



Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyag- és Gyártástudományi Intézet

DOBVERŐ OPTIMALIZÁLÁS 3D NYOMTATÁSRA

**OE-BGK
2022.**

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

**Mátó Gergő
T006537/FI12904/B**



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyag- és Gyártástudományi Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Mátó Gergő
Szakdolgozat száma: SZD22052513065208
Törzskönyvi száma: T006537/F112904/B

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: gépészmérnöki
Specializáció: gépészmérnöki - CAD-CAM-CNC

A dolgozat címe: Dobverő optimalizálás 3d nyomtatásra
A dolgozat címe angolul: Drum stick optimisation for 3D printing

A feladat részletezése:

1. Végezzen irodalomkutatást a témában!
2. Mutassa be a választott dobverők tulajdonságait!
3. Végezze el a dobverő 3D nyomtatásra való optimalizálását!
4. Készítsen nyomtatott dobverőket!
5. Vizsgálja meg a különbséget a nyomtatott és kereskedelmi forgalomban kapható dobverők között!

Intézményi konzulens neve: Oláh Ferenc

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 05. 15.

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 10. 27.




Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:


belső konzulens

.....
külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyag- és Gyártástudományi Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2022. 12. 14.

.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1. Bevezető.....	5
2. Alapfogalmak	7
3. A Dob történelme	8
4. A dobverő.....	11
4.1 A dobverő részei	12
4.2 Dobverő fej.....	13
4.3 A dobverő méretezése	15
4.4 Dobverőgyártás lépései.....	18
5. Alternatívák a dobverők optimalizálására	19
6. A 3D nyomtatók felépítése.....	21
7. Dobverők vizsgálata	27
7.1 Hickory dobverő.....	27
7.2 Szénszálas dobverő.....	32
7.3 3D nyomtatott dobverő	35
7.3.1 20%, vonal kitöltésű modell	38
7.3.2 40%-os, vonalszerű kitöltésű dobverő vizsgálata	40
7.3.3 60%-os kitöltésű, szálirányú nyomtatással készült dobverő	42
7.3.4 80% kitöltésű dobverő vizsgálata	45
7.3.5 90%-os, koncentrikus kitöltésű dobverő	47
7.3.6 95%, koncentrikus kitöltésű próbadarab	49
8. Konklúzió.....	51
9. SUMMARY	53
10. Irodalomjegyzék.....	55

1. Bevezető

„A siker nem a tökéletességről szól, hanem a fejlődésről.”

A zenei világon belül talán egyik hangszernek sincsen olyan régre visszanyúló történelme, mint a doboknak. Lehet, hogy a mai értelemben vett dobfelszerelés megjelenése az 1800-as évek végére datálható, viszont egyes régészeti leletek szerint Mezopotámiában és Egyiptomban már legalább 4000 évvel ezelőtt léteztek dobok. Ezeknek a doboknak a megszólaltatására ágakat, husángokat használtak, viszont a hangszer fejlődésével az azt megszólaltató eszközt is optimalizálni kezdték. A legkiemelkedőbb személy a piacon Vic Firth, aki az 1963-ban alapított vállalatával forradalmasította a dobverők világát. A cég évente körülbelül 12 millió dobverőt gyárt és ez a vállalat fejlődésével ez a szám egyre csak nő. [1]

A kezdetben még szűknek mondható dobverő paletta az évek során egyre jobban bővült a dobverők zenei stílusokhoz és különböző ütős hangszerekhez igazított optimalizálása miatt. Ilyen például az üstdobok megszólaltatására használt ütő, aminek fej-részére filc van rögzítve, vagy ilyen például a főleg jazz zenében használt, különleges hangzást adó dobseprű.

A hangszerkészítők között folyamatosak az innovációk a rohamosan növekedő vevői igények kielégítésére. Leggyakrabban a dobverő körülbelül 1,5 cm vastag és 41 cm hosszú, de sok dobosnak egyedi formájú, nagyságú, súlyú, tömegközéppontú, sűrűségű és szálirányú dobverője van, mivel e tulajdonságok mindegyike befolyásolja a keltett hangot és a dobverő használatának érzését.

A méret, a súly, a sűrűség és szálirány mellett egyre több vállalat foglalkozik a dobverők készítésére használt hickory, tölgy és juhar helyettesítésével, környezetvédelmi és termelékenység növelési szempontokat szem előtt tartva. Emiatt a piacon ma már megjelennek különböző alternatívák a dobverők alapanyagával kapcsolatban. Ilyen például a PVC-vel borított alumínium, az üvegszál vagy éppen a szénszál.

Ezek közül a cégek a közül az Ahead vállalat élen jár a PVC-vel borított alumínium dobverők gyártásával, melyek a repülőgépek gyártásához is használt alumíniumból készülnek. Illetve az 1959-ben, Olaszországban alapított Techra vállalat, akik 50 éves

tapasztalattal rendelkeznek a nagy teljesítményű vegyületek fejlesztésében. Ők sok különböző szintetikus vegyületet fejlesztettek ki, teszteltek és végül pár évvel ezelőtt megalkottak egy innovatív és erőteljes szénszálas dobverőt, ami jelenleg 9 különböző méretben érhető el.

Szakdolgozatomban a további alternatívák kutatása céljából vizsgálom meg, hogy a PLA anyagú filamentből nyomtatott dobverők eleget tesznek-e a zenészek által felállított elvárásoknak, mind játékérzet, mind kifáradás tekintetében.

Mint azt már említettem, a különböző méretű és súlyú dobverők máshogy reagálnak az őket ért erőhatásokra. Ezért szükséges a dolgozatomban leszűkíteni a választási lehetőségeket a pontosabb és helytállóbb konklúzió kifejtésének céljából. Így az általam is használt 5B méretű karbonszálas dobverőt, egy 5B méretű hickory fából készült dobverőt és ezek alapján egy 5B méretű 3D nyomtatott dobverőt fogok összehasonlítani különböző szempontok alapján.

A kutatás eredményei várhatóan választ adnak arra a kérdésre, hogy a gyártók a fa helyettesítésére szánt alternatíváinak sora véges-e vagy pedig az eddigi fejlesztések és kutatások csak a jéghegy csúcsát jelentik.

2. Alapfogalmak

A dob:

A membranofon¹ hangszerek családjába tartozik, ezeknél a hang egy kifeszített bőr vagy membrán rezgése révén keletkezik. Két fő típusuk van: a dobok és a mirlitonok².

A dobverő:

Egy olyan tárgy, amelyet dobok és más ütős hangszerek megszólaltatására használnak.

A cintányérok:

Az ókori Kínából vagy Törökországból származnak, ie 1100-ból. Ugyanebben az időszakban Egyiptomban, Izraelben és a Közel-Keleten is gyakoriak voltak. A cintányérok általában fémből állnak, és csilingelő, dörömbölő vagy súroló hangot adnak ki. A modern sávokban gyakran a cintányérok határozzák meg az időjelzést. Ez az eszköz azóta számos fejlesztésen ment keresztül a maihoz képest.

A pergődob:

A pergődob i.sz. 1300 körül alakult ki. A pergődob vagy kisdob fémből, akrilból vagy fából készült, henger alakú dob, melynek a tetejére és az aljára régebben állati bőrből, napjainkban inkább műanyagból készült dobbőrt feszítenek.

A lábdob:

A nagydob a dobfelszerelés legnagyobb méretű, legmélyebb hangú tagja. Először 1400 körül jelent meg Európában. Elődje a török davul³ volt, innen kapta a „török dob” becenevet. A davulok leginkább a csapatok motiválására szolgáltak harc és háború során, mivel mélyebb, egyedibb hangot tudtak produkálni, mint a többi dobtípus.

¹ A membranofon hangszerek a kifeszített bőrfelület vagy rezgő hártya rezgése útján megszólaltatott hangszerek összefoglaló elnevezése.

² Gyerekjátéknak és hangszernek egyaránt nevezhető. Pl. egy fésűre feszített vékony selyempapír, ami ráénekelve, ráfújva érdekes, zümmögő hangot ad.

³ Egy nagy kétfejű dob, amit kalapácsokkal szólaltatnak meg

3. A Dob történelme

„Ha problémád van, add ki a dühöd a dobon.”

Neil Peart

A dobolás több ezer éves múltra tekint vissza, valószínűleg az összes hangszernek együttvéve sincsen ilyen régre visszanyúló története. Mielőtt az emberek kifejlesztették volna a ma ismert dobfelszerelést, más ütős hangszereket használtak. Történészek szerint minden kultúrában, minden évszázadban ritmikusán püfölt valaki valamilyen kongó dolgot. Valószínűleg messzire elhallatszott a zajszennyezés-mentes világban egy komolyabb korabeli dobfelszerelés hangja. Amíg Európában a hadsereg menetelt csatába a dobpergésre, addig Észak-Amerikában az indián sámánok révültek⁴ az ütemek hangjára. A dobolás nem csak vallási, vagy szórakoztatási kellék volt, de az alapvető kommunikáció eszköze is. Események és vallási szertartások révén megérinti az emberek elméjét és szívét. [1] [2]

Az első természetes tárgyakból, például krokodilbőrből készült dobok Kr.e. 5500-ban jelentek meg. Először a neolitikus⁵ kultúrákban jelentek meg Kínában, de később elterjedtek egész Ázsiában. Ebben az időszakban, ie 3000-ben bronz Dong Son⁶ dobokat is készítettek Vietnamban. Srí Lanka-iak és később az afrikaiak, Kr. e. 1000 és 500 között használtak olyan dobokat, amelyekkel kommunikáltak. A dobkultúra ezután Rómába és Görögországba is áttért Kr. e. 200 és 150 között. 1200-ra a dobolás elterjedt a mediterrán kereskedelmi útvonalakon Európában. Az afrikai dobok később a rabszolga-kereskedelem révén jutottak el az Egyesült Államokba, i.sz. 1500-ban. A ritmus iránti ősi vágy idővel a mai modern dobokig fejlődött.

