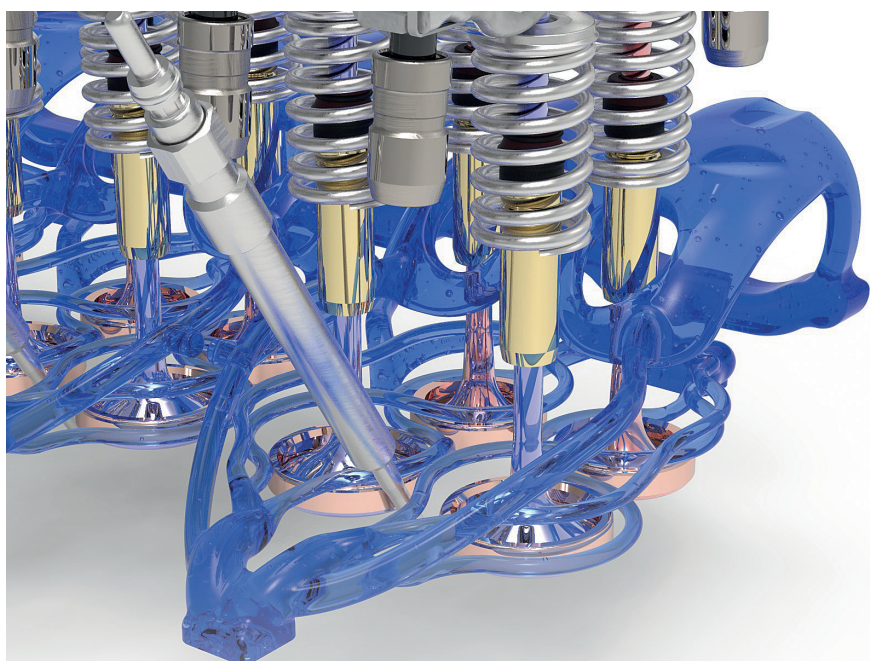


# A 3D-S FÉMNYOMTATÁS, MINT A GÉPJÁRMŰMOTOROK GYÁRTÁSÁNAK ÍGÉRETES JÖVŐBENI TECHNOLOGIÁJA



1. ÁBRA.  
Az újratervezett  
hengerfejben  
található keresztáramú  
hűtőrendszer  
(kék színnel  
ábrázolva) [2]

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A belső égésű hőerőgép ma már általánosan elterjedt, hétköznapi eszköz. A 3D-s fémnyomatás egyre nagyobb sebességgel terjedő és fejlődő gyártástechnológia. Számos járműipari vállalat foglalkozik 3D-s fémnyomatott alkatrészek előállításával, amelyeket belső égésű hőerőgépekbe szerelnek és tesztelnek, hiszen jelentős előnnyel jár az ezen technológiával előállított alkatrészek alkalmazása. A fémnyomatással előállított alkatrészek tesztelésének pozitív eredményei miatt, a különböző polgári járműipari cégek teszteléseinek eredményei katonai szempontból is jelentősek. A szerző a nemzetközi példák említését követően ismerteti a Széchenyi István Egyetem hallgatóinak és az Audi Hungaria mérnökeinek együttműködésében megvalósuló 3D-s nyomtatott motor fejlesztési projektjét.

**KULCSSZAVAK:** 3D-s fémnyomatás, belső égésű hőerőgépek, teljesítménynövekedés, tömegcsökkentés

**ABSTRACT:** Internal combustion engines are an important part of our everyday lives. Metal 3D printing is a manufacturing technology that is growing and developing at an ever-increasing speed. Many automotive companies are producing metal 3D printed parts to be assembled and tested in internal combustion engines, as there are many advantages to using parts produced by this technology. The results of testing by various civilian automotive companies are also significant from a military point of view, due to the positive characteristics of the metal printed parts. After mentioning international examples, the author describes the development project of a 3D-printed engine implemented in the cooperation between students of Széchenyi István University and engineers of Audi Hungaria.

