



Työterveyslaitos

Malliratkaisu

3D-tulostuksen kemikaali-turvallisuus työpaikoilla

3D-tulostus

Materiaalia lisäävä valmistus eli 3D-tulostus on valmistustekniikka, jossa kappale valmistuu tietokonemallin pohjalta automaattisesti kerros kerrokselta.

3D-tulostus voidaan jakaa *pientulostukseen* ja *teollisen mittakaavan tulostukseen*. 3D-tulostustyöhön voi liittyä varsinaisen tulostuksen lisäksi myös esi- ja jälkikäsittelyitä sekä ylläpitotöitä.

Malliratkaisussa keskitytään yleisimpiin 3D-tulostusmenetelmiin, mutta lähestymistapaa voidaan soveltaa muihinkin menetelmiin.

Esimerkkejä 3D-tulostusmateriaaleista

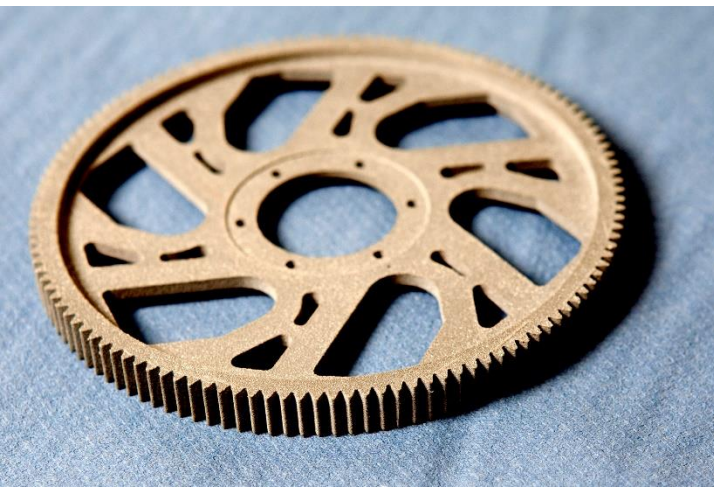
- muovit (PLA, ABS, PEEK yms.)
- metallit (titaani, kobolttikromi yms.)
- hiekka
- vaha
- keraamit
- paperi
- kipsi

Missä 3D-tulostustekniikkaa käytetään?

- teollinen 3D-kappaleiden valmistus
- prototyyppien valmistus
- lääketieteelliset sovellukset
- suunnittelutoimistot
- koulut ja oppilaitokset
- kirjastot
- harrastekäyttö

Tulostusmateriaalit ja -tekniikat kehittyvät ja lisääntyvät kaiken aikaa. Myös 3D-tulostuksen hyödyntäminen laajenee uusille käyttöalueille. 3D-tulostuksessa haitallisia terveysvaikutuksia voivat aiheuttaa tulostusmateriaalit, niiden lämpöhajoamistuotteet tulostuksen aikana, jälkikäsittelyssä käytettävät kemikaalit ja työstömenetelmät.

Tutkimusta 3D-tulostuksen turvallisesta käytöstä tehdään eri puolilla maailmaa ja tieto karttuu jatkuvasti. **Hyvillä työtaidoilla voidaan parantaa työntekijöiden turvallisuutta.**



**Huomioi turvallisuus
3D-tulostuksen kaikissa
työvaiheissa**

3D-tulostuksen mahdollisia terveydelle haitallisia vaikutuksia

Esikäsitteily

Tulostusmateriaalit voivat aiheuttaa ärsytysoireita iholle, silmiin tai hengitysteihin joutuessaan. Myös osa metalleista voi aiheuttaa allergista ihottumaa, nuhaa tai astmaa ja olla lisäksi syöpövaarallisia, kuten nikkeli. Hienojakoiset metallipölyt voivat olla myös itsestään syttyviä.

Tulostus

Itse kappaleen tulostusvaiheeseen liittyvät terveysvaikutukset riippuvat mm. tulostusmenetelmästä ja materiaalista.

Pursotuslaitteet: Menetelmässä käytetään pientä suutinta, jonka avulla pursotetaan sulaa muovia kappaleen pintaan kerroksittain. Tulostukseen käytetään tavallisimmin *ABS- ja PLA-muoveja*. Pientulostimet perustuvat tyypillisesti tähän tekniikkaan. Menetelmän käytöstä voi vapautua huomattavia määriä nanohiukkasia riippuen tulostusmateriaalista ja -lämpötilasta.