Az első dobkészleteket katonai használatra a 19. század végén állították össze. Ekkor jelent meg először a pedálok használata. Abban az időben általában több emberre volt szükség az összes rész eljátszásához, beleértve a pergőt, cintányért, basszust és más ütős

⁴ Önkívületi állapot, amely erősen izgatott lelkiállapottal jár. Ekkor a személy nincs tudatában annak, hogy ki ő és mit csinál, csak ösztönösen reagál az őt ért hatásokra.

⁵ Az újkőkorszakra, illetve a benne megjelenő sajátos viselkedési és kulturális stílusra jellemző

⁶ Tradicionális dob, melynek átmérője 70 centiméter (27 hüvelyk) - lapos tetejével, gömb alakú peremmel, egyenes oldalakkal és átlapolt talppal.

hangszereket. Dee Dee Chandler megtalálta a módját, hogy együtt játssza el ezeket a részeket, ezért feltalálta az első dobfelszerelést. Chandler újítása abból fakadt, ahogy összeállította első dobkészletét. Felfedezte, hogyan tud nagydobon játszani egy lábgép segítségével, miközben a kezével pergődobon játszik. A jazz zene volt a legnagyobb hatással a ma is használatos dobfelszerelések fejlődésére. Az 1920-as és 1940-es évek végén a zenészek számos kreatív újítással álltak elő. A New Orleans-i jazz szórakozóhelyeken egyre több ütőhangszert vontak be a hagyományos dobok mellé, köztük afrikai dobokat, török és kínai cintányérokat. Ezeknél a kreatív újításoknál érdemes megemlíteni Gene Krupát vagy Max Roach-ot. Mindketten nagyon komoly innovációkat hoztak a jazz zene világába. Például kiemelték a dobosok szólóit, keményebbre hangolták a dobokat, és intenzívebben használták a cineket.

A ma is ismert két lábdobból álló dobfelszerelés használata először az 1950-es években jelent meg Louis Belson amerikai jazzdobosnak köszönhetően. Ez az összeállítás hamar elterjedt a jazz zenészek körében. [2] [3]

A dobfelszerelések az 1960-as években az individualizmus⁷ megjelenése miatt népszerűbbé váltak az Egyesült Államokban. A zenészek extra cintányérokat és dobtesteket adtak a modern dobfelszerelésekhez. Ez idő alatt Buddy Rich dobolása magasra tette a mércét. Szinte minden jazzdobos számára ikonná vált az energikus, pontos és egyéni dobjátéka révén.

Aztán a '60-as '70-es években megjelent a rock zene, ami felállított egy csomó gyártástechnológiai követelményt a vállalatokkal szemben, és lassan, de magabiztosan el érkezünk a hihetetlen Jon Bonham-hez, a Led Zeppelin legendás dobosához, aki bonyolult, ütős hangszerekből, cinekből és tam-tamokból összeállított dobfelszereléseket használt.

Természetesen az elmúlt 40 év dobjátékának trendjei is az elektronika felé fordultak. 1980-tól a klasszikus akusztikus dobot dob gép váltotta fel. Ezek terjedésével a

⁷ Az individualizmus az a szemlélet, amely az egyén fontosságát és jogait minden téren előtérbe helyezi a közösség, a társadalom érdekeivel szemben.

"hagyományos" dobok egyre inkább kikerültek a popzene palettájáról, de előfordult már a két hangzás összemosása, együttes használata is.

Természetesen a korai dobgépek 21. századi változatai hihetetlen zenei gépekké fejlődtek, saját memóriával, beépített effektekkel és keverőrendszerekkel. A dobgépek új lehetőségeket nyitottak meg az hagyományos és megszokott hangzásvilágon túl, és semmi sem akadályozhatta meg, hogy az elektronikus dobgépek és elektromos dobok népszerűvé váljanak és meghódítsák az egész világot. [3] [4]

4. A dobverő

Jóllehet, hogy a dobverő ókori használatára korlátozott számú bizonyíték áll rendelkezésre, mégis a történészek úgy vélekednek, hogy a legkorábbi az 1300-as évek alatt jelent meg. Ezek jellemően a Tabors⁸ legyőzésére szolgáltak, amely a modern kori pergő elődje egy szabványos dobfelszerelésnél. A dobverő az 1700-as évek során továbbfejlődött, és különféle fákat tartalmazott. Az 1800-as évek alatt az ébenfa⁹ volt a legkedveltebb választás katonai dobokhoz. A meglehetősen gyorsan kopó dobverők panaszai okán Joe Calato 1958-ban kitalált egy nylon végű dobverő. [2]

A sok elérhető verő fajta, valamint márka között könnyen eltéved, aki nem tudja melyik dobverő az, amelyik hozzá, illetve a stílusához leginkább illik. Ha a cintányér nem úgy szól, ahogy azt a zenész szeretné, esetleg a dobverők túl hamar eltörnek, elképzelhető, hogy nem a legmegfelelőbb dobverőt használ az illető.

Első körben a megfelelő fafajtát kell megtalálnunk a helyes dobverő kiválasztásához. Leggyakrabban három-négy fafajtát használnak a dobverők készítéséhez:

- Juhar – A juhar anyaga könnyű, továbbá nagyon flexibilis. Ez a fafajta nagyszerű energiaelnyelő képességű, így kevésbé érezhető a kezeken az ütések ereje.
- Hickory – A hickory egy Észak-Amerikában őshonos fafajta. Kiemelkedő jellemzője a keménysége, ami megkülönbözteti a többi arrafelé őshonos fa közül. A legelterjedtebb faanyag, kiváló energiaelnyeléssel, valamint rugalmassággal. Nem annyira megterhelő a kézfej, illetve a csukló számára. Remek a fogása és a tartása, ezáltal könnyebb eltalálni a vele a megfelelő hangot.
- Tölgy – Nagy sűrűségű fafajta. Nagyon erős, nehezen törik, azonban az ütések rezgéseit fokozottan lehet a tenyérben érezni, ugyanis a tölgynek elég gyenge az energiaelnyelő képessége.

⁸ kis méretű dob, csörgős baszk dob, tamburin dob

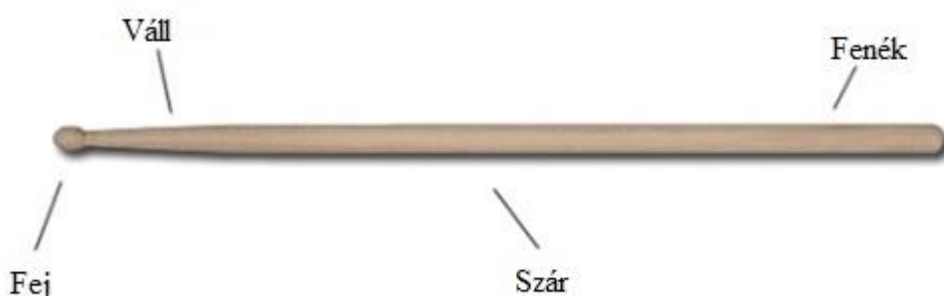
⁹ Diospyros nemzetségbe tartozó fa, nehéz, kemény, tömör szerkezetű, fekete vagy sötét színű

- Gyertyán – És értelemszerűen nem hagyhatjuk ki a sorból a gyertyán dobverőket, amik nagyszerű rugalmassággal rendelkeznek, könnyűek, de többé-kevésbé puha anyagúak, könnyen törnek. [7]

A szélesan elterjedt fa dobverőkön kívül a zenészek választhatnak szénszálas, ergonomikus pálcákat, műanyag, grafit, üvegszálas, alumínium, illetve fénykibocsátó diódás (LED) dobverőket, melyek ütközéskor világítanak. Ami más anyagokat illeti, mint például a szénszál vagy az alumínium, fő előnyük a tartósság, aminek okán ezek a verők sokkal tovább bírják, mint a fából gyártott dobverők.

Második lépésként a verő fejformáját szükséges kiválasztani. Anyagát tekintve lényegében két fajtát határozhatunk meg: a műanyag, valamint a fa-fej. A fa-fejű dobverők használata a legelterjedtebb. Egyedüli hátránya viszont, hogy intenzív használat közben könnyen lepattanhatnak darabok a fejből, ezzel rontva a hangminőséget. A műanyag fej előnye, hogy a cintányér hangja tisztább, csengőbb lesz, ezen kívül a verő visszapattanása is jobb, valamint könnyebb lesz. Tökéletesek stúdiófelvételekhez, ha azt szeretnénk, hogy a cintányérok szépen csengjenek. Komoly probléma viszont, hogy megeshet, hogy leesik a dobverő feje: ez legfőképp koncert közben okozhat igazán bosszúságot. Elektromos dobokon célszerű műanyag fejű verővel játszani, hiszen a fa verők feje könnyen szálkásra törik, és ennek következtében felsértheti a dobokat, bőröket.[5] [6]

4.1 A dobverő részei



1. ábra. A dobverő alapvető részei [5]

Számos típusú dobverő kapható a piacon. Ezek a verők különböző méretben, formában és különböző anyagösszetételben kaphatók. Így a megfelelő dobverő méretének kiválasztása ijesztő feladatnak bizonyulhat a kezdő dobosok számára.

A dobverők elnyelik azokat a vibrációkat, amelyek akkor keletkeznek, amikor megütik a dobot, ügyelve arra, hogy ezek a rezgések ténylegesen a verőbe irányuljanak, és ne a kézbe, illetve a karokba.

Azzal pedig, hogy „törhetetlen” dobverőket készít egy-egy gyártó, nem csak a dobkészletnek és a cintányéroknak kockázat, hanem a zenész végtagjainak is.

A dobverők készítéséhez leggyakrabban használt fafajták a juhar és a hickory.

A dobverő végén a kúpos nyak végén található maga a dobverő fej. A nyak tompítja a rezgéseket, de a tompítás mértéke függ az ütés erejétől, a dobverő visszapattanásától és rugalmasságától. A dobverő fej mérete és formája befolyásolja a dobtetek és a cintányérok hangját. Minden gyártó különböző formájú fejeket kínál: kerek, hordós, ovális, mint az olajbogyó, sőt még viperafej alakúakat is. Néhány dobverőnek nylon feje van. Bármilyen dobverőt is használnak, mindenekeelőtt a dobos ütéseinek minősége határozza meg a hangok árnyaltságát. [5] [7]

4.2 Dobverő fej



2. ábra Dobverőfej méretei [10]

A kerek, olajbogyó, hordós és hegyes végű verők a legnépszerűbbek a piacon. Az olajbogyó hegye teljes, alacsony tónusokat és fokozott tartósságot biztosít, a kerek fényes és fókuszált, a hordó és a hegyes fejek egyaránt közepes tónust biztosítanak.

