

Please note! This is a self-archived version of the original article.

Huom! Tämä on rinnakkaistallenne.

To cite this Article / Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä:
Tanntari, M., Cumini, A. & Laaksonen H. 2018. Metallien 3D-
tulostuksen materiaalien kierrätettävyys – haaste vai mahdollisuus?
TAMK Journal. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu.

DOI / URL: <http://tamkjournal.tamk.fi/metallien-3d-tulostuksen-materiaalien-kierratettavyys-haaste-vai-mahdollisuus/>

Metallien 3D-tulostuksen materiaalien kierrätettävyys – haaste vai mahdollisuus?

Lisävä valmistus (AM, Additive Manufacturing) tai tavallisemmin 3D-tulostus (3D-printing) on osa digitaalista vallankumousta, ja se onkin tällä hetkellä valmistustekniikoiden kiinnostavin kehittämiskohde. Standardin EN ISO/ASTM 52900:2017 mukaan materiaalia lisäävä valmistus pitää sisällään menetelmät, joilla kappale valmistetaan geometriakuvauksen perusteella ainetta lisäävillä tekniikoilla. 3D-tulostus kiinnostaa perinteistä koneteollisuutta, mutta myös lääketieteessä, lentokoneteollisuudessa, koruvalmistuksessa ja muotoilussa löytyy menetelmälle uusia sovelluskohteita. Artikkelissa käsitellään metallitulostusmenetelmiä, prosesseissa mahdollisesti syntyvää hukkamateriaalia sekä näiden materiaalien kierrättämisen mahdollisuuksia. Aiheeseen on perehdytty tutustumalla kirjallisuuslähteisiin ja haastattelemalla sekä 3D-tulostusta tekeviä että kierrätyksestä vastaavia yrityksiä Suomessa.

KIRJOITTAJAT: MARI TANTTARI, ANNE CUMINI JA HARRI LAAKSONEN

Tampereen teknillinen yliopisto, Tampereen ammattikorkeakoulu ja SASKY

koulutuskuntayhtymä käynnistivät 3D Boosti ja 3D Invest -nimiset EAKR-rahoitteiset kehityshankkeet vuonna 2015. Hankkeiden toiminnan tuloksena Pirkanmaalle on muodostunut huomattava osaamiskeskittymä ja alan asiantuntijoiden verkosto, joka kattaa kaikki 3D-tekniikkaan liittyvät osa-alueet: perustutkimuksen, kehittämisen, integroinnin, testauksen, soveltamisen ja koulutuksen. Hankkeissa on tehty mittavia laiteinvestointeja kaikkiin kolmeen toimija organisaatioon. Laadukkailla ammattilaistason laitteilla voidaan tulostaa niin polymeerejä kuin keraameja ja metallejakin. Laitteita käytetään 3D-tekniikkaan liittyvään soveltavaan tutkimukseen, koulutukseen ja osaamisensiirtoon. Hankkeissa saatava uusi tietämys on voitu siirtää nopeasti yritysten ja opiskelijoiden käyttöön. Hankittu laaja kirjo eri tekniikoita on mahdollistanut myös tekniikoiden vertailun, joka on mm. auttanut yrityksiä niiden investointipäätöksissä. Hankkeiden tavoitteena on ollut nopeuttaa 3D-tekniikoiden käyttöönottoa teollisuudessa ja siten auttaa valmistavaa teollisuutta rakennemuutoksesta kasvu-uralle. ***3D-tulostusteknologiat avaavat uusia mahdollisuuksia kestävä kehityksen kannalta.*** Teknologian yleistyminen vaikuttaa esimerkiksi logistiikkaan tuotteiden jakelun muuttuessa. Kuljetusten aiheuttamat päästöt ja energian tarve vähenevät, kun asiakas tilaa haluamansa tuotteen valmistustiedoston verkon kautta ja tulostaa tuotteen omalla tulostimellaan tai lähellä sijaitsevalla paikallisella tulostuspalvelun tuottajalla. 3D-tulostuksessa syntyy vähemmän jätettä perinteiseen materiaalia poistavaan menetelmään nähden, sillä materiaalia käytetään vain tarpeen mukaan. Kappaleista voidaan lisäksi tehdä kevyempiä, monipuolisempia, tehokkaampia ja kestävämpiä, jolloin niiden ekologinen kestävyys on parempi verrattuna perinteisillä menetelmillä valmistettuihin. 3D-tulostusmenetelmistä suorakerrostustekniikkaa voidaan käyttää myös vaurioituneiden kappaleiden korjaamiseen, jolloin resursseja ei kulu koko kappaleen uudelleen tekemiseen. Myös materiaalivalinnoilla voidaan vaikuttaa ekologisiin arvoihin: tulostettavien biokomposiittien ja biohajoavien muovien käyttö lisääntyy jatkuvasti, mikä osaltaan edistää kestävä kehitystä.

