

Ficzere Péter¹

ADDITÍV GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁK KATONAI ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA

EXPLORING THE POTENTIAL OF ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES FOR MILITARY APPLICATIONS

[HTTPS://DOI.ORG/10.30583/2023-1-2-088](https://doi.org/10.30583/2023-1-2-088)

Absztrakt

Az additív gyártástechnológiák felhasználása egyre jobban elterjedt. Egy ilyen új és innovatív technológiának természetesen a hadiiparban is meg kell jelennie, annak ellenére, hogy ezen a területen sok szigorú biztonsági kritériumnak is meg kell felelnie. Jelen tanulmány a teljesség igénye nélkül bemutat néhány számottevő katonai alkalmazást, ahol a közeljövőben várhatóan az additív technológiák teret fognak hódítani.

Kulcsszavak: hadiipar, additív gyártás, 3D nyomtatás

Abstract

The application of additive manufacturing technologies is becoming more widespread. Such a new and innovative technology should obviously also be used in the defence industry, despite the many strict safety criteria that have to be met in this field. This study presents, in a comprehensive way, some of the notable military applications where additive technologies are expected to gain a larger presence in the near future.

Keywords: defence industry, additive manufacturing, 3D printing

¹ Budapest University of Technology and Economics, Department of Railway Vehicles and Vehicle Systems Analysis, H-1111 Budapest Műegyetem rkp.3.
ficzere.peter@kjk.bme.hu

1. Bevezetés

Az additív gyártástechnológiák széleskörű terjedésének köszönhetően egyre több helyen használhatjuk ki a technológia előnyeit. Természetesen az ilyen elven gyártott valós, beépítésre és tartós működtetésre szánt alkatrészek esetén különösen fontos a technológiák sajátosságainak pontos ismerete. Ugyanígy szükséges az is, hogy megfelelő alapanyagok álljanak rendelkezésünkre. A különböző területekre szánt alkatrészekkel szemben különböző követelményeket támasztunk [11]. Sokszor (pl. orvosi implantátumok esetén) nincs lehetőség arra, hogy a végleges beépítés helyén vizsgáljuk meg az adott alkatrészt a feladata ellátásának képessége céljából, és már korábban valamilyen módon meg kell győződnünk arról, hogy kellő mértékben teljesít-e [1], [10], [12].

Az additív gyártást (AM), amely széles körben 3D nyomtatásként ismert, az ipari versenyképesség javításának egyik kulcsfontosságú alaptermékjévé határozhatjuk meg, mivel gyors, decentralizált és rugalmas gyártást tesz lehetővé. Az additív gyártást már alkalmazzák a civil (polgári) iparágakban, a fegyveres erők azonban még messze vannak attól, hogy teljes mértékben kiaknázzák a technológiában rejlő lehetőségeket.

Az additív gyártás piacának várható növekedése számos előnnyel járhat. Ilyenek a szerszámok és alkatrészek gyártásának költségcsökkentése, a tervezés javítása, a végfelhasználóhoz való eljutás idejének csökkentése, a műszaki és kereskedelmi versenyképesség növelése. Mindemellett a 3D nyomtatás a pótalkatrészek és a berendezések alkatrészeinek gyártása révén jelentős hatást gyakorolhat a haditechnikai eszközök (hadfelszerelések) üzemfenntartására.

Mivel a légi, szárazföldi és tengeri védelmi rendszerek összetett és különleges alapkonsrukciókkal rendelkeznek, az AM testreszabási lehetősége, valamint a helyszíni és igény szerinti alkalmazhatósága különösen fontos a haderő számára. Ugyanígy előnyös a súlycsökkentés, valamint az alkatrészek ellenállóképességének és tartósságának növelése, amelyet a hagyományos szubtraktív gyártási eljárásokban a feldolgozási és időbeli korlátok miatt nehezebb volt elérni. Továbbá az AM-technológiák rendkívül ígéretesek lehetnek a katonai képességek - például a távoli vagy ellenséges környezetben telepített erők logisztikai támogatása - fokozására. A meghibásodások és a hadfelszerelé-

sek rendelkezésre állásának helyreállítása közötti idő, a jelentős mennyiségű tartalék alkatrész szállítása és tárolása csökkenthető, amely a kapcsolódó költségcsökkenéssel együtt jár, kisebbé téve a művelet logisztikai lábnyomát is.