A fej formája és anyaga határozza meg a hangzást. Minél nagyobb a felület, amely érintkezik a dobokkal, annál kevésbé határozott a hang. Így például egy kerek fejű dobverő sokkal határozottabb hangot ad, mint egy hegyes végű.

Maga a fej kialakítása és formája is nagyon fontos. A kerek, könnyecsepp, hordós és hegyes végű verők a legnépszerűbb dobverők a piacon:

- A könnyecsepp modellek kiegyensúlyozott hangzást biztosítanak, amely a legtöbb stílushoz megfelelő, gazdag és mély cintányérhanggal.
- A hordó alakú fejek általában széles hangzást hoznak létre, amelyek alkalmasak pop- és rockzenére
- A makk alakú fejek teltebb hangot hoznak létre
- A nagy kerek fejek vastagabb hangzásuk miatt jobbak a metal-hoz és a hard rockhoz
- A kis kerek fejek jók a funkhoz, a jazzhez és az R&B-hez, fényes cintányér hangjuk miatt

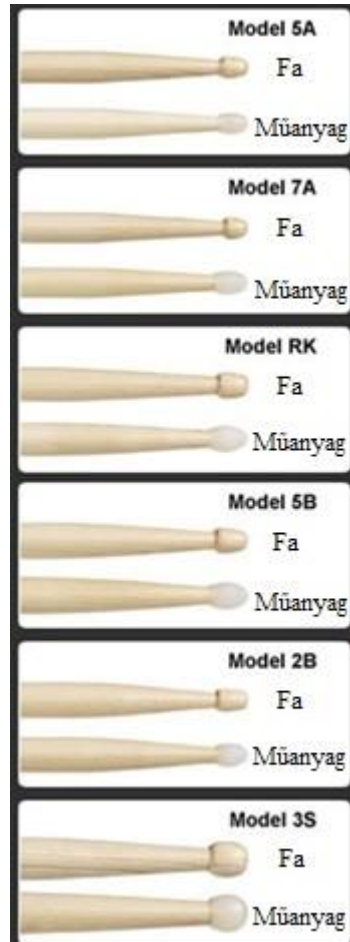
Dobverő fej anyaga:

- Fa – ami a legelterjedtebb anyag. Nem olyan tartós, mint a nylon, de ez az, amelyik a legnagyobb hangtartományt kínálja
- Műanyag – aminek sokkal fényesebb hangja van a cintányérokon. A nylon fő előnye, hogy sokkal tartósabb, bár sokan nem szeretik a hangját.

Nyilvánvalóan nagyon szubjektív az egy dobverő kiválasztása a többivel szemben, de egy tény általános:

A fa-fejű dobverőket minden zenei műfajban használják, míg például a jazzben szinte soha nem fogunk látni műanyag fejű dobverőket. [6]

4.3 A dobverő méretezése



3. ábra A dobverő fejének kialakítása [5]

Az egyensúly és a dobverő elvárt visszapattanása a dobóról a verő súlyának, vastagságának és hosszúságának függvényében változik. A 20-as években a Ludwig cég egy betűvel és egy számmal ellátott dobverő-nómenklatúrát¹⁰ állított elő. Minél alacsonyabb a szám, annál hosszabb a dobverő. Az A betű egy vékony dobverőt, a B betű pedig egy vastagabb dobverőt határoz meg. A 2B egy nagy átmérőjű és nagy hosszúságú dobverőre utal, a 7A pedig egy rövidebb és vékony dobverőre, amelyet általában a jazzdobosok használnak. Az 1922-es katalógus szerint a B betűvel jelölt verőket a

¹⁰ A nómenklatúra vagy ritkábban nomenklatúra (magyar nevén: nevezéktan) több tudományterületen az adott tudományterület tárgyainak egyedi elnevezésével foglalkozik.

menetzenekaroknak és a koncert-ütőhangszereseknek ajánlják, az S betűvel jelöltek, mint a Street, az utcai zenekaroknak javasolják.

Annak ellenére, hogy a dobverők különböző méretűek, súlyúak és kiegyensúlyozottak, mindegyik hasonló alapkivitelű. Ezek a jellemzők a váll (elkeskenyedő terület), a fej (amely veri a dobfejet), a fenék (alsó vége) és a tengely (egyenes terület, amelyet a kéz tart).

Pálcaméret nómenklatúra

Bár a dobverők mérete gyártónként eltérő lehet, a 20. században kidolgozott, nemzetközileg elfogadott dobverők számozási rendszere hozzávetőleges elképzelést ad a vásárlónak a verő kialakításáról. Általában három kategóriát különböztetünk meg, amelyeket S, A és B betű jelöl. [5]

Az A és B jelölésű verőket menetzenekaroknak és a koncert-ütőhangszereseknek és az S betűvel jelöltek pedig az utcai zenekaroknak ajánlják. Az A osztály a legkönnyebb, és elsősorban nagy zenekarokhoz készült, míg a B osztályt eredetileg rézfűvös és szimfonikus zenekarokhoz tervezték. A harmadik, S betűvel jelölt kategória a piac legnagyobb és legnehezebb dobverőit jelentik.

Kúposág/hosszúság

Ez a két tulajdonság észrevehetően befolyásolja a verő tapintását. A standard dobverő általában körülbelül 406 mm hosszú, de sok dobos a rövidebb vagy hosszabb változatokat részesíti előnyben. A hosszabb verő nagyobb hatótávolságot biztosít – ami akkor hasznos, ha a dobos szereti a dobtesteket és cintányérokat egymástól szellősebben elhelyezni. A rövidebb dobverő könnyebb és jobb irányítást biztosítanak.

Vastagság

A verő vastagsága hatással lesz a tartósságra, a tapintásra és a dobok/cintányérok hangjára. Egy könnyebb verő (például 5A) jobb egyensúlyt és nagyobb sebességet biztosít, míg a vastagabb (például 2B vagy 5B) jobb, ha erősen és hangosan szeret játszani a zenész. A nagyobb vastagság jóformán nagyobb állóképességet kíván és az megszokottnál hangosabb játékot jelent – ráadásul tovább tartanak, és a dobos nem tör el annyi dobverőt. A spektrum másik végén egy 7A-hez hasonló dobverő áll, ami sokkal vékonyabb, és nagyon könnyű, így sok jazzdobos számára ez a legjobb választás.

Kúposság

A kúp, amely a verő nyaka és válla közötti távolságot írja le, a játszhatóságot is befolyásolja. A hosszabb kúp gyorsabb és könnyebb játékot tesz lehetővé, jobb visszapattanással.

A kúp mérete befolyásolja a dobokról és cintányérokról leadott visszapattanás mértékét:

- Hosszú kúp – nagyobb visszapattanást és gyorsabb válaszreakciót biztosít
- Rövid kúp – kisebb visszapattanást, kevesebb energia befektetést és nagyobb tartósságot biztosít
- Közepes kúp – kiegyensúlyozott dobverőt eredményez

Méret

A fent említettek után már csak az optimális méret kiválasztása van hátra. A különböző gyártók azonos megnevezésű ütői nem egyeznek teljes mértékben. Például jelentős különbség van a Zildjian 5A és a Zildjian 5A dobverők között. A gyártók tulajdonképpen ugyanazokat a szabványokat követik, a termékek hasonlóak, és közel azonosas, de egyedi tulajdonságokkal rendelkeznek. [5] [6] [8]

Három fő szabvány típus terjedt el:

- 7A – Vékony, könnyű verők, könnyed, lágyabb hangot eredményeznek. Jazz dobosoknak és fiataloknak ajánlott.
- 5A – A leggyakoribb típus. Közepes vastagsága lehetővé teszi a halk és az erőteljesebb játékot is. Rock doboláshoz kiválóan alkalmas.
- 2B/5B – Vastagabb verők, mint az átlag. Lehetővé teszi, hogy hangosabban, testesebben szólaljanak meg a dobok, ezért a heavy rock és a keményebb műfajok kedvelőinek ajánlott. [8]

4.4 Dobverőgyártás lépései

Vic Firth vállalat által meghatározott 16 lépéses dobverő gyártási folyamat:

- 1. „Zöld deszkák” - élő fából vágott, nem szárított fa.
- 2. Helyszíni vágás - A fát a helyszínen vágják ki, hogy megfeleljen a szigorú előírásoknak.
- 3. Kemencében szárított – A kivágott fákat egyedi kemencékben szárítják a pontos specifikációknak megfelelően.
- 4. Hasábok - 6 gyalupaddal hasábokat készítenek előgyártmányként
- 5. Dübelek - Fizikai ellenőrzési folyamat az egyenesség biztosítása érdekében.
- 6. Speciális csiszoló - Csiszolás az egyenletesség garantálása érdekében.
- 7. A hasábokat kézzel ellenőrzik.
- 8. Az első köszörű - Kőcsiszolók
- 9. A második köszörű - A dobverő felső részének és a csúcs profiljának kialakítása
- 10. „A befejező terem” - átlátszó bevonatok, festékek és Vic Grip felvitele
- 11. Fröccsöntött nejlón fejek - Csökkentik a dobverők forgácsolódást
- 12. A nyomtatási folyamat - A pálcára felhordott grafika/aláírás/felirat
- 13. Súly-összevetés - 2 grammos tűréshatárral válogatják ki a szabványnak megfelelő dobverőket
- 14. Pitch-Pairing - Súlycsoportok és hangmagasság szerint válogatják össze a verőket párokba
- 15. Színegyeztetés – Összepárosított verők színegyeztetése
- 16. „Brickelés” - Szállításra csomagolás [11]

5. Alternatívák a dobverők optimalizálására

Valószínűleg a játékerzetet leginkább befolyásoló tényező egy dobverő esetében a dobverő szárának kialakítása, anyagösszetétele. Ha egy dobos nem érzi jól magát dobolás közben, nem fogja tudni a legjobb teljesítményt nyújtani, ezért ez nagyon fontos tényező. A világosabb lakkbevonatok természetesebb érzésükről ismertek. A lakkmentes verők érdekesebbek és nyersebbek. Néhány dobverő pedig üvegezett, „mártott” vagy csúszásgátló felülettel rendelkezik. Ezek célja, hogy extra tapadást biztosítsanak játék közben.