**KEYWORDS:** Metal 3D printing, internal combustion engine, performance improvement, weight reduction

## BEVEZETÉS

A műanyagok alkalmazása területén, az elmúlt évtizedekben az additív gyártástechnológiák jelentős fejlődésen mentek keresztül. A már csaknem negyed évszázada szabadalmaztatott műanyag szálolvasztásos (Fused Deposition Modelling – FDM) módszer mára a legelterjedtebben használt gyártási eljárássá vált, sőt sikeresen alkalmazott technológia a 3D-s fémnyomatás területén is. Ezzel a módszerrel csaknem egyidős a szelektív lézeres szinterezés (Selective Laser Sintering – SLS) technológiája, amelyből később a szintén porágyfúzió elvén működő additív gyártási módszer, a szelektív lézeres megolvasztás (Selective Laser Melting – SLM) keletkezett, amely mára a fémnyomatás területén az egyik vezető eljárássá vált. Ehhez a módszerhez nagyon hasonló elven működik az elektronsugaras megolvasztás (Electron Beam Melting – EBM), amely a műanyag eszközök előállítása mellett – a fémponból fókuszált elektronsugár segítségével – szintén alkalmas különböző gyártmányok előállítására. [19]

A 3D-s fémnyomatás ugyanakkor egy relatív új gyártástechnológia, amely a belső égésű motorok fejlesztési és gyártási területén nagy potenciált rejt magában. Ez a gyártástechnológia, számos pozitív tulajdonságát tekintve rendkívül meghatározó lehet. A 3D-s fémnyomatott szerszámgépek napjainkban egyre jobban terjednek, Sés akár kis vállalatok számára is egyre elérhetőbbé válnak.

Az additív gyártást kezdetekben prototípusok elkészítéséhez, kis számban gyártott alkatrész-sorozatok esetében alkalmazták, [15] [16] azonban a 3D-s nyomtatással egyszerű módon

\* Nemzeti Közszerológati  
Egyetem HHK BSc.  
hallgató. ORCID:  
0009-0003-3698-0426

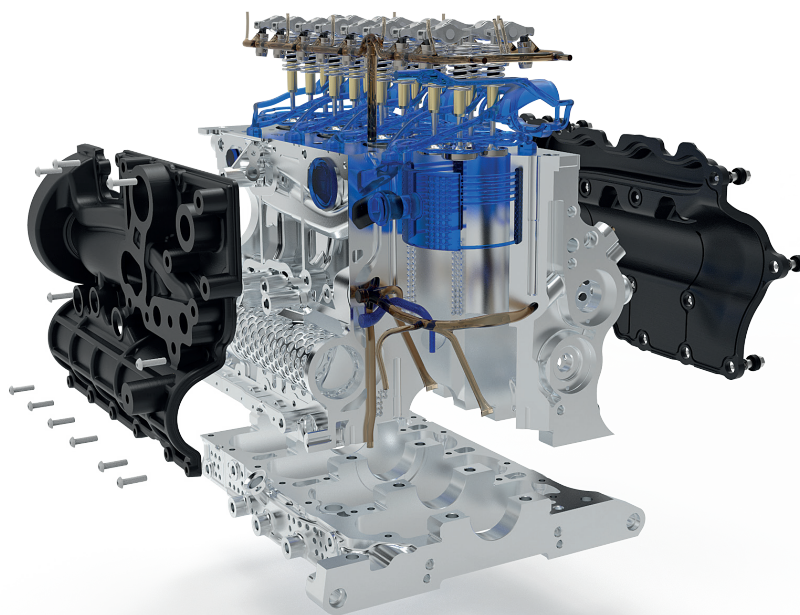
kivitelezhető olyan szerkezetek és gyártmányok, amelyeknek a tömege kisebb, emellett ugyanolyan, vagy jobb szilárdságtani mutatókkal rendelkeznek, mint a hagyományos gyártású eszközök. [17] Az új módszert a gyártástechnológia ezen sajátosságai miatt kezdték el alkalmazni belső égésű motorok gyártása és tesztelése során. Jelen tanulmány néhány olyan példát ismertet, ahol 3D-s fémmnyomatással állítottak elő motoralkatrészeket. A publikáció azt kívánja bemutatni, hogy az eljárás milyen változásokat eredményezett a hagyományos gyártástechnológiával előállított alkatrészekhez képest.

