

# Általános 3D nyomtatási tervezési irányelvek kidolgozása, egy meglévő gyártórendszer fejlesztéséhez

## Development of 3D printing design Guidelines for the augmentation of an existing production system

SZÉLES Levente<sup>1</sup>, PhD hallgató,  
Dr. RÁDICS János Péter<sup>2</sup>, adjunktus, GT3 tanszékvezető helyettes

<sup>1,2</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 1111 Budapest Műegyetem rkp. 3. + 36/30 173 6291,  
szeles.levente@gt3.bme.hu, radics.janos@gt3.bme.hu, www.gt3.bme.hu

### Kivonat

*Egy megfelelően kidolgozott általános tervezési szempontrendszer megalkotásával a 3D nyomtatással elkészítendő alkatrészek funkcionalitása jelentősen növelhető kevesebb selejtdarab keletkezésével. Egy meglévő üzem fejlesztéséhez kapcsolódó kiegészítő elemek, berendezések legyártásánál vizsgálandó geometriai sajátosságokra (például.: hézagméret, csatlakozás) készítettem modellkísérleteket. A részletes vizsgáltokra alapozott irányelvek nyomán készített darabok biztosan ellátják funkciójukat.*

**Kulcsszavak:** 3D nyomtatás, tervezési irányelv, modell kísérletek, bepattanó kötés, menetes csatlakozás

### Abstract

*My task involved the development of a design criteria, through which the functionality of 3D printed parts is increased by reducing the number of defective parts. Model experiments were carried out on geometric features that are likely to be used for the design of equipment related to the development of the existing plant. Parts and equipment based on the design guidelines are sure to fulfill their function.*

## 1. BEVEZETÉS

Feladatom egy megfelelően kidolgozott általános tervezési szempontrendszer megalkotása volt, melynek segítségével a 3D nyomtatással elkészítendő alkatrészek funkcionalitása növelhető a nyomtatást követően kevesebb selejtdarab keletkezésével. A kidolgozandó szempontrendszer célja, hogy a meglévő gyártórendszer fejlesztéséhez kapcsolódóan elkészítendő alkatrészek biztosan ellássák funkciójukat és a tervező asztalról gyorsan és biztosan a követelményeknek megfelelően megvalósuljanak. A projekt keretében az üzem fejlesztéséhez kapcsolódóan kiegészítő elemek, berendezések legyártása a feladat. Ilyenek például a különböző szenzortartók, szerelhető kábelvezetők, burkolatok és dobozások. Az elkészítendő darabok esetén - az irányelvek szempontjából – vizsgálandó az elkészült darabok pontossága, a kötésekhez szükséges hézagok és a csatlakozáshoz szükséges méretkülönbségek mértéke. Az említett pontokra átgondolt, rendszerezett modellkísérleteket terveztem meg és végeztem el. Céloom a tervezési irányelv meghatározáshoz szükséges részletek vizsgálata volt. A kísérletek, vizsgálatok nyomán elkészített szempontrendszer felhasználásával készült alkatrészek biztosan ellátják a funkciójukat és tervezéstől a kész termékig tartó idő jelentősen lecsökken.

Számos a projekt későbbi szakaszaiban alkalmazható geometriai problémát vizsgáltam, lépésről lépésre kidolgozva az irányelveket. Az alábbi irányelvek vizsgálatával foglalkoztam: Csatlakozó méretek, metrikus csavarkötések, önmetsző és önfúró csavarkötések, bepattanó kötések, egymáson elmozduló felületek.

## 2. AZ IRÁNYELVEK KIDOLGOZÁSÁNAK ÁLTALÁNOS MENETE

A feltárt kérdéses pontokra minden esetben egy több lehetőség vizsgálatát kínáló modellkísérlet megalkotása volt a célom. Az egyes modellkísérletekhez megtervezett 3D CAD modellek az összes vizsgálandó lehetőséget magukba foglalták „sorozatos” formában. A CAD modelleket STL-fájl formátumba kimentve a szükséges módosítások mellett felszeleteltem a 3D FDM nyomtatókhoz tartozó szoftverben. A nyomtatók megfelelő előkészítését követően elindítottam a nyomtatást. Az elkészült darabokon szükség esetén utómunkálatokat végeztem majd megkezdtem a vizsgálatokat, méréseket. A próbadarabok 60 mm/s nyomtatási sebesség, 0,1 mm rétegvastagság mellett 0,4 mm átmérőjű fűvókával készültek PLA alapanyagból, 100%-os térkitöltést beállítva. A próbadarabokat egyedi azonosítóval láttam el (hézagméret).

