

3D-tulostus osaksi huoltovarmuutta



Kuva 1. Metallien 3D-tulostuslaitteisto.
(Kuva: Mervi Hokkanen)

Materiaalia lisäävässä valmistuksessa (Additive Manufacturing, AM) eli 3D-tulostuksessa tuotetaan kappaleita 3D-mallitiedon pohjalta materiaaleja yhteen liittämällä, tyypillisesti kerros kerrokselta -periaatteella, toisin kuin perinteisissä materiaalia poistavissa ja muovaavissa menetelmissä. Alkujaan 3D-tulostusta käytettiin pääosin prototyyppien valmistukseen, mutta nykyisin 3D-tulostuksella voidaan tuottaa suorituskykyisiä kappaleita, joten menetelmä soveltuu erittäin hyvin sekä yksittäisten kappaleiden että piensarjojen valmistamiseen. Kun varaosat digitalisoidaan, voidaan sekä itse varaosat (3D-mallit) että niihin liittyvä valmistustieto säilyttää ja siirtää digitaalisessa muodossa. Tällöin varaosan 3D-tulostus voidaan toteuttaa nopeasti, tarpeen mukaan ja lähellä käyttökohdetta.

3D-tulostuksen sanotaan olevan yksi avainteknologioista eurooppalaisen teollisuuden kilpailukyvyä parantamisessa. Suo-

nessa 3D-tulostuslaitteikanta ja -teknologian käyttö erilaisten osien valmistustekniikkana on kasvussa. Myös alan koulutus ja tutkimus on lisääntynyt voimakkaasti. Teknologian kehittymisen ja yleistymisen myötä myös Puolustusvoimissa on herännyt kiinnostus 3D-tulostuksen soveltuvuudesta mm. varaosien valmistukseen. Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa aloitettiin syksyllä 2016 projekti, jossa tutkittiin materiaalia lisäävää valmistusta ja sen vaikutuksia puolustuslogistiikkaan. Metallien 3D-tulostuksen katsotaan voivan tarjota aivan uuden näkökulman Puolustusvoimien varaosatoimitusten huoltovarmuuden turvaamiseksi erityisesti poikkeusoloissa.

Tämän tutkimuksen päämääränä oli selvittää nykyisten 3D-tulostustekniikoiden soveltuvuutta kriisiajan varaosien huoltovarmuustuotantoon sekä tuottaa arvio teknologian tämänhetkisestä suorituskyvystä, sen kehittymisestä tulevaisuudessa ja siitä, millaista teollisuutta (sovellusalueet, raaka-aineet) ja investointeja alalla tulee olemaan. Tutkimuksessa

syntyy myös näkemys tulostusprosessin osa-alueista, kuten kappaleiden valmistettavuudesta, mallinnuksen vaatimuksista ja toimimisesta tulostusyritysten kanssa. Tutkimuksessa keskityttiin metallikappaleiden valmistamiseen jauhepetisulatusmenetelmällä. Suomessa olevat kaupalliset metallien 3D-tulostuslaitteet ovat juuri jauhepetisulatuslaitteita.