A nyomtatás folyamán felhasznált anyagok köre egyre bővül, ugyanakkor ezek nagy része káros a környezetre, és az egészségre is. A 3D-technológia elterjedésével és az alkalmazott anyagok körének bővülésével párhuzamosan szem előtt kell tartani, és foglalkozni kell a környezetszennyezési, és az egészségre káros hatások feltérképezésével is. Adott 3D-s fémmnyomatási technológiánál különösen veszélyes lehet a nagy mennyiségű ultra finom por, amely a tüdőbe, majd a véráramba jutva komoly egészségügyi kockázattal jár. [20]

### A 3D-S NYOMTATOTT DÍZELMOTOR FEJLESZTÉSE NÉMETORSZÁGBAN

Németországban a Leichtbau Motor (könnyűszerkezetes motor) kutatási projektben szelektív lézerolvasztással készítettek belső égésű motoralkatrészeket, amely közel 21%-os tömegcsökkentést okozott. [1] Emellett a hűtőrendszer és az olajkör hatékonyságát is növelték. A nagy hengerűrtartalmú dízelmotor hengerfejét és forgattyúházát alumíniumöntés helyett szelektív lézerolvasztással állították elő. Por alapanyagként az AlSi10Mg alumíniumötvözetet használták. Ebből az anyagból az additív módon gyártott részegységek mintegy 21%-kal könnyebbek. 3D-s nyomtatással készült a dugattyú is. A dízelmotor egyes elemeit szálerősítésű kompozitanyagból készítették.

A továbbfejlesztett olajkör hidegindításkor, és normál üzemben is előnyösnek bizonyult. A nyomásvesztéset 22%-kal csökkentették a hen-



2. ÁBRA.  
A könnyűszerkezetes dízelmotor hengerfejét és forgattyúházát 3D-s nyomtatással állították elő. (Kék szín jelöli a továbbfejlesztett olajkört) [2]

gerfejben és a forgattyúházban. Egy fordított szifon megakadályozza, hogy a motor leállásakor az olaj lefolyjon. Ennek eredményeként, a motor indítása után a szelepekben gyorsabban beáll a megfelelő olajnyomás, és az olaj visszavezetéséhez üreges válaszfalak használhatók.

Az újratervezett hengerfej, az eredeti alkatrészhez képest 2,3 kg tömeget, azaz 22%-ot takarít meg. A könnyű és egyúttal merev szerkezet szempontjából a legjobb arányt a kettős T-profil, és az integrált, zárt cellák kombinációja jelentette. A kipufogócsatorna is elkészíthető az additív gyártás segítségével. Ennek eredményeként a kipufogógáz-utókezelő rendszerek gyorsabban felmelegedhetnek, és ezáltal megnő az eszköz turbófeltöltő hatásfoka is. A keresztáramú hűtőrendszer lehetővé teszi a hengerek hőmérsékletének célzott csökkentését, és azzal egyidejűleg a

szükséges hűtőfolyadék-mennyiség csökkentését is. Az egyik fő tervezési különbség az, hogy a hengerfejben a nagy térfogatú vízköpeny helyett egyedi hűtővezetékeket alkalmaznak. (1. ábra) Ez a megoldás akár 40%-kal csökkenti az égéstér hőmérsékletét. Annak ellenére, hogy 40%-kal kevesebb hűtőfolyadékot használnak, a hengerfalak hőmérséklete jelentősen alacsonyabb, mint a hagyományos motoroké. Ennek eredményeként a hidegindítást követő bemelegedési fázis lerövidíthető, és a vízszivattyú meghajtási teljesítménye is csökkenthető.