## 3. CSATLAKOZÓ MÉRETEK IRÁNYELV

Két hengeres felület illeszkedése a köztük lévő hézagtól függően lehet játék vagy fedés, a játék vagy fedés mértéke hézag mértékétől függ. Az irányelv keretében két 3D nyomtatott alkatrész csatlakozásának milyenségét vizsgáltam a hézag függvényében. A vizsgálatot széles méretskálán számos hézagméret mellett végeztem el, mérve az össze – szétszereléshez szükséges erőt.

### 3.1 Mérés menete – mérési elrendezés

A mérést 3, 4, 7, 10 és 15 mm névleges méretű darabokra végeztem el (lásd alábbi ábra). A próbadarab párok alsó eleme egy méretsorozaton belül változatlan, a felső elem mérete azonban a hézag függvényében változik. A méréshez egy erőmérésre alkalmas berendezést is készítettem. A mérőberendezés váza egy fűró állvány, melynek lapjára egy 200 kg méréshatárú HBM U2A típusú erőmérő cellát szereltem. Az fűró állvány tokmánya az erőmérő cellával együtt biztosította az alapot a darabok széthúzására, illetve összenyomására. A próbadarabok befogására az adott irányelvekhez illeszkedő befogó elemeket is terveztem, melyeket szintén 3D nyomtatással készítettem el.

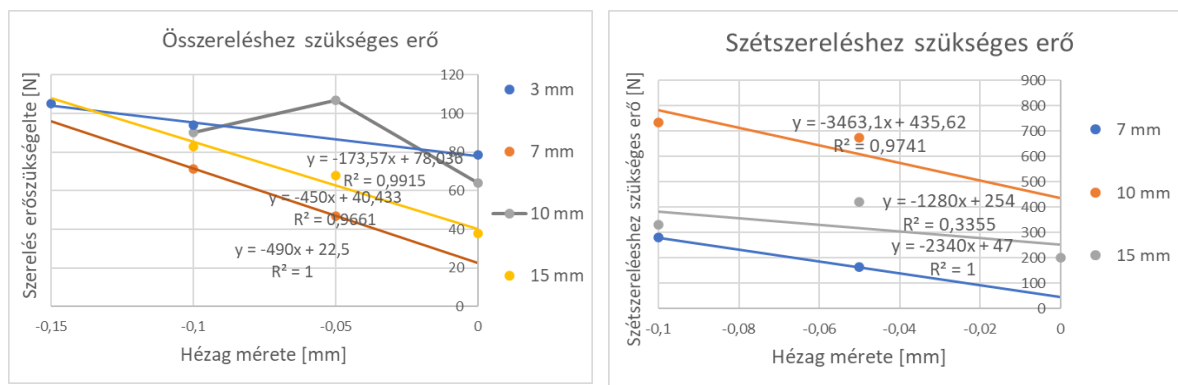


1. ábra. Csatlakozó méretek irányelv modellkísérlet elemei; bal oldalt: próbadarab párok CAD modellje egy elkészült sorozattal; jobb oldalt: a mérési elrendezés összenyomásra és széthúzásra

A mért adatokat egy számítógéphez kötött QuantumX MX840A adatrögzítővel gyűjtöttem, az adatokat a HBM Catman DAQ adatgyűjtő szoftveren keresztül mentettem ki Excel file formátumba.

### 3.2 Mért értékek kiértékelése

A vizsgált mérettartományban minden esetben a „0” hézagú elemek voltak az egymásra helyezhetőség határán. Az előbbieken alapján méréseket csak a 0-tól kisebb hézagú párokra végeztem. A mért adatokat 2. ábrán mutatom be az értékekre illesztett trendvonalakkal.