Az "Additive Manufacturing Feasibility Study & Technology Demonstration" projekt sikeresen telepített egy 3D nyomtatási labort Zaragoza-ba (Spanyolország) a 2017 júniusában az Európai Unióhoz tartozó EDA (European Defence Agency: Európai Védelmi Ügynökség) és az EATC (European Air Transport Command: Európai Légiszállítási Parancsnokság) által megrendezett EAATTC 17-3 kiképző tanfolyam idejére, amely a 2017. év harmadik EAATTC (European Advanced Airlift Tactics Training Course: Európai Korszerű Légiszállítási Harcászat Kiképző Tanfolyam) volt. Az AM-labor sikeres tesztrepülése kulcsfontosságú volt a létesítmény légi úton történő telepítése megvalósíthatóságának vizsgálatában.

A telepítés során az AM-labor nagy érdeklődést váltott ki az EAATTC 17-3-ban részt vevő multinacionális cégek körében. A telepítés azt is kiemelte, hogy az AM-technológiák iránt nagy az érdeklődés és a bennük rejlő potenciál valamennyi katonai ágban (pilóták, karbantartók, technikusok és logisztikai támogatás), nagyon érdeklődtek az iránt, hogy a 3D nyomtatás milyen előnyökkel járhat a saját szakterületükön. Az ebből a bevetésből levont tanulságok hozzájárulnak a jövőbeli 3D nyomtatási létesítmények tervezésének és követelményeinek alakításához. Az AM-ben rejlő védelmi potenciál tudatosítása döntő fontosságú. Ugyanilyen fontos lesz összhangot teremteni az eljárással foglalkozó K+F-közösség és az alkalmazó katonai személyzet között, és segíteni a K+F-közösséget abban, hogy megértse a védelmi szféra képességigényeit. Emellett képzésre is szükség van ahhoz, hogy ez a technológia hatékony és hozzáférhető legyen a katonai felhasználók számára [2].

A technológiai oldalról további munka várható az additív gyártásnak a könnyű ballisztikai védelem terén történő felhasználásával kapcsolatban. További kulcsfontosságú kihívások a folyamatok szabványosítása, az előállított alkatrészek tanúsítása és a jogi szempontok figyelembevétele.

E technológiai fejlesztések alkalmazása növelheti a fegyveres erők logisztikai és műveleti képességeit, és a haderő számára döntő fontosságú lehet a gyorsan változó technológiai és konfliktusos környezetben [3].

Az additív gyártást széles körben alkalmazzák számos ágazatban, többek között a hajógyártásban, a repülőgépiparban és az autóiparban. Nem meglepő tehát, hogy a védelmi szektorban is egyre inkább használják világszerte. Valójában a katonai 3D nyomtatási ágazat értéke 2027-re várhatóan 1,7 milliárd dollárt fog elérni, amely jól mutatja a technológiák fontosságát. Tekintettel arra, hogy a sebesség, a kisebb súly és az alacsonyabb költségek mind elsődleges fontosságúak, az additív gyártás minden bizonnyal szerepet játszik majd az ágazat jövőjében [4].

2. Módszertan

Jelen tanulmányom egy irodalmi áttekintés, melyben néhány ismeretesebb és megvalósult alkalmazási példán keresztül mutatom be, hogy milyen lehetőségek rejlenek az additív gyártástechnológiák katonai alkalmazására. Természetesen ez a terjedelmi korlátok miatt messze nem teljes körű, az itt bemutatott példákon túl számos, más katonai területen is alkalmazhatók az additív technológiák.

3. Az additív gyártás alkalmazási példái a védelmi ágazatban

3.1. Új fejlesztésű 3D nyomtató

Az amerikai hadsereg annyira meg van győződve az additív gyártás előnyeiről, hogy tavaly bejelentették a világ legnagyobb fém 3D nyomtatójának megépítését.