Az olyan cégek azonban, mint az Ahead, teljesen más megközelítést alkalmaznak termékeik megalkotásához. A márka valójában alumínium hokiütők és baseballütők gyártásával kezdte az életét, és ezzel piacvezetővé is vált. Úgy döntöttek, hogy élvonalbeli technológiájukat és repülőgép-ipari minőségű alumíniumanyagukat alkalmazzák a dobverők gyártásához is. Az eredmény rendkívül könnyű verők, amelyek erősek, egyenletesek és hihetetlenül tartósak maradnak. Ezek a tulajdonságok tökéletes alternatívává teszi őket a fa helyett. Az Ahead márka állítása szerint verőik 6-10-szer hosszabb élettartammal rendelkeznek, mint a hagyományos, fából készült társaik. [9]

További innovatív újítások közül 2 kiemelkedik a többi közül:

- ProMark Active Grip

Egyes dobverő modelleken vékony gumibevonat van felhordva, ami állítólag jobb fogást biztosít a dobverőn. Azonban az egyik visszatérő probléma a dobosoknál ezekkel a bevonatokkal kapcsolatban, hogy minél jobban izzadnak, annál kevésbé tapad a kezük a verő. A probléma megoldására a ProMark kifejlesztett egy újfajta „hőaktivált” bevonatot, ami az Active Grip nevet viseli. Ez a technológia úgy működik, hogy minél többet izzad a zenész tenyere, annál „ragadósabb” lesz a bevonat, ami lehetővé teszi a dobverő lazább tartását a kezekből való kicsúszása nélkül. Az ezekről a modellekről szóló összes dicséretes vélemény alapján nyugodtan feltételezhetjük, hogy ez a technológia működik.

- Zildjian Anti-Vibe dobverők

Azáltal, hogy egy kis gumidarabot illesztett be a dobverő alsó végébe fűrt lyukba, a Zildjian módot teremtett arra, hogy csökkentse a játék közbeni ütések okozta

rezgéseket. Most maga a márka kifejezetten ajánlja ezeket a botokat elektronikus dobfelszerelésekhez. Ennek oka pedig az, hogy az akusztikus dobbőröktől eltérően, amelyeknek természetes visszapattanása van, az elektronikus gumilapok és gyakorlógumilapok sokkal keményebbek, és több rezgést keltenek ütéskor. Az igazság az, hogy a vélemények megerősítik, hogy ezek a dobverők jelentősen csökkentik a vibráció mértékét az elektronikus dobokon való játék közben, így növelve a kényelmet. [10]

6. A 3D nyomtatók felépítése

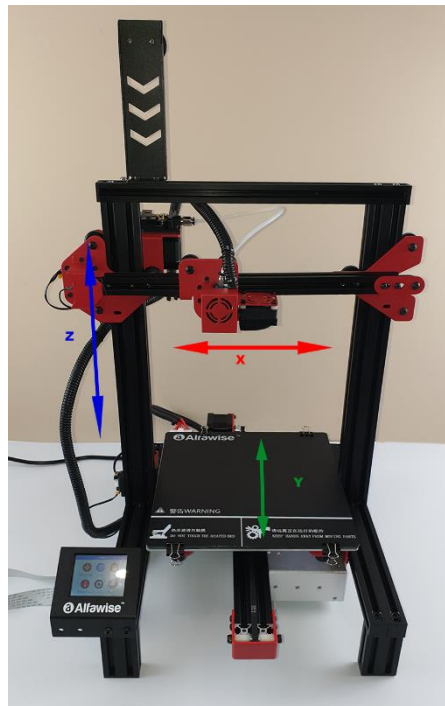
– Mozgás, tengelyek

Minden térbeli alakzatnak három irányban van kiterjedése: síktól felfelé, oldalra, hátra. Ez három tengelyt jelent: X, Y, Z.

Az X tengely a vízszintes irányú kiterjedést jelenti, az Y a mélységet (tehát az előre / hátra kiterjedés), illetve a Z a magasságot jelenti. Ezen három értékkel leírható egy tárgy térbeli kiterjedése. Így értelemszerűen a nyomtatás alkalmával az anyagot ezen tengelyek mentén mozgatva szükséges elhelyezni, amit a nyomtatók meg is tesznek.

· X tengely

Az X tengely mentén mozog jobbra-balra. Mint látható a lenti képen egy a két oszlopot összekötő tartóról van szó, amelyen mozog. [12]



4. ábra 3D nyomtató mozgástengelyei [12]

· Z tengely

A Z tengely mentén mozog fel, valamint le. Nyomtatás közben persze csupán fel, hiszen rétegenként halad, továbbá minden rétegnél megrajzol mindent. Így csupán

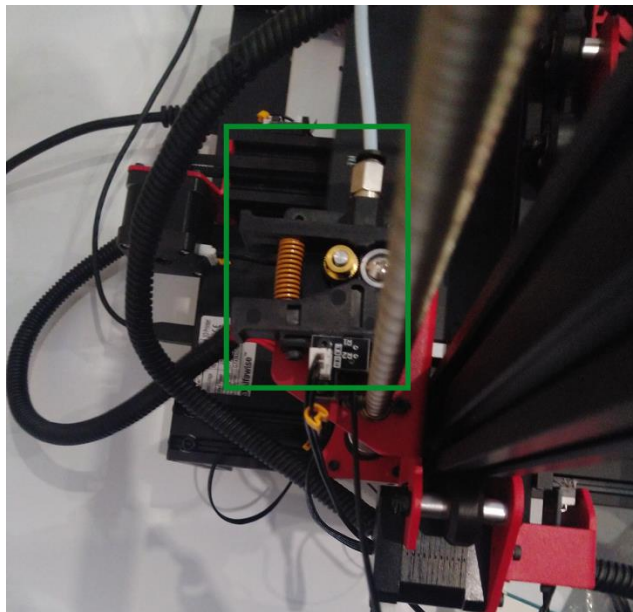
felfele mehet, de vannak olyan egyéb esetek, mikor lefele is mozog. A Z tengely egy csavarmenetes szárral valósul meg, amely legalább az egyik oldalon jelen van, de jobb esetben mindkettőn.

- Y tengely

Az Y tengely annyiból speciális, hogy ott maga a tárgyasztal (amin a modell van) mozog előre-hátra.

- A feeder

A feeder felelős amiatt, hogy az alapanyag (filament) eljusson a jó helyre. Ez az alábbi képen látható [12]:



5. ábra A feeder [12]

Látható a rúgó, ezen kívül a két kar, amit összenyomva befűzhető a filament, amely a fehér (teflon) csőben halad.

- A hot end

A “hot end” az a rész, ami felmelegíti az anyagot, továbbá a tárgyasztalra kipumpálja. Ez magában foglalja az extrudert, a ventilátort és a fűvókát (nozzle). A felépítése változó lehet, de mindig tartalmazza a nozzle-t, amely egy fűvóka:



6. ábra A fűvóka [12]

A fűvóka készülhet például rézből, titánból, valamint a lyuk átmérője is változó, de gyárilag sok esetben 0.4mm.

– A heat bed

A heat bed az a rész, ahova kerül a nyomtatni kívánt tárgy. Fűthető, valamint a fűtése sok esetben szükséges is. Két részből áll: az egyik az alsó rész, ami ténylegesen melegítésre kerül, valamint e felett van még egy réteg, amire a tárgy kerül a nyomtatás során. [12]



7. ábra A heat bed [12]

A felső réteg (“build plate”) anyaga sokféle lehet:

- tapadást elősegítő bevonattal elátott
- egyszerű üveg
- rugalmas, tapadást támogató bevonattal
- ragasztható

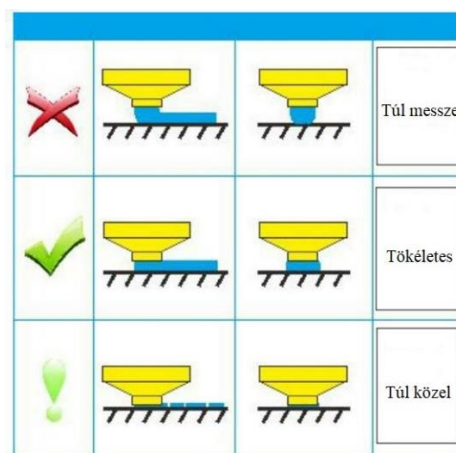
A 3D nyomtatás alkalmával kritikusan releváns, hogy a nyomtatni kívánt tárgy tökéletesen tapadjon, hiszen ha elmozdul, abban az esetben lehetetlenné válik a nyomtatás. A másik probléma viszont a túlzott tapadás, ami a PLA alapanyagok jellemzője. Képesek annyira tapadni, hogy majdhogynem lehetetlen eltávolítani a tárgy sérülése nélkül. Szerencsére az idők folyamán számos megoldás született a jó tapadás elérésére, amellett, hogy eltávolítani is könnyű legyen.

– Szintezés, leveling

A heat bed-hez társul a “leveling”. A szintezés (kalibrálás), vagyis leveling lényeges lépés. A drágább nyomtatók erre képesek automatikusan, az olcsóbbak sajnos nem (de vannak kivételek azért).