Altistuminen nanohiukkasille voi aiheuttaa mm. tulehdusreaktioita keuhkoissa, mutta kaikkia terveysvaikutuksia ei vielä tunneta. Tulostuksen yhteydessä vapautuu myös kaasumaisia yhdisteitä (materiaalista riippuen mm. formaldehydiä ja styreeniä), mutta niiden pitoisuudet jäävät pienimuotoisessa tulostuksessa tyypillisesti mataliksi eivätkä niiden terveydelle haitalliset vaikutukset ole nykytietämyksen mukaan merkittäviä.

Jauhepetisulatus: Menetelmässä hienojakoista jauhemaista materiaalia (esim. muovi- tai metallijauhe) levitetään tasolla ja jauhe kovetetaan haluttuun muotoon laserilla. Tulostimet ovat koteloituja ja joissain tapauksissa myös työpaikan ilmasta kokonaan eristettyjä.

Tunne käyttämäsi kemikaalit! Lue käyttöturvallisuustiedote, selvitä käytettävien kemikaalien haittavaikutukset ja arvioi käytöstä aiheutuvat riskit.

Noudata turvallisia työskentelytapoja iho- ja hengitystiealtistumisen välttämiseksi.

Valokovetus altaassa: Kappale valmistetaan kovettamalla altaassa olevaa valoherkkää muovia (yleisimmin epoksihartsia) laser-säteellä. Tulostimet ovat koteloituja.

Jälkikäsitteily

Puhdistus ja tukirakenteiden poisto: Kappaleiden puhdistamiseen käytetyt kemikaalit voivat olla ihoa, silmiä tai hengitysteitä ärsyttäviä tai jopa syövyttäviä. Liuottimet voivat aiheuttaa keskushermosto-oireita. Jauhepedissä valmistettujen kappaleiden puhdistaminen altistaa materiaali-pölylle.

Valokovetusmenetelmässä käytettävä epoksihartsia voi aiheuttaa allergista kosketusihottumaa. Menetelmässä tuotteet yleensä pestään liuotinaineella, jolloin käsitellään kovettumatonta kappaletta. Tällöin vaara ihon epoksi- ja liuotinaine-altistumiselle on erityisen suuri.

Kappaleiden hionta: Hiontapöly voi aiheuttaa ärsytysoireita. Muovin tulee olla kovettunutta ennen käsittelyä.

Pintakäsittely: Kappaleiden pintakäsittelyssä käytetään erilaisia kemikaaleja. Liuottimet voivat aiheuttaa keskushermosto-oireita. Erityisesti on suojauduttava käytettäessä allergisoivia epokseja sekä syanoakrylaatti- ja akrylaattiyhdisteitä. Isosyanaattipitoiset maalit voivat ärsyttää ihoa ja hengitysteitä, ja aiheuttaa astmaa tai allergiaa.



Kuva. Tulostetun kappaleen puhdistus koskematta kemikaaliin tai kappaleeseen.



Huomioi turvallisuus ja tee riskinarviointi:

- **tulostimen hankinnassa** (menetelmä, kotelointi, ilmanvaihto)
- **raaka-aineissa** terveydelle haitalliset aineet (altistuminen iho-/hengitysteitse)
- **työympäristössä** (ilmanvaihto, sijoituspaikka, muut vaarat esim. laser, kuumat pinnat, paloturvallisuus, lämpösäteily)
- **työvaiheissa** (esikäsittely, tulostus, jälkikäsittely, huolto ja kunnossapito)
- Käytä asiantuntija-apua tarvittaessa!

Työhygieeniset raja-arvot

Riskinarvioinnin yhteydessä työnantajan tulee huomioida käytettäville aineille mahdollisesti asetetut työilman pitoisuuden *HTP-arvot*.

Nanohiukkasille ei ole olemassa erillisiä raja-arvoja. Teollisesti tuotetuille nano-hiukkasille Työterveyslaitos on antanut *tavoitetasot* 8 tunnin altistumisajalle:

20000 hiukkasta/cm³ (tiheys > 6000 kg/m³)
40000 hiukkasta/cm³ (tiheys < 6000 kg/m³)

Työterveyslaitoksen tavoitetasot työpaikkojen pölypitoisuuksille (8 h):

0,1 mg/m³ (muoviaerosoli)
0,5 mg/m³ (alveolijakeinen, yleinen pöly)
2 mg/m³ (hengittyvä, yleinen pöly).

Näitä arvoja voidaan soveltaa, mikäli kyseiselle pölylle ei ole erillistä HTP-arvoa.



Kuva. Koteloitu tulostin.