Az amerikai DEVCOM Army Ground Vehicle Systems Center az ASTRO America, az Ingersoll Machine Tool, a Siemens és a MELD Manufacturing at Rock Island Arsenal - Joint Manufacturing and Technology Center segítségével dolgozik a nyomtató megépítésén. A nyomtató a Jointless Hull projekt része lesz, amelynek végcélja a harcjárművek monolitikus (egy darabból álló) járműtestének nyomtatása.

A bejelentéskor úgy becsülték, hogy a projekt körülbelül 14 hónapot vesz igénybe, és a végeredményként elkészülő nyomtató 30 láb hosszú, 20 láb széles és 12 láb magas fémalkatrészek nyomtatására lesz képes [4].

3.2. 3D nyomtatott leszállópálya az amerikai légierő számára

A védelmi szektorban egy másik alkalmazás az ITAMCO-tól (Indiana Technology and Manufacturing Companies) származik, amely additív gyártás segítségével fejlesztett ki egy futópályát katonai expedíciós repülőterek számára. Ezek a futópálya-szőnyegek az expedíciós repülőterek (Expeditionary Airfields, EAF) alapvető alkotóelemei. Funkciójuk az, hogy a gyengébb talajfelület esetén lehetővé tegyék a katonai repülőgépek le- és felszállását. Korábban alumíniumdeszkákból készült hordozható kifutópályát használtak, de mivel ez elavulttá vált, a hadseregnek innovatív megoldást kellett találnia. A német EOS cég M290 3D nyomtatójával egy sokkal könnyebb és tartósabb modellt készítettek az amerikai légierő katonai felszereléséhez [4].

3.3. Katonai modulok, az additív gyártás innovatív alkalmazása a védelemi iparágban

Az ExOne cég azzal a céllal, hogy felgyorsítsa az erős és robusztus 3D nyomtatott gyári modulok fejlesztését, több partnerrel együttműködve bekapcsolódott a feladat megvalósításába. Konkrétan a Defense Logistics Agency (DLA) projekt-szerződéséről van szó, amelynek értéke 1,6 millió dollár volt. A folyamathoz az ExOne Binderjet technológiáját adaptálták katonai felhasználásra, mivel gyorsasága, az anyagok rugalmassága és könnyű felhasználhatósága révén a lehető legjobban megfelel a hadsereg sajátos igényeinek. A kifejezetten a hadsereg számára tervezett 3D nyomtató állítólag több mint 20 fém, kerámia és egyéb poranyag kötőanyag alkalmazására képes. Emellett az egyedi ház és egyéb igénybevételi jellemzők tökéletesen alkalmassá teszik katonai felhasználásra. [4].

3.4. Az additív gyártás előnyei az amerikai haditengerészetnél

A tengerészgyalogosok felfedezték, hogy a 3D nyomtatásnak köszönhetően innovatív szerszámokat állíthatnak elő járműveik karbantartásához. Konkrétan a tengerészgyalogság rendszerparancsnoksága az ellátó zászlóaljjal és ipari partnerekkel együttműködve additív módon fémből gyártott a kormánykerekek eltávolítására szolgáló szerszámokat, segítve ezzel egy gyakori problémás műveletet, amelyet sűrűn kell végrehajtani a haditengerészeti gépjárművek karbantartása során [5], [9]. A karbantartási idő csökkenésével és a készenlét növekedésével jár előnyökkel az additív gyártás jelentős előnyöket biztosít, különösen, ha figyelembe vesszük, hogy az ilyen alkatrészek pótlásának tényleges várakozási ideje körülbelül 25 nap [4], [6], [8].

3.5. Az additív gyártással előállított hajócsavar a francia védelmi ágazat számára

A neves francia Naval Group vállalat már több éve alkalmazza a 3D nyomtatást különböző igények kielégítésére. 2021-ben az additív gyártásnak, pontosabban a WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) eljárásnak köszönhetően a Naval Group 3D nyomtatással készített egy hajócsavart. Az öt darab 200 kg-os lapátból álló csavart ezután felszerelték az Andromeda nevű aknakereső hajóra. A projekt mögött álló csapatok kifejtik, hogy a technológia alkalmazásával drasztikusan lecsökkentették a gyártási időt és minimalizálták a felhasznált anyagok számát [7].