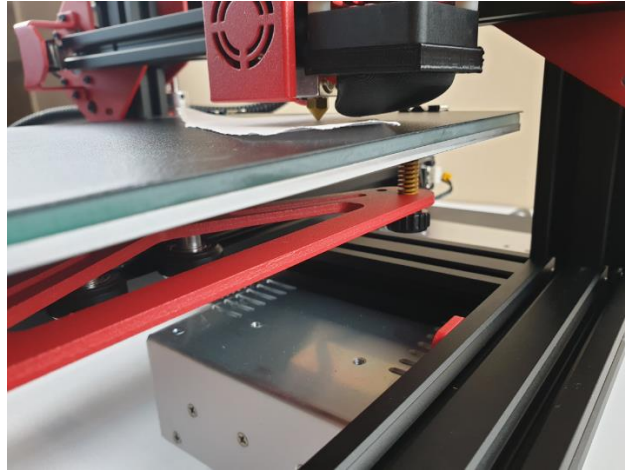
Miért is van erre szükség?

A kinyomtatott dolgok egy tárgyasztalon vannak, ami fűthető. Mint arra már kitértünk, a tárgyasztal áll egy alsó részből, ami a konkrét fűtött rész, ez fix. Felette van egy jellemző módon üveglap, amin van egy tapadásért felelős bevonat (ez a kettő együtt a build plate). Erre kerül az extruderből az anyag. Viszont ha túl messze van a fűvóka (nozzle), abban az esetben radikális esetben már a levegőben megköt az anyag, esetleg túl sok anyag kerül a build plate-re, továbbá ronda lesz a végeredmény. De az sem megfelelő, ha túl közel van, mert abban az esetben meg nem tud elég anyagot kipumpálni, hiszen elzárja az anyag útját. [12]



8. ábra Fűvóka és tárgyasztal közti távolság [12]

Akkor megfelelő, ha egy papírlap éppen elfér a fúvóka és a tárgyasztal felső rétege között:



9. ábra Tárgyasztal és fúvóka közti távolság kalibrálása [12]

– Kijelző

Általában minden nyomtatónak van kijelzője is, amivel számítógép nélkül is használhatóak. Ez lehet érintőkijelző is (mint az Alfawise U30 esetén), amit kényelmesebb használni, mint a gombos, tekerős megoldást.



10. ábra 3D nyomtató kijelzője [12]

– Extrák

Értékes funkció például a filament elfogyás érzékelése, amelyre sajnos nem minden nyomtató képes. A másik értékes funkció a nyomtatás folytatása pl. áramszünet esetében, amelyre szintén nem minden nyomtató képes, de példának okáért az Alfawise U30 igen.
[12]

7. Dobverők vizsgálata

7.1 Hickory dobverő



11. ábra American Hickory fa dobverő

Paraméterek:

Méret	5B
Hosszúság	405 mm
Átmérő	15,2 mm
Súly	59 g
Anyag	Amerikai hickory

Szakdolgozatomban először a hagyományos fából készült dobverőt vizsgálom, ami évtizedek óta uralja a piacot. Az általam is használt dobverő amerikai hickory fából készül. A hickory fa a diófák családjába tartozik. Észak-Amerikában és Ázsiában őshonos, de most már megtalálható a Kaukázus, a Krím-félszigeten is. A hickory fák inkább a nedves, meleg mérsékelt éghajlatot szeretik. Nehezen viselik el a szélsőséges hideget. Ha a hőmérséklet sokáig mínusz húsz fok vagy az alatti, akkor a fa meghalhat. Szeretik a fényt és a nedvességet. Gyakran nőnek folyók közelében, völgyekben. Ennek ellenére nem tűrik a túlságosan vizes élőhelyeket. Keményfa, emiatt nehezen megmunkálható. Hajlítva alakítható, szívós, rugalmas jól fényezhető tulajdonságokkal rendelkeznek.

A vizsgálandó dobverőket, így a fából készült hickory verőt is Charpy-féle ingás ütőműn vizsgáltam. Mivel a dobverőknek nem kell elviselniük extrém hideget, illetve extrém meleget, így a vizsgálatokat szobahőmérsékleten végeztem el.

A dobverők ütővizsgálatát itt csak összehasonlításra alkalmazom, mivel szabványos próbatest kimunkálására nem volt lehetőség.

A eredményeink kiértékelése előtt fontos tudnunk, hogy a „Dinamikai szint hatása a dobolásban” című publikációból megtudhatjuk, hogy a dobosok ütési stílusából fakadóan különböző méretű erők hatnak a dobverőre. A vizsgálat során mért csúcserők 1,8 és 106,8N között mozogtak. Ezek alapján a dobverőt ért erők átlaga 32,4 N volt a dobosok között. [13]

Először egy kisebb ütőműn végeztem el a mérést, hogy lássuk egy kisebb erőhatás következtében, hogyan reagál a dobverő. ($40\text{cm} \cdot \text{kg} = 4\text{J}$)

Ennek eredménye az alábbi képeken látható.



12. ábra Fa dobverő vizsgálata Charpy-féle ütőműn



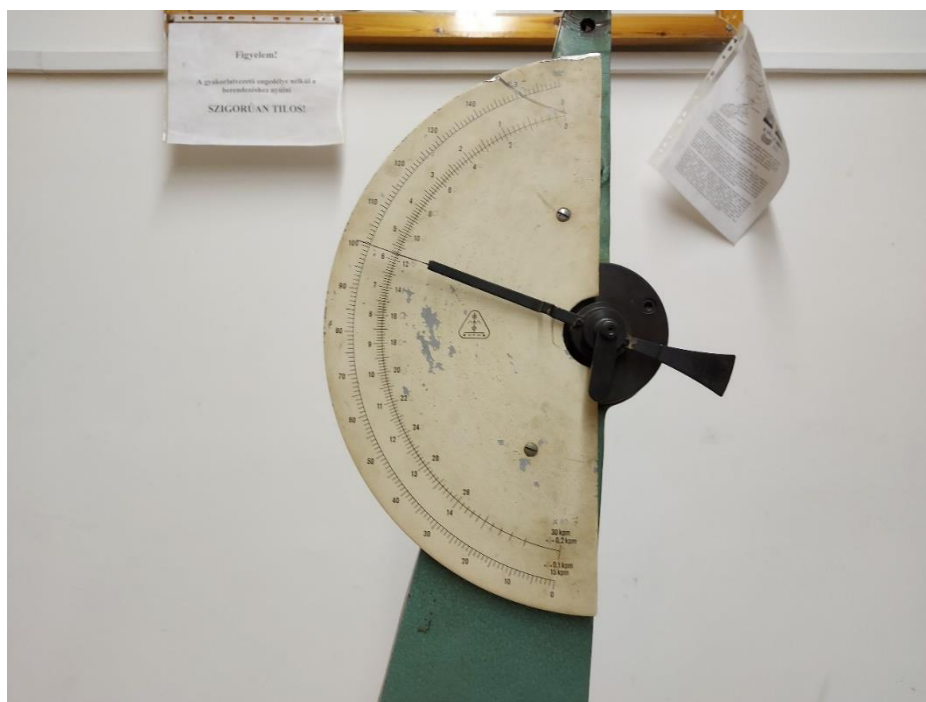
13. ábra Fa dobverőn látható felületi sérülés

Mint az a képeken is jól látható, a vizsgálat nem vezetett eredményre, hiszen az ütőmű fej súlya, a fej gyorsulása és ebből adódóan a gép maximálisan elérhető üténergiája nem volt elegendő a próbatest eltöréséhez. A próbatestet érte ugyan egy nagyobb erőbehatás, aminek következtében hengeres felülete torzult. Ilyen és ehhez hasonló felszíni sérülések fordulnak elő szakszerű használat közben is. Például, amikor a zenész olyan szögben úgy üti meg a dobtesteket a dobverő fejével, hogy közben a dobverő nyaka hozzáér a dobtestek kávéjához. Az ilyen használat okozhatja egy idő után az anyag fáradását, meggyengülését, aminek következtében a verő eltörhet, de ehhez az kell, hogy ugyanabban a pontban érje hosszú távon az erőbehatás.

Ezután egy 30kpm ($W = F * s = 300N * 1m = 300J$) maximális üténergiájú ütőművön végeztem el a dobverő vizsgálatát.



14. ábra American hickory dobverő vizsgálata



15. ábra American hickory dobverő üténergiája (116 J)



16. ábra American hickory dobverő belső textúrája törés után

A 300J maximális ütőenergiájú ütőműn végezett vizsgálat után megállapíthatjuk, hogy az amerikai hickory fából készült dobverő töréséhez hozzávetőlegesen 116 J nagyságú munka szükséges. Viszont azt tudnunk kell, hogy ez az ütőmunka nem állandósítható az összes olyan dobverőre, melyek ugyanilyen méretekkel rendelkeznek és ugyanebből a típusú fából készülnek. Ezt az értéket nagyban befolyásolja a fának a kora, az időjárási körülmények, földrajzi elhelyezkedése, ahol a fa növekedett, gyártási eljárások, a fa sűrűsége, anyagminősége, hőmérséklet, etc. Mint ahogy az a vizsgálat után készült képen is látszik, a dobverő 20°C-os hőmérsékleten szívós törést mutat. Ezt megállapíthatjuk a vizsgálat eredményén, hiszen a nagy ütőmunkájú anyagok szívósan viselkednek. Ezt a következtetést a próbatest törés utáni vizuális vizsgálata is alátámasztja, a vizsgált után jól látható hogy a törés felülete igen durva, szinte elszakadtak a dobverő belső textúrájában futó rostok.