Riskinhallinta 3D-tulostuksessa

1. Korvaa terveydelle vaaralliset kemikaalit

Kemikaaleja hankittaessa kiinnitä huomiota niiden vaaraominaisuuksiin ja vaadi niistä käyttöturvallisuustiedotteet. Suosi vaarattomia tai vähemmän haitallisia kemikaaleja.

2. Estä epäpuhtauksien leviäminen

Tulostimet kannattaa koteloida ja varustaa kohdepoistolla epäpuhtauksien leviämisen estämiseksi. Myös esi- ja jälki-käsittelyssä tarvitaan asianmukainen kohdeilmanvaihto. Käytä tarvittaessa asiantuntija-apua.

3. Organisoi työt ja tehtävät

Vähennä altistavassa prosessissa työskentelevien henkilöiden määrää ja/tai altistumisaikaa. Noudata hyvää siisteyttä ja järjestystä työpaikalla: säilytä kemikaalit turvallisesti, estä pölyn leviäminen. Kouluta työntekijät hyviin työtapoihin.

4. Henkilönsuojaimet

Arvioi hengityksen, ihon ja silmien suojainten tarve. Valitse käytetyille aineille ja työvaiheille soveltuvat suojaimet perustuen riskinarviointiin ja suojainohjeisiin. Käytä tarvittaessa asiantuntija-apua.

Erityisesti huomioitavaa:

Kovettumattomiin muovikemikaaleihin, kuten epoksien, akrylaattien tai uretaanien valmistusaineisiin ja seoksiin, ei tule koskea. Pintojen sekä vaatteiden kontaminaatio on estettävä.

Epoksihartsia käytettäessä pitää aina käyttää kemikaalisuojakäsineitä sekä työhön soveltuvaa suojavaatetusta. Käsineet tulee valita huolellisesti ja huomioida epoksityössä käytettävä mahdollinen liuotinaine. Epoksikansiosta löytyy ohjeistusta suojakäsineiden valintaan.

Tulostimen kotelointi vähentää epäpuhtauksien leviämistä.



TARKISTUSLISTA

Työnantaja

- Onko työpaikalla tehty riskinarviointi?
- Onko laitteen mukana toimitettu käyttö- ja turvallisuusohjeet?
- Onko olemassa käyttöturvallisuustiedotteet?
 - Tulostusmateriaali
 - Jälkikäsittelykemikaalit
- Tunnistetaanko työvaiheet, joissa on mahdollista altistua?
 - Hengitystiealtistuminen
 - Ihoaltistuminen
- Voiko laitteen koteloida?
- Voiko asentaa kohdepoistoa?
- Onko tilan yleisilmanvaihto riittävä?
- Voiko laitteen sijoittaa erilleen työtiloista?
- Onko kemikaalien käsittelylle ja säilytykselle varattu asianmukaiset tilat?
- Onko tarvittavat ja asianmukaiset henkilösuojaimet saatavilla?
- Onko laserturvallisuudesta huolehdittu ja työntekijöitä ohjeistettu?
- Onko paloturvallisuudesta huolehdittu?
- Onko tulostusmateriaalin mahdollinen itsesyttymisvaara huomioitu ja laitteiden ATEX-suojauksesta huolehdittu?
- Onko kaikki työntekijät ohjeistettu ja koulutettu tekemään 3D-tulostustyön eri vaiheet (esikäsittely, tulostus, jälkikäsittely, laitteiden ylläpito) turvallisesti?
- Syöpävaarallisia aineita käsitellessä tulee erikseen arvioida työntekijöiden ASA-rekisteriin ilmoittamistarve ja työskentely raskauden aikana.

Onko hankintasuunnitelmassa huomioitu 3D-tulostimen turvallisuusnäkökulmat?



Työntekijä

- Huolehditako työpaikan siisteydestä ja järjestyksestä?
- Säilytetäänkö ja käsitelläänkö kemikaaleja asianmukaisesti?
- Onko materiaalien ja kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteisiin tutustuttu?
- Onko 3D-tulostimien käyttö- ja turvallisuusohjeisiin tutustuttu ja noudatetaanko niitä?
- Noudatetaanko annettuja turvallisuusohjeita kaikissa työvaiheissa?
- Onko suojainten käyttöohjeisiin ja puhdistusohjeisiin tutustuttu ja noudatetaanko niitä?
- Käytetäänkö henkilösuojaimia ohjeistuksen mukaisesti?

Lisätietoa

www.ttl.fi/malliratkaisut

www.ttl.fi/epoksikansio

www.ttl.fi/tavoitetasot

www.tyosuojelu.fi/tyoolot/kemialliset-tekijat/raja-arvot



Kuva. Ylimääräisen jauheen poisto imuroimalla.