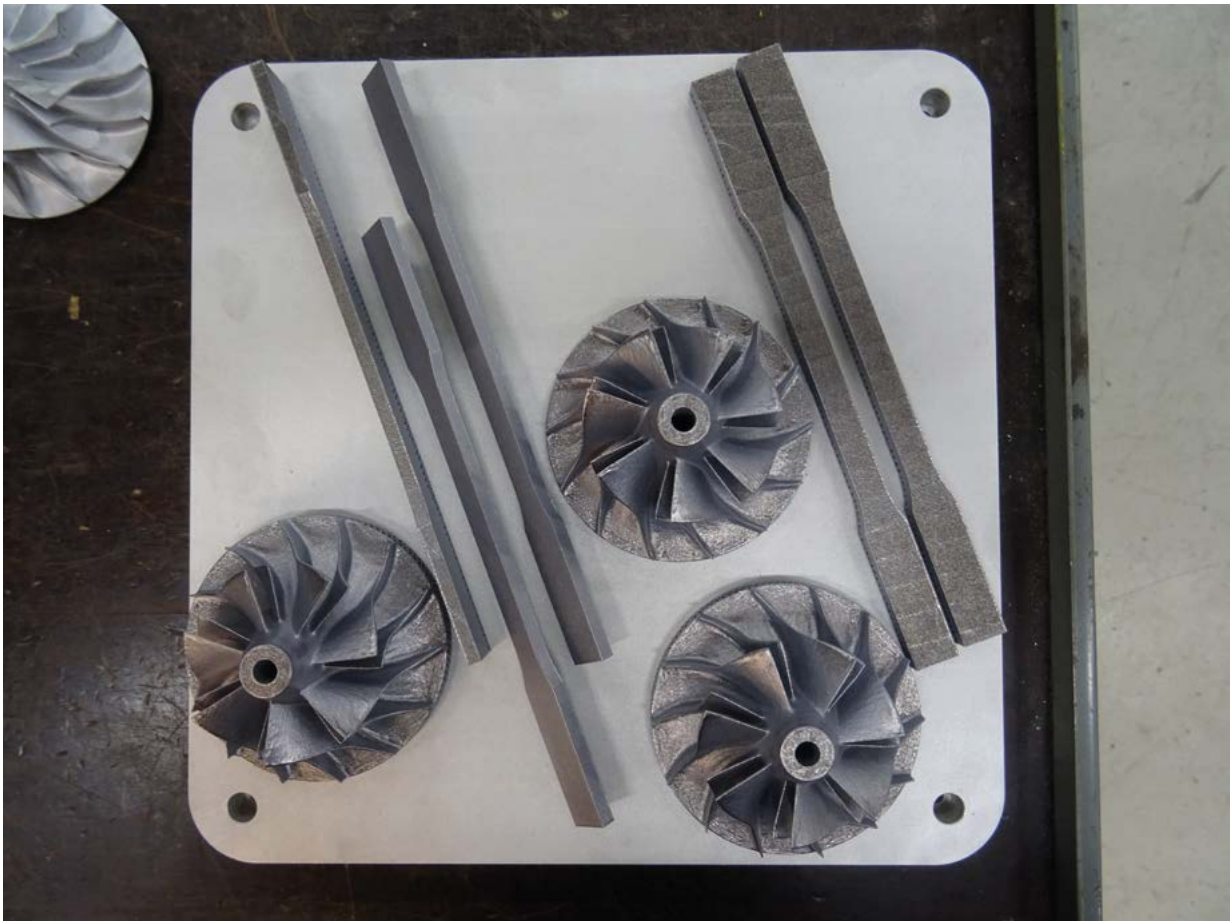
Maa- ja merivoimilta saatujen ehdotusten pohjalta tutkimuksiin valittiin kuusi metallista alkuperäisvaraosaa mallinnettavaksi ja 3D-tulostettavaksi. Valintaperusteina oli varaosan materiaali, koko ja muoto. Osien valinnassa ei huomioitu osan vaurioherkkyyttä, kriittisyyttä tai sitä, onko osan valmistaminen 3D-tulostamalla taloudellisesti tai teknologisesti kannattavaa. Varaosien lisäksi tulostettiin koesauvoja lujuus- ja rakennetutkimuksiin. Laboratoriotutkimuksissa tutkittiin tulostettujen kappaleiden lisäksi varaosien valmistuksessa käytettyjä raaka-aineita. Muutamalle varaosalle tehtiin myös kenttätestaus asentamalla ne käyttökohteeseensa ja seuraamalla osien kuntoa kuuden kuukauden ajan. Kenttätettiin valittujen osien vaatimuksena oli, että hajotessaan ne eivät saaneet aiheuttaa henkilövahinkoja eivätkä osan menettämistä suurempia taloudellisia tappioita.

Alkuperäisvaraosien mallinnus tehtiin 3D-skannaamalla (reverse engineering), jonka jälkeen mallit viimeisteltiin

3D-suunnitteluohjelmistolla. Tutkimuksessa havaittiin, että skannatun mallin mittojen huolellinen tarkastaminen alkuperäisosaan vertaamalla on kriittinen osa prosessia, sillä mallin mittavirhettä on mahdotonta havaita valmistuksen seuraavissa vaiheissa. Pahimmassa tapauksessa mittavirhe voi johtaa osan sopimattomuuteen käyttökohteessa. Mittapiirustukset ja työstövarat tulee huomioida osana mallinnusta ja mallien dokumentointia.