1. számú ábra. 3D nyomtatással készített hajócsavar [4]

4. Következtetések

A bemutatott példákon keresztül is látszik, hogy az additív gyártástechnológiák alkalmazása még csak a kezdeti lépéseket tette meg a hadiiparban. Ugyanakkor az is látszik, hogy annak számos területén kísérleteznek vele, alkalmazási lehetőségeit vizsgálják. Nyilvánvaló előnyei - az egyedi geometriák előállíthatósága, a gyártási rugalmasság, a tömeg- és a költségcsökkentés, a logisztikai támogatás és az alkatrész utánpótlás – következtében biztosan kijelenthető, hogy alkalmazását egyre több területen fogják bevezetni.

Fontos megjegyezni, hogy katonai alkalmazások (kiemelt biztonsági kritériumok) esetén az eljárásokkal és a felhasznált anyagokkal szemben speciális követelményeknek (műszaki és jogi megfelelés) kell megfelelni [13]. Ezek teljesítése több időt vesz igénybe. Így bevezetésük is a piacnál lassabb lehet.

Hivatkozások

- [1] Ficzer, P.: Design Questions of the Individual Medical Implants, In: Haber, Istvan; Bogdan, Csaba; Szoke, Andras (szerk.) Proceedings of 4th International Interdisciplinary 3D Conference: Engineering Section, Pécs, Magyarország: Pécsi Tudományegyetem, pp. 57-67., (2018)
- [2] Turcsányi Károly Harckocsik a haderőben - a konstruktőrök és a döntéshozók erkölcsi felelőssége, In: Koltai, Péter (szerk.) Kik mentik meg a világot? A műszaki értelmiség társadalmi felelőssége, Budapest, Magyarország: Papirusz Book (2020) pp. 163-174.
- [3] P. Lopez Vicente, European defence matters, 14th Issue, <https://eda.europa.eu/webzine/issue14/cover-story/additive-manufacturing-in-defence>
- [4] <https://www.3dnatives.com/en/the-use-additive-manufacturing-defense-sector300620224/#!> (downloaded 10. Oct. 2022)
- [5] Alzyod, H., Ficzer, P.: Finite Element Modeling of Additive Manufacturing in Case of Metal Parts, Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 50(4), pp. 330–335. <https://doi.org/10.3311/PPtr.19242>, (2022)
- [6] Ficzer, P., Borbás, L., Török, Á.: Economical investigation of rapid prototyping. International Journal for Traffic and Transport Engineering, 3 (3), pp. 344–350, <https://doi.org/10.7708/ijtte> 2013.3(3).09., (2013)
- [7] Ficzer, P.: The Impact of the Positioning of Parts on the Variable Production Costs in the Case of Additive Manufacturing, Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 50(3), pp. 304–308. <https://doi.org/10.3311/PPtr.15827> (2022)
- [8] Ficzer, P.: Effect of 3D printing direction on manufacturing costs of automotive parts, international journal for traffic and transport engineering 11: 1 pp. 94-101. <http://dx.doi.org/10.7708/ijtte> 2021.11(1).05 (2021)

- [9] Alzyod, H., & Ficzer, P. Using Finite Element Analysis in the 3D Printing of Metals. *Hungarian Journal of Industry and Chemistry*, 49(2), 65–70. <https://doi.org/10.33927/hjic-2021-24> (2022)
- [10] Ficzer, P.: Research on and Practice of Additive Manufacturing Technologies. *Hungarian Journal of Industry and Chemistry*, 49(2), 59–64. <https://doi.org/10.33927/hjic-2021-23>, (2022)
- [11] Ficzer, P., Borbás, L.: Experimental dynamical analysis of specimens' material properties manufactured by additive technologies, *Materials Today: Proceedings*, Volume 12, Part 2, Pages 352-357, ISSN 2214-7853, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.03.135> (2019)
- [12] Alkentar, R., Mankovits, T.: A Study on the Shape and Dimensional Accuracy of Additively Manufactured Titanium Lattice Structures for Orthopedic Purposes, *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, 66(4), pp. 336–343, <https://doi.org/10.3311/PPme.20382>, (2022)
- [13] Turcsányi, K.: Szempontok és módszerek a haditechnika megfelelőségének a megítéléséhez, *Hadtudomány: a magyar hadtudományi társaság folyóirata* 26. különszám pp. 90-102. (2016)