

# ALKATRÉSZEK MUNKATÉRBE TÖRTÉNŐ ELHELYEZÉSÉNEK A GYÁRTÁSI KÖLTSÉGEKRE GYAKORLOLT HATÁSA ADDITÍV GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁK ESETÉN

## THE IMPACT OF THE POSITION OF PARTS IN WORKSPACE ON MANUFACTURING COSTS IN THE CASE OF ADDITIVE TECHNOLOGIES

*Dr. Ficzer Péter PhD*

### ABSTRACT

*Additive manufacturing is becoming increasingly widespread in many areas of life. One of the main reasons for this is that the machines, raw materials and manufacturing are becoming cheaper. The cheaper the technology the more it spreads. The cost of production is influenced by many factors. One of these shows the impact of the part's production positioning (placement in the working space) on costs in the following study. On this basis, we can simplify the traditional pricing strategy. From the results we can determine how economically it is worth to place the parts in the work area of the machine.*

### 1. BEVEZETÉS

Az additív gyártástechnológiák térhódításának következtében egyre többen foglalkoznak akár cégen belüli gyártással, akár bérnyomtatással. Mindkét esetben jelentős szerepe van a költségeknek. Általánosságban elmondható, hogy napjainkban a tervezésre fordítható idő jelentős mértékben lecsökkent, ezáltal a piacra jutási idő is csökkent. [1] Sok esetben jelentős mértékű gazdasági versenyelőnyt jelent, ha egy új termékkel elsőként tudunk a piacra lépni [2]. A korábban gyors prototípusoknak is nevezett 3D nyomtatott termékeknek jelentős szerepük van a hibaköltségek csökkentésében is. Fontos gazdasági tényező lehet - adott esetben - a gyors szerszámgyártásnak nevezett terület is, ahol a prototípusokhoz, vagy kisebb szériákhoz szükséges pl. öntőszerszámok tervezése és gyártása elhagyható. Egyedi darabok, vagy kis szériás gyártás esetén jelentős költség- és idő megtakarítás érhető el a szerszámtervezés és -gyártás elhagyásának következtében. Az időmegtakarításnak köszönhetően számos közvetlen és közvetett költség is megtakarítható [3], [4]. Itt kell

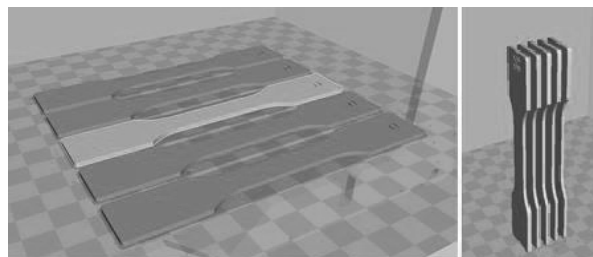
megjegyezni, hogy egyszerre akár több teljesen eltérő geometriájú munkadarab is gyártható. A gyártás oldaláról leszűkítve és részletezve szintén sok tényező befolyásolja a költségeket:

- választott eljárás,
- gyártási idő, nyomtatási sebesség,
- elhelyezés a munkatérben,
- pozíció, orientáció,
- támaszanyag mennyiségi igénye,
- támaszanyag típusa,
- kitöltés százalékos mennyisége,
- kitöltés típusa,
- rétegvastagság,
- anyagválasztás,
- gyártandó darabszám.

Mindezek alapján nem meglepő, hogy a piacon többféle árképzési stratégiával is találkozhatunk. Jelen tanulmány ezek közül csak egynek – a pozíciónak, orientációnak – a költségekre gyakorolt hatását vizsgálja.

