát az elemzést itt kell kezdeni.

Az RPN értékek alapján azonosítani tudjuk azokat a kritikus jellemzőket, amelyek javításra szorulnak. Ez segít a legjelentősebb kockázat meghatározásában és annak megelőzésében (**4. ábra**).

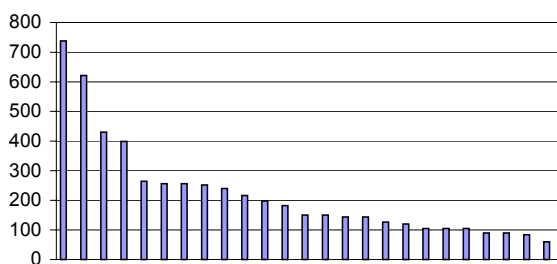
A hibák jelentőségének mérőszámára (RF) azért van szükség (**5. ábra**), mivel egy hibához esetleg több hiba is feltárható, így az egy hibához tartozó több ok között az előfordulás megoszlik és kis RPN számokat kapunk. Viszont az összegzés értéke már jelentős és kifejezi a hiba jelentőségét. A nagy RF érték azt jelenti, hogy különböző okok miatt gyakran



3. ábra - Alkatrészek RP szerinti csökkenő sorrendben



4. ábra - Láncolatok RPN szerinti csökkenő sorrendben



5. ábra - Hibák RF szerinti csökkenő sorrendben

fordul elő a hiba, következménye súlyos és a jelenlegi ellenőrzés nem képes feltárni.

A legmagasabb kockázati tényezővel rendelkező hibák kiküszöbölésére, a kritikus jellemzőkre javító intézkedéseket vezetünk be, amelynek célja lehet a hiba gyakoriságának, a következmény súlyosságának csökkentése, az ellenőrzés hatékonyságának növelése, vagy ezek kombinációi.

A javító intézkedések céljából megvizsgáljuk az RPN, RF, RP diagramokat. Megvizsgálunk minden olyan láncolatot, amelyknél az $RPN > 120$. A Pareto-diagram ugyan nem a jellegzetesen néhány kiugró hibát jelző „exponenciális” alakot veszi fel – ez az elemzés módjából következik, – de a szekrénynél összesen 48 feltárt láncolatból 18 olyat állít sorba, ahol az

$RPN > 120$. Ezeknél a fellépő lehetséges hibákra javító intézkedéseket dolgozunk ki. Javítási intézkedéseket készítünk azokra a láncolatokra is, amelyeknél az $RPN < 120$, viszont a velük képzett RF értéke nagy.

A javaslat megvalósítása azonban költségekkel jár. A számító program a költség-tényezők bevitelére után a várható eredmények figyelembevételével kiszámítja a hatékonysági mutatót. A szakértők döntenek a javaslatok elfogadásáról. A létrejött eredmények nyomán egy második kockázatértékelést végeznek. A visszatérő elemzést addig kell ismételni, míg a kockázati tényezők egy elfogadhatónak tűnő küszöbérték alá csökkennek.

Következtetések, összefoglalás

Az FMEA hazánkban még kevésbé alkalmazott, de a fejlett országokban egyre jobban elterjedő hibaelemző és megelőző módszer.

A bemutatott módszer alkalmazható a bútorok tervezésénél előforduló hibák megelőzésére vagy azok kiküszöbölésére is, a bútor minőségét meghatározó sajátosságok (esztétikum, stb.) figyelembevétele az elemzésben megoldható.

Fontos szempont, hogy a lehetséges hibákat és azok hatásait még a prototípus elemeinek legyártása és összeszerelése előtt megismerjük, akkor időt és költségeket takarítunk meg. A rosszul megtervezett termék elemei a tervben könnyebben és kisebb költséggel helyettesíthetők. Továbbá a tervezésben és gyártásban végrehajtott fokozatos javítások csökkenteni fogják a garanciális javítások és garanciális cserék számát is.

A különböző iparágak tapasztalatai szerint a javasolt változtatások az anyagköltségek és gyártási költségek csökkenését eredményezik.