Az újratervezett forgattyúház az eredeti alkatrészhez képest 5,1 kg-mal könnyebb lett. A forgattyúház válaszfalai nyitott, vízszintes teherhordó szerkezeteket kaptak, amelyeket a megfelelő pontokon kompozit keresztbordák merevítettek. További merevítést biztosít a kiegyensúlyozó tengelyek területén két csökkentett



3. ÁBRA.  
3D-s fémmnyomatott dugattyú metszete. A könnyített szerkezet mintegy 25%-kal csökkenti a szerkezeti elem tömegét [3]

tömegű összekötő cső is. Topológiai elemzések alapján, az alacsony terhelési zónákat rácsszerkezetekkel és üregekkel optimalizálták. A forgattyúház oldalsó burkolatai üvegszál-erősítésű fenolgyantából készülnek, és így mintegy 15%-kal könnyebbek az eredetnél. (2. ábra)

A motor 3D-s nyomtatott dugattyúját az IAV (Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr) cég készítette. A német autóiipari mérnöki vállalat erőátviteli, elektronikai és járműfejlesztési termékeket tervez. A 3D-s nyomtatással a dugattyút rétegenként lehet létrehozni, szilárdságát egy méhsejtszerű rácsnak köszönheti, így a szerkezeti elem tömege 25%-kal csökkenthető. (3. ábra)

Az IAV a hagyományos öntészeti eljárások helyett a fémdugattyúk 3D-s nyomtatásával a gyakorlatban bizonyította, hogy a dugattyút könnyebbé, a magas hőmérsékletnek ellenállóbbá, és gyorsabban gyárthatóvá lehet tenni. Eközben optimalizálták a kritikus területek hűtését, csökkentették a súrlódást, és az anyagtulajdonságokat a hagyományos dugattyúkhöz képest 75%-kal javították. [4] Ha könnyebb a dugattyú, akkor könnyebb lehet a hajtókar és a forgattyús tengely is. Ezáltal kevesebb terhelés jut a csapágyakra, és kisebb a súrlódás. A hőtágulás miatt az a tény, hogy a 3D-s nyomtatás során összetett geometriájú hűtőcsatornák hozhatók létre a dugattyúban, úttörő je-

lentőségű, mert ezáltal nagyobb teljesítménysűrűség érhető el.

Az IAV további lehetőségeket lát a belső égésű motorok alkatrészeinek, például a dugattyúcsapok, a motorblokkok, a turbina- vagy kompresszoralkatrészek 3D-s nyomtatására. A 3D-s nyomtatott hengerfejek előállításánál elért jelentős eredmény a teljes tömeg 30%-os, és a megmunkálás 50%-os csökkentése, valamint a kipufogóselephíd hőmérsékletének 10%-os csökkentése.

### A PORSCHE 911 GT2 RS MOTORJÁNAK 3D-S NYOMTATOTT DUGATTYÚJA

A Porsche – a Mahle és a Trumpf közös projektjében –, a Zeiss-szel együttműködve 3D-s nyomtatással, generatív tervezési eljárásokkal gyárt dugattyúkat a Porsche 911-es egyik modelljének, a GT2 RS-nek a nagyteljesítményű benzinmotorjához. (4. ábra) A projekt célja dugattyú prototípusok gyártása, és ezáltal az alkatrészek hatékonyságának javítása mellett egy olyan additív gyártási folyamat kifejlesztése, amely képes megfelelni a legmagasabb minőségi követelményeknek, ugyanakkor gazdaságos marad, hogy lehetővé tegye a sorozatgyártást. A gyártási folyamat alapját egy, a Mahle által kifejlesztett speciális ötvözetből készült fémpor képezi.