7.2 Szénszálas dobverő



17. ábra Szénszálas dobverő

Paraméterek:

Méret	5B
Hosszúság	409 mm
Átmérő	14,9 mm
Súly	56 g
Anyag	Szénszál

Másodjára a szénszálból készült dobverőt vizsgáltam. Az olaszországi székhelyű Techra gyárnál a gyártási folyamatnak, illetve az anyagnak köszönhetően minden dobverő ugyanolyan, méretű, súlyelosztású, valamint rugalmasságú. A műszaki attribútumai garantálják a dobverő erőteljes hangzását a tamok, a káva és a cintányérok használata alkalmával. A szénszálak a szálas anyagokon belül a szervesetlen alapanyagú mesterséges szálas anyagok közé tartoznak. Egyes típusoknál egy rezgéselnyelő gumit tesznek a dobverő fenék részére, a komfortosabb játékérzet biztosítása érdekében. [14]

Szálszál	
Széntartalom, %	> 95
Szakítószilárdság, MPa	3800
Rugalmassági modulus, GPa	242
Szakadási nyúlás, %	1,5
Hővel szembeni ellenállás	jó hővezető
Szálszál, µm	7,2
Nedvességfelvétel, %	< 0,1
Sűrűség, g/cm ³	1,82 < 0,1



18. ábra Karbonszálak dobverő vizsgálata Charpy-féle ütőműn



19. ábra Karbon szálak dobverő az ütővizsgálat után



20. ábra Szénszálas dobverő ütőenergiája

A szénszálas dobverő vizsgálata érdekes eredményt hozott. A Techra cég állítása szerint az általuk gyártott dobverők egyes típusai akár 8-9-szer tartósabbak, mint a hasonló paraméterekkel rendelkező fa dobverők. Ez az állítás fenntartásokkal kezelendő, hiszen természetesen nem megállapítható egy fa dobverőnek az élettartama az előző pontban említett, törést befolyásoló tényezők miatt. Főleg úgy, hogy a törést befolyásoló tényezők közé sorolhatjuk a dobosok ütéstechnikáját, használat időtartamát, az ütőerőt, ami zenei stílusoktól függően változhat. Ennél fogva csak általánosítani tudjuk egy fa dobverő élettartamát egy adott dobosra nézve. Amit viszont kijelenthetünk az az, hogy a szénszálból készült dobverők már az anyagminőségükből fakadóan is tartósabbak, mint fából készült társaik, de számszerűsíteni ezt pontosan nem lehet.

A hosszabb élettartamból kifolyólag a várt eredmény egy fa dobverőhöz képest nagyobb ütőenergiájú, szívósabb anyagminőség lett volna. Viszont a vizsgálat során kiderült, hogy a karbonszálas dobverő sokkal kisebb ütőenergiát volt képes elnyelni. Számszerűsítve ez az érték 46 J volt, amiből már rideg törésre következtethetünk és a törés utáni vizuális

vizsgálat is alátámasztotta ezt a megállapítást. Továbbá megfigyelhető, hogy a szénszálból készült dobverő nem egy egybefüggő tömör testet alkot, hiszen megfigyelhető, hogy a test teljes egésze üreges és falvastagsága 5 mm. Ez a gyártási folyamat következménye, hiszen extrudálással készítik el tökéletesen azonos súlyú és anyagminőségű dobverőket. Ennek köszönhetően, a fa dobverők gyártásától eltérően, nincs szükség súly szerinti összeválogatásra a gyártás végén, ezzel rengeteg időt megspórolva és felgyorsítva a gyártási folyamatot.

7.3 3D nyomtatott dobverő

A 3D nyomtatáshoz egy Anycubic MegaZero 2.0 típusú gépet használtam, aminek a paraméterei az alábbi táblázatban olvashatók.



21. ábra Anycubic MegaZero 2.0

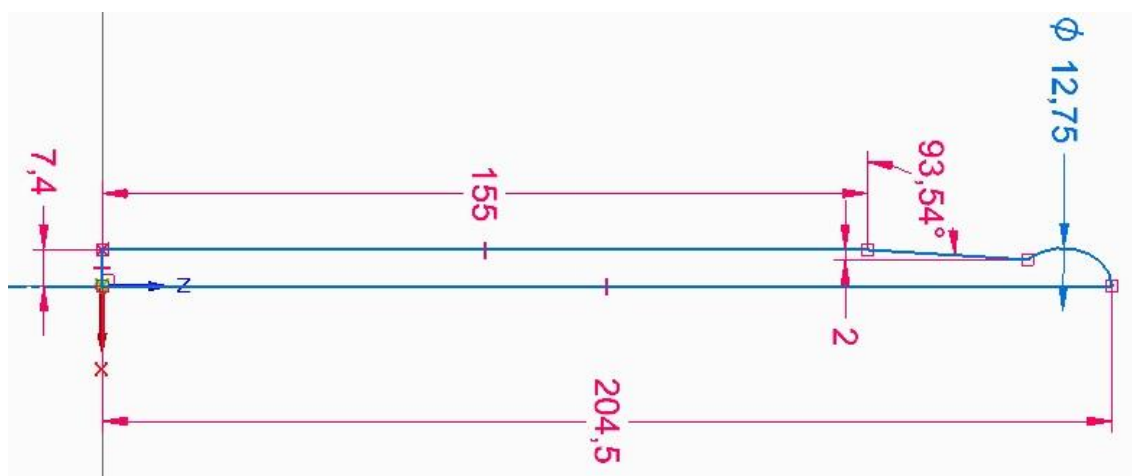
3D nyomtatási technológia	FDM
Extruder típusa	Bowden
Nyomtató ágy anyaga	Fém
Keret típus	Nyitott
Nyomtatási térfogat (mm)	220 x 220 x 250
Maximum hőmérséklet	250 °C
Maximális rétegmagasság (felbontás)	0.1 mm
Maximális nyomtatási sebesség (mm ³ / s)	100
Fúvóka átmérője	0.4 mm

A nyomtatáshoz FormFutura márkájú ipari PLA-t használtam, ami nagy hőállósággal és kiváló mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik.

Átmérő	1,75 mm
Ajánlott nyomtatási hőmérséklet	220 - 255 °C
Tulajdonságok	Hozzávetőlegesen 8x kisebb zsugorodás, mint a hasonló anyagok esetében
	Kiváló méretpontosság
	Nagy nyomtatási sebességre van tervezve
	Biológiailag lebomló
Hőállóság	≥ 95°C hőkezelés után

Az optimalizáláshoz először meg kellett határoznom a nyomtatás irányát. A dobverő és a tárgyasztal méretéből adódóan az általam használt 3D nyomtató nem képes egyben kinyomtatni egy 409 mm hosszúságú testet. Ebből már le tudjuk vonni az első következtetésünket, miszerint az AnyCubic MegaZero 2.0 típusú nyomtató nem felel meg annak az elvárásnak, hogy egy mindennapi használatra szánt dobverőt képes

legyen kinyomtatni egy egybefüggő testként. Mivel dolgozatomban a próbatest anyagát, szilárdságát és a töréshez tartozó inflexiós pontot vizsgálom, így nem is szükséges egy 409 mm hosszúságú dobverőt nyomtatni elég, ha a testet képzeletben megfelezem és a verő felső részét vizsgálom, ahol a szűkülő keresztmetszet és a dobverő feje is megtalálható. Ennél fogva meghatározhatjuk az általam nyomtatott dobverő méreteit.



22. ábra Méretezett modell

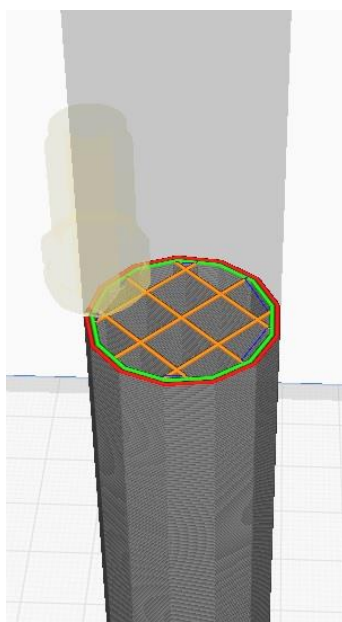
Miután meghatároztam a dobverőm méreteit a Solid edge program segítségével megterveztem a próbatest 3D modellét. Mivel a nyomtatáshoz G-kód-ot kell generálni, ezért szükséges egy 3D nyomtató program. A választásom az Ultimaker Cura 5.2.1 programra esett, mivel ez a világon a legelterjedtebben használt szoftvere, hiszen nagyon egyszerű a kezelő felülete. A 3D modelletem STL fájlként kellett elmentenem, hogy utána az Ultimaker Cura program is kezelni tudja azt. A program számos lehetőséget biztosít, hogy ugyanolyan méretű próbatesteket különböző nyomtatási paraméterek beállításával nyomtathassunk. A modellem méretein nem változtattam a különböző nyomtatások során, így csak a nyomtatási paraméterek változtatásával próbáltam optimalizálni a dobverőt. A nyomtatási program meghatározásánál mindegyik modellnél azonos volt a nyomtatási hőmérséklet, az ágy hőmérséklete, a nyomtatási sebesség, a profilvastagság, a réteg magassága és a falvastagság.

Állandó paraméterek	
Nyomtatási hőmérséklet	220 °C
Ágy hőmérséklete	80 °C
Nyomtatási sebesség	40 mm/s
Profil vastagság	0,8 mm
Réteg magasság	0,2 mm
Falvastagság	0,8 mm

Az állandó paraméterek meghatározása után figyelembe kellett venni egy hagyományos dobverő súlyát, hiszen mint azt már említettem, ettől nagyban függ a kényelmes játékerzet. Mivel a próbatestem egy dobverő teljes hosszának felének felel meg, így a megengedhető maximális súlyt 28-32g között határoztam meg. A próbatest súlyát ennél fogva a kitöltés mértékén és a modell belső nyomtatási textúrájának meghatározásával tudom befolyásolni.

7.3.1 20%, vonal kitöltésű modell

Az első modellem kitöltésének mértéke 20%, míg a belső textúra kialakításánál vonalszerű, keresztirányú nyomtatási irányt határoztam meg. A modellem súlya így hozzávetőlegesen 15g lett.



23. ábra Solid Edge modell

Az így kinyomtatott modellt ezután szabványos Charpy-féle ütőműn vizsgáltam, aminek ütőfeje 30 kg és így a maximális ütőenergiája 300 J.



24. ábra 20%-os kitöltésű dobverő a vizsgálat után



25. ábra 20%-os kitöltésű dobverő ütőenergiája

A vizsgálat során először is kiderült, hogy a G-kód generálása során beállított 20%-os, vonalszerű kitöltésű dobverő szinte semmilyen mértékű erővel szemben sem ellenálló, hiszen az üténergiája közel nulla. Összesen ~ 2 J üténergiát volt képest elnyelni. Ha megfigyeljük a próbatestet törés után, akkor láthatjuk, hogy a nyomtatás irányából fakadóan az öt ért ütés hatására két nyomtatási réteg között vált szét a dobverőnk és semmilyen, az ütés ellenállására utaló nyomot nem fedezhetünk fel. Következtetésképpen a következő próbatesten először is növelni kell a belső textúra kitöltésének mértékét.