2. ábra Csatlakozó méretek vizsgálata; jobb oldalt: összeszereléshez szükséges erő a hézag függvényében, bal oldalt: szétszereléshez szükséges erő a hézag függvényében

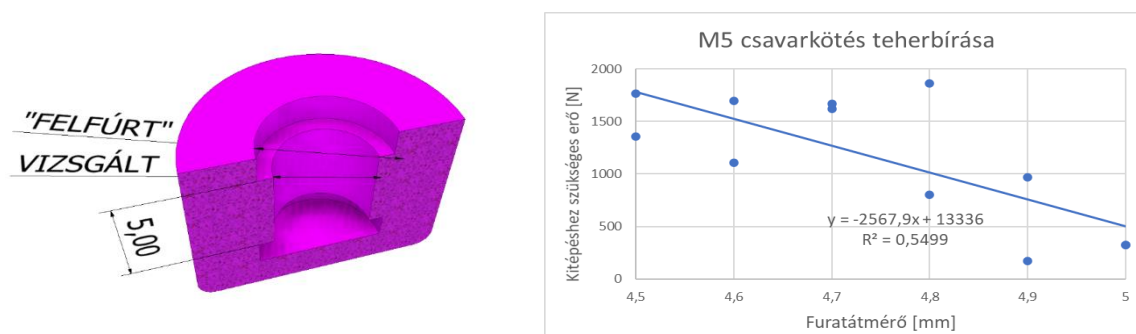
A 2. ábra diagramjai alapján a várakozásoknak megfelelően látható, hogy minél nagyobb az átfedés annál nagyobb erő szükséges a pródarabpárok össze, valamint szétszereléséhez. A 3D nyomtatás sajátosságiból adódhatnak kiugrók értékek, de az értékek a várakozásoknak megfelelően alakultak. Az általam vizsgált mérettartományban, az erők nem függenek a névleges mérettől. Szintén megfigyelhető egy rendkívül pozitív tulajdonság ezen 3D FDM nyomtatott darabok esetében; a párok szétszereléshez jóval nagyobb erő szükséges, mint az összeillesztéshez. Alacsony szerelési erő mellett jelentős teherbírással rendelkeznek az átfedések kötések.

## 4. CSAVARKÖTÉSEK IRÁNYELVE

A projekt keretében elkészülő elemek, burkolatok, szenzortartók rögzítésénél és összeszerelésénél különböző csavarkötések is alkalmazásra kerülnek. Alkalmazhatók metrikus és önmetsző kötőelemek.

### 4.1 Metrikus csavarkötések

Gyorsprototípus készítési eljárásokkal megalkotott termékek esetében is használhatók metrikus csavarok sima hengeres furatokba behajtva azokat. Az irányelv kidolgozásában a megfelelő névleges furatátmérő megtalálása a kérdés. Az elkészített modellkísérletekben a furatsorozat a kötőelem magátmérőjétől 0,1 m-es lépésközzel növekszik a névleges átmérőig. Előzetesen az adott átmérő alkalmazhatóságát vizsgáltam szerelhetőségi szempontból, a megfelelő átmérőkre pedig új próbadarabokat készítve vizsgáltam a kötés teherbírását. A teherbírást a behajtott kötőelem kiszakításához szükséges erővel jellemeztem. A megalkotott próbadarab (lásd 3. ábra) kialakításának köszönhetően valóban az adott méret teherbírását vizsgálhattam, mivel a vizsgált átmérő felett egy nagyobb „felfúrt” méretű régió található. A mérést minden esetben a kötőelem kiszakadásáig végeztem, a kiértékelést a kiszakadás előtti (azaz a maximális) erő értékre végeztem. Az alábbi ábrán látható az M5-ös csavarkötés terhelhetősége a furatátmérő függvényében.