A port rétegről rétegre viszik fel a Trumpf fém 3D-s nyomtatójában, és lézerrel egyes pontokon összeolvaszt-

ják, tehát a gyártás szelektív lézeres olvasztással (Selective laser melting – SLM) történik. A dugattyúk kialakításához 12 óra alatt 1200 réteget hordanak fel. [6] A topológiai optimalizálás a terhelések szimulálására, és ezáltal a terheléseknek megfelelő struktúra meghatározására szolgál. A hagyományos gyártástechnológiával előállítottokhoz képest 10%-os tömegcsökkentést tud elérni a dugattyúiban. A 3D-s nyomtatott dugattyúk komplex geometriájú integrált hűtőcsatornával is rendelkeznek, ez a hagyományos gyártási módszerekkel nem lenne lehetséges. A Porsche projektvezetője, Frank Ickinger szerint: „A dugattyú mintegy 30 LE teljesítménynövekedést is generálhat a 700 LE-s ikerturbós motorban, egyúttal magasabb hatásfok mellett”. [7] A Zeiss hatékony minőségbiztosítási eljárással állítja elő a Porsche 911-es modelljének, a GT2 RS nagy teljesítményű motorjához szükséges 3D-s nyomtatott dugattyút. A vállalat számos megoldást alkalmazott a por minőségének elemzésére, a hibák azonosítására, és az alkatrészek végső minőségének vizsgálatára.

### A HONDA ÁLTAL FEJLESZTETT 3D-S FÉMNYOMTATOTT FORGATTYÚS TENGYELY

2016-ban a Honda japán autógyártó bemutatta Micro Commuter nevű kis haszonjárművét, amelyet részben már a 3D-s nyomtatás gyártástechnológiá-



4. ÁBRA.  
A Porsche 911 GT2 RS szelektív lézeres olvasztással előállított dugattyúja [5]



jának figyelembevételével terveztek, és részben additív eljárással gyártottak le. A vállalat ennek kapcsán négy évvel később 2020-ban egy fémből készült, 3D-s nyomtatott forgattyústengelyt mutatott be.

A Honda már évek óta alkalmazza az additív gyártást különböző alkatrészek (biztonságiöv-tartók, motorvezérlő egységek, motorkerékpár-vázak) tömegének csökkentése érdekében. Így merült fel a fémnyomtatott forgattyústengely ötlete. Az autógyártó az Autodesket hívta segítségül, amely vállalat számos 3D-s tervező szoftverről, például az AutoCAD és a Fusion 360-ról ismert.

Az Autodesktel együttműködésben létrehozott alkatrész tervezését teljesen újragondolták, hogy csökkentsék az alkatrész végső tömegét, valamint a tüzelőanyag-fogyasztást. A forgattyústengely az autó motorjának alapvető fontosságú, szilárdságot és tartósságot igénylő alkatrésze, amely hagyományos gyártási módszerekkel acélból készül. Az additív gyártás alkalmazása azonban – a hagyományos gyártástechnológiájú forgattyústengelyhez képest – tömeget takarít meg. A Honda egyelőre csak egy működő prototípust mutatott be, de a végső cél a méretnövelés és a tömeggyártás. (5. ábra)

A 3D-s nyomtatott forgattyústengely a Honda fejlesztői szerint 50%-os tömegcsökkentést mutat. [9] Hagyományos gyártási módszerekkel lényegében nem tudtak volna ilyen

geometriájú alkatrészt előállítani. Nem hozták nyilvánosságra, hogy milyen 3D-s fémnyomtatási technológiát és milyen anyagot alkalmaztak, de egyértelmű eredmény, hogy a 3D-s nyomtatás és a generatív tervezés lehetővé tette egy jobb teljesítményű alkatrész előállítását. Természetesen a prototípust még tesztelni kellett, jelenleg az Autodesknek még finomítania kell a terven, hogy a forgattyústengely még hatékonyabb legyen.