Uusi teknologia tuo myös haasteita kestäväen kehityksen kannalta. Artikkelissa selvitetään nykyisiä käytäntöjä 3D-tulostuksessa käytettävien metallimateriaalien kierrätykseen liittyen sekä pohditaan vaihtoehtoja kierrätyksen järjestämiselle.

Metallien tulostaminen

3D-tulostusmenetelmän käyttö metallikappaleiden valmistamisessa tarjoaa mahdollisuuksia muotoihin ja rakenteisiin, jotka olisivat perinteisillä menetelmillä jopa mahdottomia valmistaa. Suunnittelussa voidaan lähteä liikkeelle kappaleen toiminnallisuudesta eikä muotojen kompleksisuus ole este. 3D Boosti ja 3D Invest -hankkeissa investoitiin kahteen erilaiseen metallien tulostusteknologiaan: jauhepetisulatus- ja suorakerrostusmenetelmiin perustuviin laitteisiin.

SLM 125 HL -tulostuslaite käyttää jauhepetisulatusmenetelmää (Selective Laser Melting, SLM), jossa jauhelevitin levittää ohuen kerroksen metallijauhetta tulostusalustalle ja lasersäde sulattaa metallin vain halutuista kohdista. Metallijauhe on erittäin hienojakoista, sillä partikkelikokojakauma on vain 10-45 µm. Kun kerros on valmis, alustaa lasketaan alaspäin ja prosessi toistetaan kappaleesta riippuen satoja tai tuhansia kertoja, kunnes kappale on valmis. (Operating manual SLM 2015, 42.)

Standardin EN ISO/ASTM 52900:2017 -mukaisessa suorakerrostusmenetelmässä on teollisuusrobotti yhdistetty CMT (Cold Metal Transfer) -menetelmään. CMT-menetelmä on kehitetty MIG-hitsauksesta, mutta on kylmempi hitsausmenetelmä verrattuna muihin valokaarihitsausmenetelmiin (kuva 1). Tekniikalla ei saavuteta yhtä tarkkoja ja vapaita muotoja kuin jauhepetisulatustekniikalla, mutta tulostusnopeus on merkittävästi parempi ja menetelmällä voidaan tulostaa myös olemassa olevan kappaleen päälle tai vioittuneeseen kohtaan. (Välimäki 2017, 6.)



Kuva 1 CMT-menetelmän laitteisto (Kuva: Harri Laaksonen)

Materiaalit

Jauhepetisulatusmenetelmää käytettäessä nimensä mukaisesti tulostettavat metallimateriaalit ovat aina jauheita. Yleisesti ottaen kaikista metallimateriaaleista, joita on mahdollista hitsata huoneen lämpötilassa, voidaan valmistaa tuotteita SLM-tekniikalla. Tässä artikkelissa tarkastellaan haponkestävää ruostumatonta terästä ja yleisesti alumiiniseoksia.