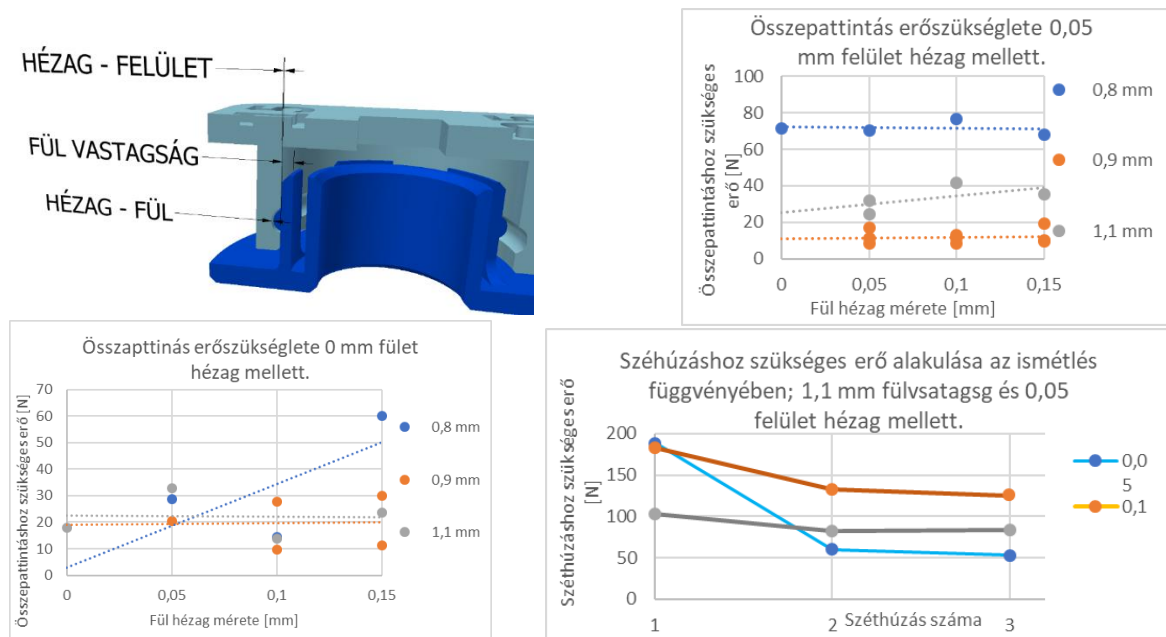


3. ábra.Csavarkötés vizsgálata; jobb oldalt: próbadarab, bal oldalt: M5 csavarkötés terhelhetősége furatátmérő függvényében

Az 3. ábra diagramjain látható, hogy a furatátmérő csökkenésével növekszik az adott furat teherbírása. A kapott eredmény a várakozásoknak megfelelő, ugyanis minél kisebb a furatátmérő a kötőelem menetes része annál jobban belemélyed az anyagba, így nagyobb erő kell a kötőelem kitépéséhez. Egy megfelelően kialakított 3D FDM technológiával készült furatkörnyezet rendkívül nagy teherbírással rendelkezik.

## 5. BEPATTANÓ KÖTÉSEK VIZSGÁLATA

A megvalósuló projekt keretében számos esetben célszerű lehet oldható, szerelhető bepattanó kötések alkalmazni. Vizsgáltam az összeszerelés erőszükségletét, a kötés teherbírását, valamint a próbadarabok szerelési erővel szembeni ellenállását. Hengeres, 5 füllel rendelkező bepattanó kötet vizsgáltam, változó hézagméret és fülvastagság mellett. Az alábbi ábrán szemléltetem a vizsgált paramétereket.



4. ábra A bepattanó kötések modellkísérlete, és a mért eredmények grafikonokon ábrázolva

A mért adatok jelentős szórást mutatnak, ugyanakkor az elvégzett mérések alapján elmondható, hogy jelentős eltérés az összeszerelési erőben nem tapasztalható a fül – hézag függvényében. A szétszerelésre végzett vizsgálatokról elmondható, hogy adott „felület hézag” mellett minél kisebb a „fül hézag” annál nagyobb a szétszereléshez szükséges erő. Vizsgálva az ismételt összeszerelés hatását – ezen esetben is a várakozásoknak megfelelően – az ismételt összeszerelésre csökken a kötés terhelhetősége, a kezdeti nagy terhelhetőségi erők a második használatnál már jelentősen csökkennek.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

Összeségében elmondható, hogy a feltárt kérdéses pontokra sikerült vizsgálati és mérési elrendezéseket felállítani, a méréseket elvégezni. A mért számszerű adatokból látható az adott kötés és kapcsolat terhelhetősége. A mért és kiértékelt adatokból a levont következtések nyomán megfogalmaztam a keresett tervezési irányelveket. Az általam elkészített irányelvek időmegtakarítást és jelentős segítségét biztosítanak a projekt későbbi fázisában készülő tartók és egyéb berendezések tervezésénél.

Az előadó részvételét az OGÉT 2020 konferencián az NTP-HHTDK-19-0068 azonosítójú, „A hazai Tudományos Diákköri műhelyek és rendezvények támogatása” pályázat támogatta.