Varaosien valmistuksessa käytetyt metallijauheet vastasivat koostumukseltaan ja rakenteeltaan raaka-ainevalmistajien antamia sertifioituja arvoja. Myös raaka-aineista valmistettujen koesauvojen koostumukset olivat näiden sertifikaattien mukaisia. Koesauvoista mitattiin 3D-tulostettujen metalliseosten lujuusarvot sekä tutkittiin niiden mikrorakenteita. Mitatut lujuusarvot vastasivat kirjallisuuden vertailutietoja. Materiaaleissa oli huokosia, osassa runsaasti. Mikrorakenteet olivat hienojakoisia, ja niillä on mahdollista saavuttaa muokattuja seoksia vastaavia mekaanisia ominaisuuksia.

3D-tulostetuille kappaleille tehty kenttätestaus oikeassa käyttöympäristössä oli lyhyt ja kappaleisiin kohdistuneet rasitukset melko pieniä, mutta testi osoitti, että 3D-tulostamalla voidaan tuottaa toimivia ja kestäviä varaosia. Sujuvan asennuksen kannalta havaittiin mittapiirustusten, dokumentaati-



Kuva 2. 3D-tulostetut kappaleet valmiina irrotettavaksi tulostusalustalta. (Kuva: Mervi Hokkanen)



Kuva 3. 3D-tulostettuja varaosia.
(Kuva: Mervi Hokkanen)

on ja jatkuvan laadunvarmistuksen välttämättömyys, etenkin jos valmistusprosessissa on useita toimijoita.

Tutkimuksessa tulostettujen varaosien ja koesauvojen avulla saatiin hyvä kuva jauhepeticulatustekniikan mahdollisuuksista ja haasteista. 3D-tulostus antaa enemmän vapauksia osien suunnitteluun ja muotoiluun kuin perinteiset valmistusmenetelmät, joten 3D-tulostamalla osista voidaan esimerkiksi tehdä kevyempiä tai niihin voidaan luoda uusia toiminnallisuksia sisäisten rakenteiden avulla. Jauhepeticulatustekniikan kaupallinen raaka-ainevalikoima on vielä tällä hetkellä melko suppea. Lisäksi valmistusprosessissa on useita vaiheita ja säädettäviä parametreja, jotka tulee hallita hyvin, jotta saadaan laadukkaita kappaleita toistettavasti.

Tutkimus selkeytti kuvaa tulostusteknologian tilasta sekä Suomessa että ulkomailla. Muualla maailmalla ollaan pidemmällä 3D-tulostuksen käytössä lopputuotteiden valmistustekniikana. Meillä alan vahvin osaaminen on tällä hetkellä yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa. Lähivuosina metallien 3D-tulostuksen osuutta lopputuotteiden valmistusmenetelmänä perinteisten tuotantomenetelmien rinnalla myös Suomessa kasvattavat kotimaisten kaupallisten yritysten lisääntyminen ja niiden metallitulostuskokemuksen kasvaminen sekä alan koulutus ja tutkimus.

3D-tulostus ja varaosien digitalisointi tuovat uusia mahdollisuuksia kehittää ja parantaa varaosien saatavuutta kriisiaikana. Varaosia voidaan helposti räätälöidä tarpeiden mukaan paremmiksi. 3D-tulostamalla voidaan valmistaa vaikka tilapäisvaraosa, joka kestää kriittisen hetken yli, kunnes saadaan varsinainen varaosa kohteeseen. Aina ei tarvitse valmistaa kokonaan uutta varaosaa, vaan voidaan korvata vain vaurioitunut tai kulunut kohta osasta 3D-tulostamalla. Varaosien valmistus saadaan lähelle asiakkaita (operoivia joukkoja) liikutettavilla 3D-tulostuskonteilla tai perustamalla 3D-tulostusyksikkö esimerkiksi laivaan.

Tutkimus toimi hyvänä perustana tammikuussa 2018 alkaneelle 3D-tulostusteknologiat logistiikassa -tutkimukselle, jossa tavoitteena on syvemmin selvittää Puolustusvoimien logistiikkajärjestelmän mahdollisuuksia hyödyntää 3D-tulostusta kenttähuollon tukena. Tutkimuksella kartoitetaan 3D-tulostuksen merkitystä ja mahdollisuuksia kriisiajan varaosatuotannossa, vauriokorjauksessa, lääkintähuollossa sekä energettisten materiaalien tuotannossa.

Kirjoittaja:

Insinööri (AMK) Mervi Hokkanen toimii laboratorioinsinöörinä Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähde- ja suojelutekniikkaosaston keskuslaboratoriossa.