### 2. MÓDSZER

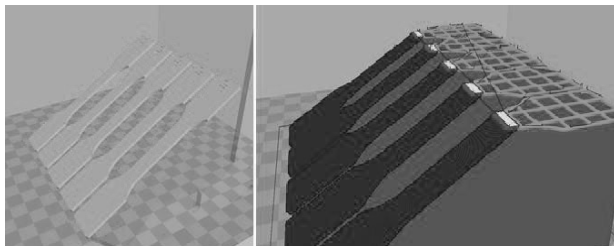
A vizsgálat során öt darab egyszerű alkatrészt (szabványos rövid szakító próbatest) helyezünk el különböző módokon a munkatérben és vizsgáljuk a pozíciónak a költségekre gyakorolt hatását.



1. ábra Fekvő és álló elrendezésben nyomtatott próbatestek

\* egyetemi adjunktus, BME Járműelemek és Jármű-szerkezetanalízis Tanszék

A különböző elhelyezési módok különböző támaszanyagigénnyel rendelkeznek. Ezen túl az egyes elrendezésekben a darabok előállításához szükséges gépidő is jelentős mértékben változik. A 2. ábrán látható ferde helyzetben viszont - szemmel látható módon (ábra bal oldali része) - szükséges a támaszanyag használata.



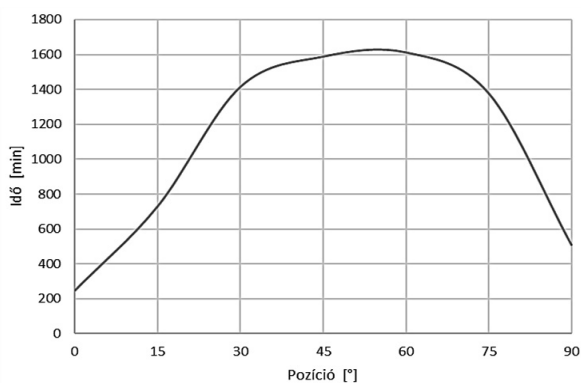
2. ábra 30°-os szögben nyomtatott próbatetek

Túl azon, hogy ebben az esetben rengeteg anyagot használunk el feleslegesen, a támaszanyag megfelelően strukturált nyomtatása a gépidőt is jelentős mértékben befolyásolja. Jelen tanulmányban a pozíció gyártási időre, valamint a szükséges anyagmennyiségre gyakorolt hatását vizsgáljuk.

### 3. EREDMÉNYEK

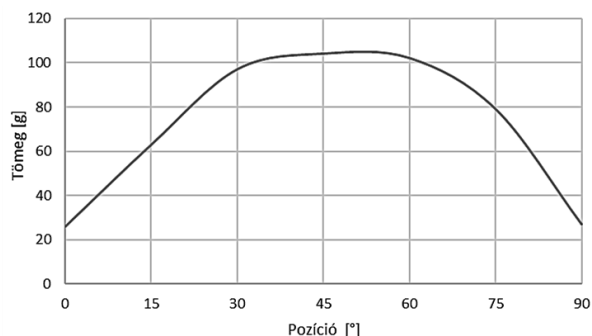
Az 1. ábrán látható elrendezések egyike sem igényel támaszanyagot, így anyagfelhasználás tekintetében nincs jelentős eltérés, viszont a függőleges elrendezés kb. dupla akkora gépidővel rendelkezik.

A ferde, dőlt pozíciókban elhelyezett próbatetek gyártása során különböző mennyiségű támaszanyagra van szükség, amelyek gyártási ideje is jelentős mértékben eltér egymástól.



3. ábra Gyártási idő az elhelyezési szög függvényében

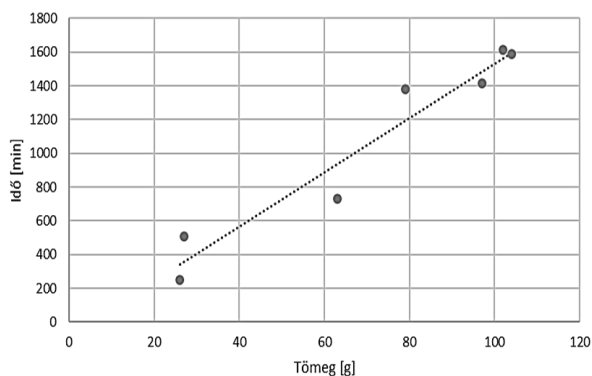
A 3. ábrán a próbatetek gyártási időszükséglete látható a darabok elhelyezési szögének (vízszintessel bezárt szög) függvényében. Ugyanígy megvizsgálhatjuk a szükséges alapanyag mennyiségét az elhelyezés függvényében.