Alumiiniseoksista laitevalmistaja ja jauhetoimittaja SLM Solutions Group AG toimittaa neljää erilaista jauhetta (3D Metals & Services 2017). Näistä esimerkkinä on AISi12, joka on alumiini-pii-seos. Sitä on tyypillisesti käytetty valuseoksena, mutta seosta käytetään myös 3D-tulostuksessa. Alumiinijauheen käsittelyssä on otettava huomioon sen reaktioherkkyys, sillä se on määriteltä palavaksi ja helposti syttyväksi aineeksi.

Haponkestävä austeniittinen ruostumaton teräs (AISI 316L tai EN 1.4404) on yleisesti 3D-tulostuksessa käytetty materiaali. Sen suosio erilaisissa sovelluksissa johtuu erinomaisesta korroosionkestosta, muokattavuudesta ja hyvästä sitkeydestä.

CMT-menetelmällä on mahdollista valmistaa tuotteita käyttäen laajaa materiaaliskaalaa. Hankkeen aikana käytettyjä materiaaleja ovat alumiiniseokset, nikkelseokset, stelliitit, työkaluteräksset ja ruostumattomat teräksset.

Havaintoja 3D-tulostuksessa käytettävien metallimateriaalien kierrätyksestä

CMT-tekniikassa syntyvä hukkamateriaali on lähinnä metallitavaraa susi- tai testikappaleiden muodossa. Kappaleet kierrätetään normaalin metalliromun mukana.

Jauhepetisulatusmenetelmää käytettäessä jauhe ei tue tulostettavaa kappaletta riittävästi vaan lähes aina tarvitaan tukirakennetta, joka on siis samaa materiaalia kuin itse kappalekin. Tulostettavan kappaleen geometriasta riippuen jopa puolet massasta voi olla tukimateriaalia, joka poistetaan valmistuksen jälkeen ja on hukkamateriaalia.

Suurin osa tulostuksessa käytettävästä jauheesta saadaan kierrätykseen ja uudelleen käyttöön. Jauhetta on kuitenkin myös itse kappaleen sekä tukimateriaalin sisällä. Niistä jauhe päätyy imuriin. Lisäksi tulostuskammio on aina puhdistettava tulostusten välissä, jolloin nokeentunut jauhe ja rakenteissa oleva jauhe päätyy imuriin. Jauhetta kerääntyy esim. jauheenlevittimeen, säiliöiden venttiiliväleihin (kuva 2) sekä tulostuslaitteen suodattimiin. Jauheiden käsittelylaitteissa, kuten säilytysastioissa, suppilossa ja sihdissä, syntyy myös hukkajauhetta. Kaikista mainituista kohteista metallijauhe päätyy vettä sisältävään imuriin, jossa se sekoitetaan veteen lietteeksi turvallisuuden vuoksi.



Kuva 2 SLM 125 HL -tulostimen säiliöitä

Tulostukset eivät aina onnistu suunnitelmien mukaan, jolloin myös ns. susikappaleet ovat kierrätykseen päätyvää materiaalia. Tulostuksissa on yleensä myös mukana materiaalintestaukseen liittyviä testikappaleita, joille testien jälkeen ei ole enää mitään käyttöä (kuva 3).



Kuva 3 Metallisia testisauvoja ja tukirakennetta

Suorakerrostusmenetelmän yhteydessä syntyvät hukkamateriaalit voidaan sijoittaa metalliromuihin. Myös jauhepetisulatusmenetelmää käytettäessä syntyvät susikappaleet ja tukirakenteet voidaan kierrättää normaalisti metalliromuina. 3D-tulostukseen liittyvän liiketoiminnan ollessa vielä suhteellisen pienimuotoista metalliromuakaan ei synny niin paljon, että kierrätysmetallien käsittelijät maksaisivat siitä erikseen tuottajalle. Kerättävän metalliromun massan tulisi olla jopa satoja kilogrammoja ennen kuin käsittelijäyritys tyypillisessä tapauksessa voisi maksaa siitä. Suomessa metallinkeräyksen infrastruktuuri on kuitenkin pitkälle kehittynyttä, joten hukkakappaleiden toimittaminen metalliromukeräykseen on sinänsä kestävä kehityksen ajatusten mukaista.