### A RENAULT ÁLTAL FEJLESZTETT 3D-S NYOMTATOTT SZELEPHIMBÁK

A francia Renault vállalat mérnökeinek és tervezőinek egy csoportja a 3D-s fémnyomtatást alkalmazza a motorok teljesítményének növelésére. A 3D-s nyomtatást a DTI 5 négyhengeres, Euro 6-os besorolású teherautómotor fejlesztéséhez alkalmazták. A projekt során additív gyártástechnológiára optimalizálták a teljes motort, így az eredetivel összevetve 25%-os tömegcsökkentést tudtak elérni. [10] Végül a hőerőgép szelephimbáit fémnyomtatatták, és beépítve tesztelték. A cég mérnökei elégedettek voltak az eredményekkel, ugyanis az additív gyár-

tástechnológiával előállított alkatrészek tartósnak bizonyultak a 600 órás teszten. Számításaik alapján a 3D-s nyomtatásnak köszönhetően nagymértékben csökkenthetik majd a motor alkatrészeinek számát is. (6. ábra)

Megállapították, hogy a kisebb tömegű motor, az eredetihez képest nagyobb terhelésre lesz alkalmas, alacsonyabb tüzelőanyag-felhasználás mellett. A Renault mérnökei további fejlesztésekre törekednek majd az additív gyártástechnológia alkalmazásával.

### ÖSSZEZÉS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Megállapítható, hogy az additív gyártástechnológia többféle új fejlesztési lehetőséget kínálhat a belső égésű motorok számára.

Jelen publikáció egy új fejlődési tendencia – a 3D-s nyomtatás megjelenése a gépjárműmotor-gyártásban – lehetséges alkalmazási területeit vizsgálta, amelynek alkalmazásával csökkenthető a benzin- és dízelmotorok tömege. A tanulmányban bemutatott példák alapján elsősorban azt célszerű kiemelni, hogy a 3D-s fémnyomtatás alkalmazásával különböző gépjármű-

5. ÁBRA.

A Honda és az Autodesk közös projektjében tervezett és 3D-s nyomtatott forgattyústengely [8]

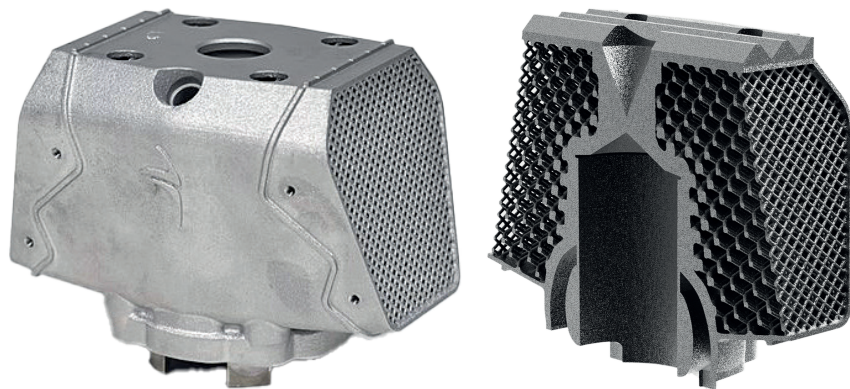


6. ÁBRA.

Renault DTI 5 motor eredeti szelephimbája a) és a 3D-s nyomtatott szelephimba b) [11]