7.3.2 40%-os, vonalszerű kitöltésű dobverő vizsgálata



26. ábra 40%-os kitöltésű dobverő vizsgálata



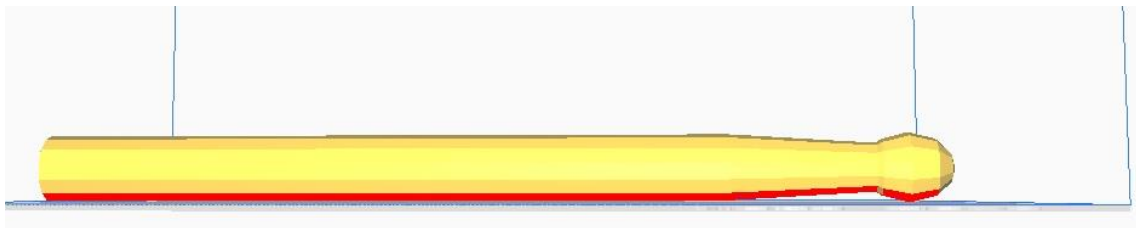
27. ábra 40%-os kitöltésű dobverő a vizsgálat után



28. ábra 40% kitöltésű dobverő üténergiája ($W \sim 4 \text{ J}$)

A második modellünkénél a nyomtatásnál, az eddigi tapasztalatainkat levonva, 40%-os kitöltésű, vonalszerű nyomtatási irányt alkalmaztam. Az így kapott modellt szintén Charpy-féle ütőműn vizsgáltam. Az eredményből látható, hogy a PLA anyagból készült próbatestünk szintén ridegen viselkedett a törés hatására. Az ütőmű skálájáról jól leolvasható, hogy a második modellünk ~ 4 J üténergiát volt képes elnyelni. Ha megnézzük az ütés helyét a dobverőn, akkor jól látható, hogy szintén két nyomtatási réteg szétválásáról beszélhetünk. Következő modellünk megalkotásánál módosítottam a dobverő helyzetét a munkaasztalon.

7.3.3 60%-os kitöltésű, szálirányú nyomtatással készült dobverő



29. ábra 60% kitöltésű dobverő

Már a programon belül is jól látható a nyomtatás előtt, hogy a dobverő alakjából, illetve szűkülő keresztmetszetéből fakadóan a modellünk nem lesz tökéletes és megfelelő hangszert megszólaltató eszközként. Ettől eltekintve elvégeztem a darab nyomtatását, hogy lássuk a vizsgálata során, hogy milyen üténergiájú dobverőt kapunk, ha az X-tengelyre párhuzamosan elhelyezkedő hengeres testet nyomtatunk szűkülő keresztmetszettel.



30. ábra 60%-os kitöltésű, szálirányú nyomtatással készült dobverő vizsgálata



31. ábra Próbatest a törés után

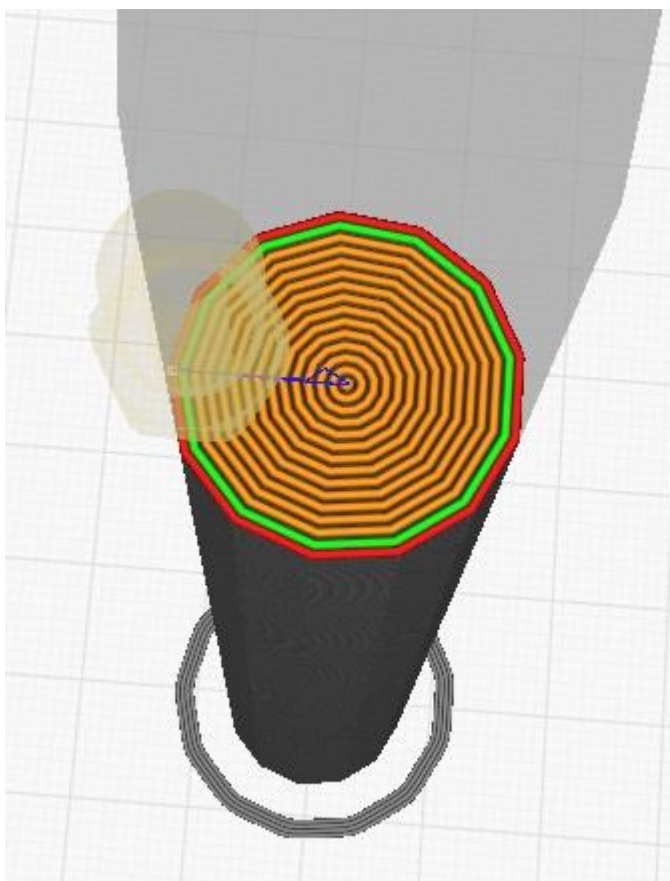


32. ábra Próbatest üténergiája

Mint említettem, a próbatestemet az XY-tengelyek síkjára fektetve nyomtattam, vonalszerű kitöltéssel. Az így kapott modellem rétegei az előző modellekhez képest a testen belül 90°C -al el lettek forgatva, mint ahogy az a 32. ábrán is látható. A nyomtatás során sajnos a hengeres alakból és szűkülő keresztmetszetből és nyomtatás irányából fakadóan a próbatestünk egyik oldalán megfigyelhető egy tömör, kb. 1 mm vastagságú sík felület, illetve alátámasztás hiányában a szűkülő keresztmetszet és a dobverő feje sem lett tökéletes. Ebből levonhatjuk azt a következtetést, hogy egy dobverőt alakjából fakadóan nem lehet az X és Y tengelyek síkjára párhuzamosan elhelyezni a nyomtatáshoz. Ez a megállapítás további optimalizálási lehetőségeket zár ki és csak Z-tengellyel párhuzamos, hengeres próbatesteket tudunk megalkotni. A vizsgálat során viszont kiderült, hogy a hosszirányban futó rétegek miatt a próbatestünk sokkal jobban reagált az öt ért ütésre, hiszen 16 J üténergiát volt képes elnyelni és vizuálisan is látható minimálisan a plasztikus alakváltozás.

7.3.4 80% kitöltésű dobverő vizsgálata

Az előző vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy a fából készült dobverő ütőmunkája 116 J és a szénszálból készülté pedig 46 J. Ezért a további vizsgálatokat egy maximum 4 J ($W_{max} = 0,4m * 10N = 4 J$) üténergiájú szabványosított Charpy-féle ütőműn vizsgáljuk, hogy a vizsgálatok során a skáláról leolvasott eredményeink pontosabbak legyenek.



33. ábra 80% kitöltés koncentrikus nyomtatási iránnyal



34. ábra Vizsgálati eredmény ($W \sim 1,5 \text{ J}$)



35. ábra Próbatétel a vizsgálat után

Mivel az XY-tengely síkjára fektetett próbatest a hengeres alakjából fakadóan a nyomtatás során eldeformálódik, ezért a negyedik modellemet ismét Z-tengellyel párhuzamosan helyeztem el és a kitöltés mértékét növeltem 80%-ra. Ezen kívül a nyomtatás iránya koncentrikus, így megerősítve a próbatest falát, hogy ellenállóbb legyen az őt ért pontszerű ütés ellen. A vizsgálat után megerősítést nyert, hogy a nyomtatás során az anyagkitöltés nagyban befolyásolja a próbatest szívósságát. Bár a darabunk még így is csak $\sim 1,5$ J üténergiát volt képes elnyelni, a próbatesten megfigyelhető egy minimális alakváltozás, míg az eddigiek alakváltozás nélkül ridegen törtek.

7.3.5 90%-os, koncentrikus kitöltésű dobverő



36. ábra Vizsgálat eredménye ($W \sim 1,65J$)



37. ábra Próbadarab a vizsgálat után

A vizsgálat során a 20°C környezeti hőmérsékleten próbatestünk hasonlóan viselkedett, mint előző modelljeink. A törés helyét megfigyelve láthatjuk, hogy nagyon tisztán, két nyomtatási réteg között vált szét a testünk, alakváltozás alig észrevehető, modellünk ridegen viselkedett a törés során. Viszont az előző vizsgálatunkhoz képest jobb eredményt kaptunk, $\sim 1,65$ J üténergia elnyelése jellemezte a próbatestet. Ezek alapján a vizsgálatok elején kiválasztott, állandósított paraméterekkel a modellek közti 10%-os kitöltési különbségek hozzávetőlegesen $\sim 0,15$ J üténergia elnyelési képességgel növelik a modelljeinket.