4. ábra Gyártási alapanyag szükséglet az elhelyezési szög függvényében

### 4. VIZSGÁLAT

A diagramokat megvizsgálva könnyen észrevehető, hogy a gyártási pozíciónak a gyártási időigényre, valamint az anyagszükségletre gyakorolt hatása meglehetősen hasonlós. Érdekes tehát megvizsgálunk a felhasznált anyagmennyiség és a gyártási idő közötti összefüggést is.



5. ábra Gyártási idő felhasznált anyagmennyiség függvényében

Az így kapott diagramról leolvasható, hogy a két vizsgált paraméter között megközelítőleg lineáris kapcsolat áll fenn.

A 3. és a 4. ábra alapján megállapítható, hogy gyártási idő, valamint anyagszükséglet szempontjából a vízszintes és a függőleges közeli elrendezések a gazdaságosak.

### 4. KÖVETKEZTETÉSEK

Az additív gyártástechnológiákkal foglalkozó cégeknek a modellek gyártási költségére gyakorlatilag szinte azonnal kell tudni árajánlatot adni, így bonyolult összefüggések az árak meghatározásánál nem

használhatók. A gyakorlatban alapvetően kétféle árképzési stratégia terjedt el (adott technológián belül):

- az alkatrész legkisebb magassága alapján,
- a szükséges alapanyag és gyártási idő alapján történő számítás.

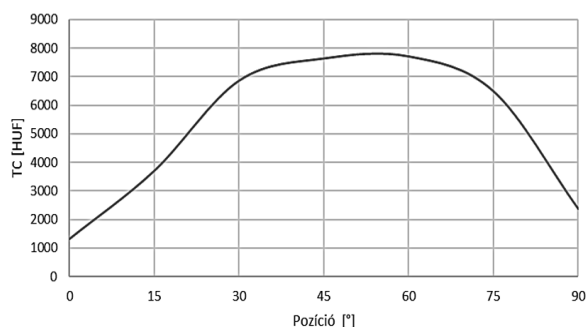
Az első esetben az alkatrész geometriai méreteiből a megrendelő számára is könnyen kiszámítható a várható ár. Itt adott magassághoz tartozik egy összeg (a magasság változásával lineárisan változik a gyártási költség is), amibe a gyártó cég belekalkulálta az összes felmerülő költséget, hasznát stb.

A második esetben az ár meghatározása az anyagok grammonkénti egységárát szorozzuk a teljes szükséges anyagmennyiséggel, és ehhez adjuk hozzá a gép rezsiját. Természetesen az anyagköltség egységárát és a gép óradíját a gyártó határozza meg, úgy, hogy abba az összes költsége megtérüljön, és valamekkora profitja is legyen.

Mindkét esetben az egységárak meghatározása komoly feladat, amely gazdasági, vállalatirányítási és gyártási tapasztalatot igényel.

Természetesen az árak meghatározásánál további szempontok is figyelembeveendők, mint pl. az egyediség, sürgősségi felár, pre- és posztprocesszási idő és erőforrás szükséglet.