## HIVATKOZÁSOK

- [1] Stark, Alexander. 3D printed engine is 20 percent lighter, ETMM, 2021. 02. 09. <https://www.etmm-online.com/3d-printed-engine-is-20-percent-lighter-a-998651/> (Letöltve: 2023. 01. 25.)
- [2] Forrás: <https://www.etmm-online.com/3d-printed-engine-is-20-percent-lighter-gal-998651/?p=6#gallerydetail> (Letöltve: 2023. 02. 04.)
- [3] Forrás: <https://www.wardsauto.com/engines/iav-sees-huge-potential-3d-printed-pistons> (Letöltve: 2023. 02. 04.)
- [4] Murphy, Tom. IAV sees huge potential with 3D-printed pistons, WardsAuto TM, 2018. 04. 12. <https://www.wardsauto.com/engines/iav-sees-huge-potential-3d-printed-pistons> (Letöltve: 2023. 01. 26.)
- [5] Forrás: <https://media.porsche.com/mediakit/porsche-innovation/en/porsche-innovation/3d-printed-pistons> (Letöltve: 2023. 02. 04.)
- [6] Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG. 3D printing technology optimises pistons for the powerful Porsche 911 GT2 RS. <https://media.porsche.com/mediakit/porsche-innovation/en/porsche-innovation/3d-printed-pistons> (Letöltve: 2023. 01. 20.)
- [7] Rais, Ahlam. 3D printed pistons deliver high performance, ETMM. <https://www.etmm-online.com/3d-printed-pistons-deliver-high-performance-a-1046022/> (Letöltve: 2023. 01. 20.)
- [8] Forrás: <https://www.3dnatives.com/en/honda-3d-printed-crankshaft-120320205/> (Letöltve: 2023. 02. 05.)
- [9] Carlota, V. Honda designs lightweight 3D printed crankshaft, 3DNatives, 2020. 03. 12. <https://www.3dnatives.com/en/honda-3d-printed-crankshaft-120320205/> (Letöltve: 2023. 02. 05.)
- [10] Saunders, Sarah. Metal additive manufacturing helps Renault trucks reduce weight of 4-cylinder engine by 25% using 3D printed components. 3Dprint.com, 2017. 01. 11. <https://3dprint.com/161346/renault-3d-print-engine-components/> (Letöltve: 2023. 02. 05.)
- [11] Forrás: <https://3dprint.com/161346/renault-3d-print-engine-components/> (Letöltve: 2023. 02. 05.)
- [12] A 3D nyomtatás és a motorfejlesztés fúziója. Széchenyi István Egyetem, Formula Student Development Team. <https://szengine.hu/3d-nyomtatott-motor/> (Letöltve: 2022. 08. 12.)
- [13] Drone Engine Maker Illustrates How Additive Manufacturing Well Suited to OEMs. <https://www.additivemanufacturing.media/articles/drone-engine-maker-illustrates-how-additive-manufacturing-well-suited-to-oems> (Letöltve: 2023. 06. 13.)
- [14] Combustion engine cylinder heat sink designed by Cobra Aero. <https://www.ntop.com/innovation/combustion-engine-cylinder-heat-sink-designed-by-cobra-aero/> (Letöltve: 2023. 06. 13.)
- [15] Ember István. (2022) Modern kumulatív töltetek hatékonyságának vizsgálata, Haditechnika, 56 (6), pp. 15–20. <https://doi.org/10.23713/HT.56.6.03>
- [16] Ember István. (2022) 3D nyomtató alkalmazási lehetősége egyes speciális robbantási feladatoknál. In: Daruka Norbert. (szerk.) Fűrés-Robbantástechnika, Nemzetközi Szimpózium Különkiadás 2022, Budapest, Magyar Robbantástechnikai Egyesület, pp. 75–83.
- [17] Gyarmati József et al. Automata sebességváltóban alkalmazott kapcsolt bolygóművek – Wilson-váltó: Harckocsi-sebességváltó modell kialakítása 3D nyomtatással oktatási célból (2022), Műszaki Katonai Közlöny, 32. évf. 3. szám, pp. 113–126. <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.7>
- [18] Hegedűs Ernő. (2023) Szálerősítéses anyagok 3D-s nyomtatásának hadiipari alkalmazási lehetőségei 1. rész, Haditechnika, 57 évf. 4. szám, pp. 62–66. <https://doi.org/10.23713/HT.57.4.12>
- [19] Gál Bence, Németh András. Additív gyártástechnológiák katonai alkalmazásának vizsgálata, különös tekintettel a katonai elektronika területére, Hadmérnök, 2019/1. szám, pp. 231–249. <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/hadmernok/article/view/142/3397> (Letöltve: 2023. 01. 18.)
- [20] Rákosi Sára, Sebők István, Szalai Tamás, Vég Róbert László. (2023) A 3D-nyomtatás biztonságtechnikai és környezetvédelmi aspektusai, Műszaki Katonai Közlöny, 33. évf. 1. szám, pp. 133–148. DOI: 10.32562/mkk.2023.1.10; <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/6546> (Letöltve: 2023. 09. 10.)
- [21] Végvári Zsolt. (2023) A 3D nyomtatás felhasználási lehetőségei a műveleti logisztikában, Katonai Logisztika, 33. évf. 1–2. szám, pp. 177–198. <https://doi.org/10.30583/2022-3-4-177>