3D-tulostuksessa ja erityisesti jauhepetisulatusmenetelmässä haastavampaa hukkaa syntyy jauheesta. Hukkajauhe päätyy imuriin vesipohjaisena lietteenä. Tiedusteltaessa nykyistä käytäntöä neljältä suomalaiselta ja yhdeltä ulkomaalaiselta yritykseltä, jotka kaikki toteuttavat metallien 3D-tulostusta jauhepetisulatusmenetelmällä saatiin vastaukseksi, että hukkamateriaali laitetaan tällä hetkellä ongelmajätteisiin. Asiaa selvitettiin myös neljältä suomalaiselta materiaalia kierrättävältä yritykseltä. Osalle

syntyvä hukkamateriaalin määrä on tällä hetkellä vielä liian vähäistä, jotta kierrätys olisi kannattavaa. Metallin liettäminen veteen muodostui puolestaan ongelmalliseksi jätteen vastaanottamisen kannalta etenkin pienemmissä metalliromun käsittelijäyrityksissä, joten tällä hetkellä parhaaksi menettelytavaksi jäi lietteen sijoittaminen ongelmajätteisiin. Myös laboratoriokemikaalikäsittelyä ehdotettiin. Yleisesti ottaen kaikista käytettävistä jauhemateriaaleista saadaan tuotteen valmistajalta tai maahantuojalta käyttöturvallisuustiedote, jossa käy ilmi materiaalin käsittelyssä huomioon otavat seikat.

Yhteenveto

3D-tulostusteknologiaan panostetaan paljon maailmalla ja yhä useammilla teollisuuden aloilla, koska tekniikan nähdään tuovan merkittäviä etuja perinteiseen valmistukseen verrattuna. 3D-tulostuksen yleistymistä auttaa myös nykyinen trendi pyrkiä minimoimaan energiankulutus, koska moneen perinteiseen valmistusmenetelmään verrattuna 3D-tekniikka on energiatehokas ja prosessissa syntyvä hukkamateriaalin määrä on suhteellisen vähäinen. Suomessa metallitulostus on vasta saamassa jalansijaa, joten myös kierrätysmenetelmät ovat vielä kehitysvaiheessa.

Tuotteiden elinkaaren loppupään toimijat tulisi ottaa entistä enemmän mukaan uusien teknologioiden kehittäjäekosysteemeihin. 3D-metallitulostajien mahdolliset kumppanuudet metalliromua ostavien ja kierrättävien paikallisten yritysten kanssa voisivat mahdollistaa kierrätyksen hyödyn kasvattamisen esimerkiksi niin, että maksullisen jätehuollon asemasta kierrätysmetallien käsittelijät noutaisivat maksutta metalliromua sitä tuottavien organisaatioiden keräyslavoilta, vaikka sen määrä olisi pientä siihen nähden, jotta siitä voitaisiin varsinaisesti maksaa korvausta. Lopputuloksena olisi win-win -tilanne, jossa molemmat osapuolet hyötyisivät käytännöstä.

Lähteet

3D Metals & Services. 2017. SLM Solutions Group AG. https://slm-solutions.com/sites/default/files/attachment/page/2016/11/w_metals_services_en_druck_0.pdf

Operating manual Selective Laser Melting System SLM®125^{III}. 2015. SLM Solutions Group AG.

SFS-EN ISO/ASTM 52900:2017. Materiaalia lisäävä valmistus. Yleiset periaatteet. Terminologia. 24.2.2017. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. SFS Verkkokauppa.

Välimäki, E. 2016. Modelling, simulation and validation of CMT process: an application for additive manufacturing. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Kirjoittajat

***Mari Tanttari**, konetekniikan harjoittelija, Tampereen ammattikorkeakoulu, mari.tanttari@tamk.fi*

***Anne Cumini**, konetekniikan lehtori, Tampereen ammattikorkeakoulu, anne.cumini@tamk.fi*

***Harri Laaksonen**, konetekniikan lehtori, Tampereen ammattikorkeakoulu, harri.laaksonen@tamk.fi*