Ezek alapján a második esetben (anyag és gyártási idő alapú ár meghatározás) a következő eredményt kapjuk:



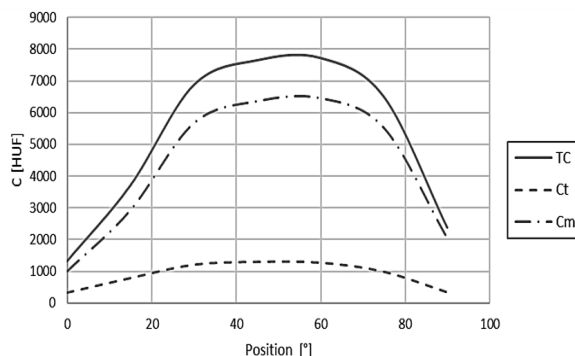
6. ábra Teljes költség (TC) változása az alkatrész pozíciójának függvényében

A 6. ábrán látható diagram esetében a tanszékünkön is meghatározott árszabást vettem alapul.

$$TC = C_m + C_t \quad (1)$$

A teljes költség, TC (Total Cost) meghatározható az anyagköltség  $C_m$  (Cost of material) és a gyártási idő alapú költség, a gép óradíj  $C_t$  (Cost of printing time) összegeként. Esetünkben a  $C_m = 12,5$  Ft/g, és a  $C_t = 4$  Ft/perc értékekre adódik. Természetesen, ha ezen összefüggéssel a piaci árat (Market Price MP) akarjuk meghatározni, akkor mind az anyagköltségbe, mind pedig a gép óradíjba be kell építeni az összes többi költséget, hasznát stb. Ez alapján kapjuk a 6. ábrán látható költségfüggvényt.

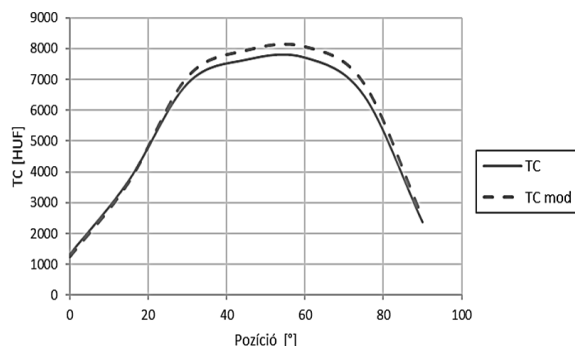
Nem meglepő módon ez is meglehetősen hasonló a tömeg, illetve a gyártási idő függvényhez. Érdekes megvizsgálnunk, hogy az egyes költségösszetevők milyen arányban oszlanak meg.



7. ábra Teljes költség (TC) megoszlása a gyártási idő alapú költségek ( $C_t$ ) és az alapanyag költségek ( $C_m$ ) szerint az alkatrész pozíciójának függvényében

Ebből az ábrából látható, hogy ilyen egységárak mellett a teljes költség sokkal érzékenyebben reagál a gyártási időtől függő költségekre.

A 7. ábrán látható diagram alapján megállapíthatjuk, hogy a költségösszetevők közül az időalapú költség dominál. Amennyiben ez alapján módosítjuk az egységárakat pl.  $C_t = 5$  Ft/perc értékre, és a szükséges alapanyag alapú összetevőt ( $C_m$ ) elhagyjuk, akkor a következő diagramot kapjuk.



8. ábra Teljes költség (TC) a gyártási idő ( $C_t$ ) és az alapanyag alapú költségek ( $C_m$ ) szerint, valamint a módosított, csak alapanyag alapú költség (TC mod) az alkatrész pozíciójának függvényében

Jól látható, ha a költségszámítást leegyszerűsítjük egy összetevőre, akkor is az eredetivel közel azonos eredményre juthatunk. Ezáltal egyszerűsödhet az árképzési stratégia, nem kell adott esetben magyarázkodni, hogy miért annyi egy adott anyag egységára, mikor azt a kiskereskedelmi forgalomban is olcsóbban megveheti a megbízó.