7. ÁBRA. Léghűtéses kétütemű UAV Otto-motorjának új geometriájú, 3D-s nyomtatással előállított, optimalizált hűtésű hengere [13] [14]

gyártók 20–25% közötti tömegcsökkenést értek el a gépjárműmotorok esetében. A jövő, részben 3D-s nyomtatott német dízelmotorja („Leichtbau Motor” project) például 22%-kal könnyebb.

A témának léteznek hazai vonatkozásai is, hiszen a Széchenyi István Egyetem járműmérnök hallgatói is foglalkoznak 3D-s nyomtatott motor fejlesztésével. A Széchenyi István Egyetem Formula Student Development közleményében olvasható: „A 3D-s nyomtatott motor ötlete az Audi Hungaria mérnökeivel folytatott konzultáció során merült fel, majd 2016-ban szoros együttműködésben megkezdődött a fejlesztése. Célunk elsősorban a 3D-s nyomtatás gyártástechnológiájának és autóiipari felhasználásának vizsgálata, valamint a kutatás-fejlesztési lehetőségek vizsgálata volt. Az Audi Hungaria Zrt. Pilot Engine Manufacturing Center és az általuk használt fém 3D-s nyomtató, amelyet az SLM Solutions AG fejlesztett ki, segítette ezt a célt. A kutatás tárgyát képező egység alapját a csapatunk által korábban kifejlesztett és összeszerelt EVO4 motorkonstrukció alkotta, amelynek alkatrészeit a nyomtatási technológia igényeinek megfelelően módosítottuk. A henger, a hengerfej, a teljes forgattyúház és a motort körülvevő összes burkolat 3D szinterezett alumínium alkatrészekből készült. Nyomtatás után minden alkatrész CNC-megmunkálásra került. ... A belső égésű motor legnagyobb alkatrészei sokkal kedvezőbb és hatékonyabb gyártástechnológiával készülnek, amelyek további előnye a jobb anyagszerkezet, súly- és költséghatékonyság az egyedi,

prototípus alkatrészek vizsgálatánál. Ezen kívül összetett geometriák elkészítéskor a lézeres szinterezésnek köszönhetően lehetőség nyílik a hagyományos konstrukcióktól eltérő alkatrésztervek kipróbálására is”. [12]

A kisebb kategóriába tartozó – pl. léghűtéses, kétütemű benzinmotorok – erőforrások területén is alkalmazható a 3D-s nyomtatás gyártástechnológiája. (7. ábra)

További lehetőségeket nyit a jövőben, a részben 3D-s nyomtatott német dízelmotorprogram, hiszen a 22%-kal könnyebb erőforrás elősegítheti a repülőipari alkalmazást is. A motoralkatrészek 3D-s nyomtatással történő előállításának elterjedése új távlatokat nyithat a harctéri logisztikai támogatás területén is. [21]

Összességében a 3D-s nyomtatás alkalmazása dízelmotorok gyártásánál – elsősorban az ezáltal elérhető jelentős tömegcsökkenés miatt – számos előnnyel járhat a járműiparban személygépkocsik, haszongépjárművek, repülőgépek, de akár harcjárművek esetében is.

Megjegyzendő továbbá, hogy – figyelembe véve a fenti példában (Leichtbau Motor) bemutatott szálerősítéses műanyag motorszerkezeti elem megjelenését – a fémnyomtatás mellett a motorgyártásban a jövőben a nagy szilárdságú folyamatos szálerősítéses műanyagok 3D-s nyomtatása is szerephez juthat. [18]

Megállapítható, hogy a 3D-s fémnyomtatás egyre nagyobb léptékben fejlődik, ezért egyre szélesebb körben terjed el, így egyre nagyobb mértékben alkalmazzák majd a motorok fejlesztése, és gyártása során is. ■