Megállapítható, hogy az FMEA algoritmus könnyen illeszkedik az értékelemzésen alapuló terméktervezés algoritmusához, ezért célszerűen bekapcsolhatjuk a terméktervezési folyamatba, mégpedig úgy, hogy a funkciók rangsorolása után megvizsgáljuk azokat a funkciókat, amelyek hibákhoz vezethetnek. Így már a tervezés során meg tudjuk vizsgálni a

hibalehetőségeket, és ez biztosíték a jobb minőségű termék előállítására. Azzal, hogy az elemzés során figyelembe vesszük az esztétikai funkciókat és teljesülésük mértékét is, lehetőség nyílik az esztétikai minőség javítására.

Az FMEA bevezetése a bútoriparban egy új, korszerű módszer alkalmazását jelentené, amely biztosítja a minőség folyamatos javulását, azáltal, hogy kiküszöböli az összes lehetséges hibát, feltárná azok hatásait, okait a vevőhöz való eljutásuk előtt.

Irodalomjegyzék

1. Hegedűs J. 1998 *Intuitív tervezési technikák*. Egyetemi jegyzet. Soproni Egyetem.
2. Johanyák Zs. Cs. 1998. *Számítógéppel segített hiba-lehetőség és hiba-hatás elemzés*. In: Proc. MicroCAD '94 - International Computer Science Conference, Miskolc, 1994., 60-67. old.
3. Koczor Z. 2000. *Bevezetés a minőségügybe*. Műszaki könyvkiadó, Budapest. 588 old.
4. Kovács Zs., Orbay P-né szerk, 1997. *Minőségügy a faiparban*. Tankönyv, Phare Hu 9305 program, Sopron. 322 old.
5. Ráduly Z. 1996. *Quality management methods FMEA*. ORG Bt., Budapest. 25 old.

Természetes faanyag felületi érdességének alapvető összefüggései. II. rész: kísérleti eredmények és értékelésük

Magoss Endre ✧

Basic relationships in characterising the surface roughness of solid wood. Part 2.: experimental results and evaluation

The surface roughness of wood products depends on many factors related both to wood structural properties and woodworking operational parameters. This is probably the reason why we have no generally valid relationship to determine surface roughness parameters as a function of other factors. It is particularly difficult to account for the effect of wood structure. The purpose of the study presented in this article was to improve the characterisation method of surface roughness. The second part of the paper includes the results, their discussion and concludes the study.

A dolgozat első része a faanyag felületi érdessége leírásának elméleti háttérét és a tanulmányban használt vizsgálati módszereket ismertette. A második rész tartalmazza a vizsgálati eredményeket, és azok értékelését.

A kutatómunka eredményei

Közismert, hogy nagyobb forgácsolási sebességgel simább felület érhető el, vagyis alacsonyabb érdességi értékek kaphatóak, mind az átlagos felületi érdesség R_a , mind egyenetlenség mélység R_z esetében. Az Abbott-görbe jellemzőit is bevonva a vizsgálatba a következő eredményeket kapjuk:

Bükk esetében a közepes edény átmérő értéke 60 μm , míg a rost üregek esetében ugyanez az érték 10-15 μm volt. Erdei fenyőnél a tracheidák közepes belső átmérője a korai

pásztában 25-30 μm volt, míg a kései pásztában 13-18 μm .

A 1. és a 2. ábrán látható, hogy míg az R_{pk} és az R_k értékek csak kis mértékben csökkennek a vágási sebesség növekedésével, addig az R_{vk} paraméter szorosan követi a vágási sebesség változását. Ugyanakkor az ábrákból az is kiolvasható, hogy erdei fenyő esetén 50 m/s kerületi sebességhez közeledve lényegesen kisebb R_{vk} értékeket kapunk, mint bükk esetében. Ennek oka kettős; egyrészt a vágóél környezetében az erdei fenyő alacsonyabb lokális merevséggel rendelkezik, ezáltal a tehetetlenségi erők nagyobb szereppel rendelkeznek a „sima” felület létrehozásában, másrészt a bükk nagyobb belső üregei okozzák a különbséget.

A továbbiakban a próbatestek felületeinek megmunkálása 50 m/s kerületi sebességgel

✧ Dr. Magoss Endre PhD., egy. adjunktus, NyME Faipari Gépészeti Intézet.