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A tapasztalatokat összegezve megállapítható, hogy egy termék piaci árának meghatározása nagyon komplex feladat. Az árba természetesen bele kell számolni a tervezési- és gyártási költségeken túl sok más egyéb tényezőt is, amelyeket nehéz számszerűsíteni. Ilyenek lehetnek a korábbi piacra lépésből származó előnyök, a hibaköltségek csökkenéséből adódó eredmények is. Ezért jelen tanulmány kizárólag a gyártói oldalról vizsgálja a költségeket, és azon belül is kizárólag a közvetlen gyártási költségekre összpontosít. Még ezen szűkítések ellenére is nagyon sok tényező befolyásolhatja a költségeket, így egy további szűkítés eredményeként csak az alkatrész munkatérben történő elhelyezésének, pozíciójának a költségekre gyakorolt hatását elemeztük.

Az elemzésekből kiderül, hogy az elhelyezés döntő befolyással van a költségekre, hiszen az árban akár nagyságrendi eltérés is keletkezhet ennek következtében. Megállapítható az eredmények alapján, hogy a vízszinteshez és a függőlegeshez közeli állapotok a leginkább költségkímélő elrendezések.

Természetesen fontos kiemelni, hogy az additív technológiák egyik nagy előnye az egyedi gyártás lehetősége egyben hátrányt is jelenthet (pl. az ármeghatározás esetében), hiszen minden darab más és más, eltérő alaksajátosságokkal rendelkezik. Ennek folyománya, hogy nehéz általános érvényű, minden darabra igaz kijelentéseket tenni. Mivel teljesen eltérő geometriákat állíthatunk így elő – akár egy időben, ugyanazon munkatérben is – nem igazán lehet a folyamatokat standardizálni. Ugyanakkor célszerű egy, a megrendelő számára is érthető, átlátható díjszabási stratégiát alkotni. Ehhez nyújtanak segítséget a cikkben leírt eredmények, mely alapján akár egyváltozósá is tehető ez az adott összefüggés, ami alapján az árat meg tudjuk határozni. Fontos továbbá megjegyezni, hogy az alapanyag szükséglet meghatározásánál, nem lehet csak az alkatrész anyagszükségletével számolni, hiszen annak tömegének akár többszöröse is lehet a szükséges támaszanyag tömege. Mivel azonban az anyagmennyiség arányos a gyártási idővel, így célszerű az ármeghatározásnál a gyártási idő alapú stratégiát választani.

Az additív gyártástechnológiák további terjedésének egyik alapfeltétele, hogy minél egyszerűbben és átláthatóbban hozzáférjenek a nem szakmabeli emberek is.

## 6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A projekt a Nemzeti Kutatási és Innovációs Hivatal támogatásával az NKIH Alapból valósul meg, a projekt címe: Egyénre szabott orvos-biológiai implantátumok és segédeszközök új generációs gyártási folyamatának

kidolgozása additív technológiákra; a pályázat azonosító száma: NVKP\_16-1-2016-0022.

## 7. IRODALOM

- [1] FICZERE P., BORBÁS L., TOROK A.: *TOYOTARITY in Rapid Prototyping*, In: Stanisław, Borkowski; Nataša, Năprstková (szerk.) *TOYOTARITY: Toyota Management Principles' Interpretation in Different Branches*, Czestochowa, Lengyelország. Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Menedżerów Jakości i Produkcji (SMJiP), (2012) pp. 159-169., 11 p.
- [2] ZÖLDY M., HOLLÓ A., THERNESZ A.: *Development of More Efficient Fuels for Niche Markets*, Conference: 20th World Petroleum Congress At: Doha, Qatar Volume: In CD proceedings 1-7.
- [3] FICZERE P., BORBÁS L., TOROK A.: *Economical investigation of rapid prototyping*, International Journal For Traffic And Transport Engineering 3 : 3 pp. 344-350., 7 p. (2013)
- [4] FICZERE P., TÖRÖK Á.: *Gyorsprototípus gyártás gazdasági előnyei* In: Dr. Csibi, Vencel-József (szerk.) *OGÉT 2013 XXI Nemzetközi Gépészeti Találkozó, Kolozsvár, Románia : Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT)*, (2013) pp. 113-117., 5 p.