7.3.6 95%, koncentrikus kitöltésű próbadarab



38. ábra Vizsgálat eredménye



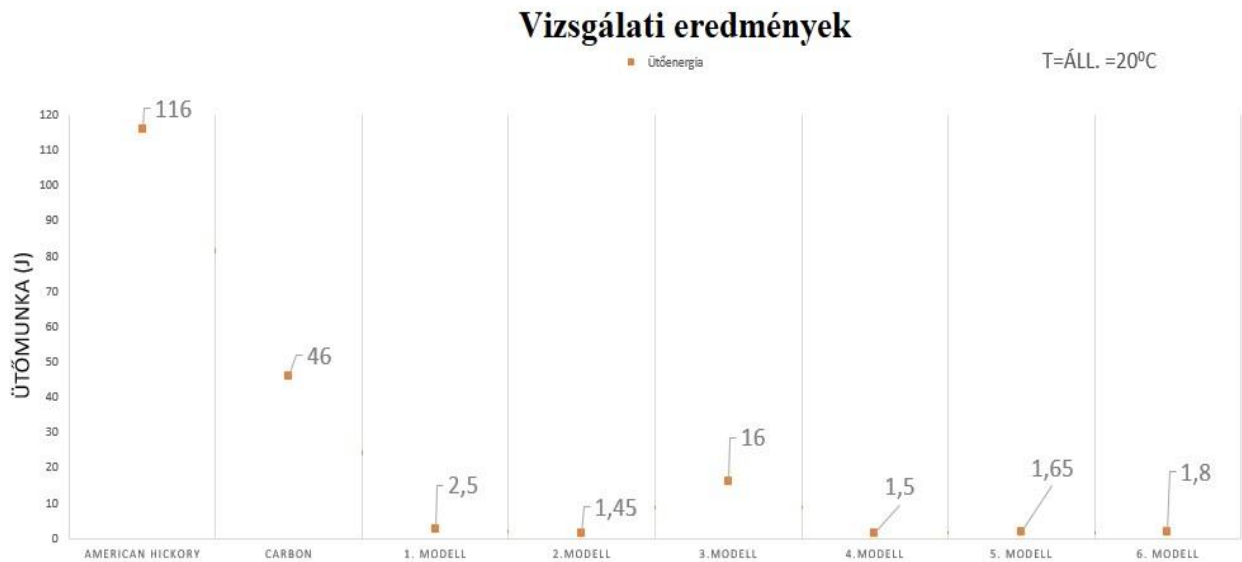
39. ábra Próbatétel a vizsgálatot követően



40. ábra Vizuálisan megállapítható alakváltozás

Az utolsó próbadarabunk sem közelítette meg a fából készült dobverők üténergiáját, hiszen $\sim 1,8$ J üténergiát volt képes elnyelni. Viszont azt megállapíthatjuk, hogy az anyagkitöltés mértéke ellenállóbbá teszi a próbadarabot az öt ért erőhatásokkal szemben. Alakváltozás is ezen a modellen következett be a legnagyobb mértékben, hiszen itt is két nyomtatási rétegnél tört szét a próbatestünk viszont, ahogy azt a 40. ábra is mutatja a rétegek sokkal jobban ragaszkodtak egymáshoz és a koncentrikus kitöltés miatt a hengeres testünk közepéhez haladva egybefüggő kérgék alakultak ki, amik növelték a darabunk szívósságát.

8. Konklúzió



41. ábra Inflexiós pontok

A vizsgálati eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy a beállított és kiválasztott paraméterek optimalizálásával nem tudunk olyan dobverőt alkotni 3D nyomtatással, ami megközelítené a fából készült társaik szívósságát utólagos felületkezelési eljárások hiányában. Láthattuk, hogy a szénszálás dobverő 2,5-ször kisebb ütőenergiát képes elnyelni. A tapasztalatok mégis azt mutatják, hogy sokkal hosszabb élettartammal rendelkeznek, mint a fából készült dobverők. Ennek oka a fa és szénszál anyagminőségi különbségei, mivel a szénszál rugalmassági modulusa 8 GPa, a hickory fának hozzávetőleges 6-7 GPa. Ebből következően a további vizsgálatok során érdemes a PLA-tól nagyobb rugalmassági moduluszal rendelkező anyagból elkészíteni próbatestünket. Ilyen anyag lehet például a karbon erősített nejlón, ami nagy szakítószilárdsággal és merevséggel rendelkezik, valamint a többi filamenttel összehasonlítva rugalmasság terén az élen jár.

A gyártók éveket töltenek azzal, hogy megalkossák a fából készült dobverők alternatíváit. Ebből a tényből kiindulva nem jelenthető ki, hogy 3D nyomtatással nem lehet mindennapi használatra szánt dobverőt gyártani. A végtelen lehetőségek tárházából dolgozatomban

kiválasztottam néhányat, amit a vizsgálatok előtt fontosnak tartottam. Viszont további vizsgálatok során ugyanezekkel a paraméterekkel, más anyagból készült dobverők minden bizonnyal eltérő eredményeket kapnánk. A nagyobb üténergia eléréséhez érdemes a már említett karbon erősített nejlont, vagy PETG anyagot választani.

Mindegyik modellünknel megfigyelhető, hogy a törés során ridegen viselkedtek és két nyomtatási réteg vált szét a törés során. Ezt normalizálva a további vizsgálatok során érdemes, az extruder nyomtatási hőmérsékletén emelni, hogy az olvadt filament a nyomtatás során később dermedjen meg, így jobban egymáshoz tudnak tapadni a nyomtatási rétegek, ami remélhetőleg az ütőmunka növekedését eredményezheti. A modelljeink szilárdságát növelhetjük, akár a textúra kitöltésének mértékétől függően a nyomtatás során úgy, hogy modellünk belsejébe valamilyen rezgés elnyelő anyagot töltünk, mint például homokot. Természetesen ennél az eljárásnál nagy hangsúlyt kell fektetni a dobverő maximális súlyára, hiszen ha túl nehéz a dobverő nem lesz komfortos a játékerődobolás közben és hosszú távú használata egészségügyi gondokat okozhat.

A modelljeink szilárdságát továbbá tudnánk növelni, ha kész próbatestünket felületkezeljük. Megfelelő eljárás lehet, ha a 3D nyomtatott dobverőnket folyékony gumival kezelnénk több rétegben. A gumi egy egységes réteget képezve növeli a próbatestünk szívósságát és rezgéselnyelését.

Összefoglalva a vizsgálatok során kiderült, hogy a kiválasztott paramétereket optimalizálva nem sikerült megalkotni a tradicionális, fából készült dobverők alternatíváit. A dobverő alakjából fakadóan csak Z-tengelyre párhuzamos nyomtatással tudjuk megalkotni a darabunkat, viszont további anyagok, amik nagyobb rugalmassággal rendelkeznek, valamint felületkezelések és rezgés elnyelő anyagok optimalizálásával a jelenleg a piacon elérhető alternatívák világában új utakat nyithatnak a 3D nyomtatással készült dobverők.

9. SUMMARY

Based on the test results, we can conclude that by optimizing the set and selected parameters, we cannot create a drumstick by 3D printing that approaches the toughness of their wooden counterparts in the absence of post-processing. We have seen that carbon fibre drumsticks can absorb 2.5 times less impact energy. However, experience shows that they have a much longer lifetime than wooden drumsticks. This is due to differences in the material quality of wood and carbon fibre, as carbon fibre has a modulus of elasticity of 8 GPa, whereas hickory wood has a modulus of elasticity of approximately 6-7 GPa. In conclusion, for further testing, it is recommended to use a material with a higher elastic modulus than PLA for our test specimen. Such a material could be, for example, carbon reinforced nylon, which has high tensile strength and stiffness and is at the forefront of elasticity compared to other filaments.

Manufacturers spend years creating alternatives to wooden drumsticks. That being said, it is not to say that 3D printing cannot be used to make a drumstick for everyday use. From the infinite range of possibilities, I have selected a few in my thesis that I thought were important to consider before starting my investigations. However, further testing of drumsticks with the same parameters, made from different materials, would certainly yield different results. To achieve higher impact energy, it is advisable to choose the carbon reinforced nylon or PETG material mentioned above.

For all our models, it was observed that they behaved brittle during fracture and two printing layers separated during fracture. To normalize this, in further studies it is worthwhile to increase the extruder's printing temperature to allow the melted filament to solidify later in the printing process, so that the print layers can adhere better to each other, which will hopefully result in an increase in impact strength. The strength of our models can be increased, depending on the degree of texture fill during printing, by filling the inside of our models with a vibration absorbing material such as sand. Of course, the maximum weight of the drumstick should be taken into account when using this method,

as if the drumstick is too heavy it will not be comfortable to play and long-term use may cause health problems.

We could also increase the strength of our models by surface treating our finished test specimens. A suitable method could be to treat our 3D printed drumstick with several layers of liquid rubber. By forming a uniform layer, the rubber increases the toughness and vibration absorption of our test specimen.

In conclusion, the studies have shown that by optimizing the selected parameters, alternatives to traditional wooden drumsticks could not be created. Due to the shape of the drumstick, we can only create our piece by printing parallel to the Z-axis, but by using additional materials with higher flexibility, optimizing surface treatments and vibration absorbing materials, 3D printed drumsticks could open new avenues in the world of alternatives currently available on the market.

10. Irodalomjegyzék

- [1] Sulinet: A dob. 2000.09.01.
<https://hirmagazin.sulinet.hu/hu/muveszetek/a-dob>
- [2] Drum Center of Portsmouth; History of Drums: A Brief History Lesson for Drummers. North Hampton, NH
<https://www.drumcenternh.com/news/history-of-drums>
- [3] Banter Zsolt: Dob hangszer története. 2010
<http://hangszer.network.hu/blog/hangszer-klub-blogja/dob-hangszer-tortenete>
- [4] Keczné Macskó Piroska: A dob rövid története. 2013
<http://hangszer.network.hu/blog/hangszer-klub-blogja/a-dob-rovid-tortenete>
- [5] Drum Brands: Drumstick sizes. 2018. augusztus 31.
<https://drumbrands.com/drumstick-sizes/>
- [6] ASBA Drums : History of drumsticks. Franciaország
<https://www.asbadrums.com/gb/content/108-history-of-drumsticks>
- [7] Ritmusdepo: A hónap témája: Dobverők. 2012. október 1.
<https://ritmusdepo.hu/2012/10/01/a-honap-temaja-dobverok/>
- [8] Adertons Music Co.: Guide to drumsticks.
<https://www.andertons.co.uk/guide-to-drumsticks>
- [9] Kibo: About Ahead drumsticks.
<http://www.aheadrumsticks.com/about.html>
- [10] E-Home Recording Studio; Drumsticks 101: The Ultimate Buyer's Guide for Drummers.
<https://ehomerecordingstudio.com/best-drumsticks/>
- [11] Drum Brands: Vic Firth Companyt. 2018. augusztus 27.
<https://drumbrands.com/vic-firth-company/>
- [12] TesztAréna: 3d-nyomtatás-6-resz-a-3d-nyomtatok-kozelebbrol. 2022. március 16.
<https://tesztarena.hu/3d-nyomtatás-6-resz-a-3d-nyomtatok-kozelebbrol/>
- [13] Effect of dynamic level in drumming: Measurements of striking velocity, force, and sound level. 2011.
<http://www.sofiadah.net/pdf/DahletalForumAcusticum2011.pdf>
- [14] Drumsticks. 2022
<https://www.techra-drumsticks.com/en/drumsticks/>