

**„3D druka – darba vides aspekti: riski un risinājumi”**

**3D drukāšanā izmantotās ķīmiskās  
vielas – procesi un blakusprodukti.  
Telpu iekārtošanas izaicinājumi.**

Darba drošības un vides veselības institūts,  
Rīgas Stradiņa universitāte  
Rīga, 3.12.2018

# 3D drukāšanā izmantotās vielas?

- Pamatā dažādas plastmasas, mūsdienās arī virkne citu materiālu
- Par plastmasām sauc materiālus, ko izgatavo no polimēriem ar dažādām piedevām vai bez tām un kas noteiktos apstākļos tiek pārstrādāti dažādos izstrādājumos plastiskās deformācijas ceļā.
- Runājot par dažādu plastmasu radīto bīstamību, jāizprot to ķīmiskā uzbūve – ikvienas plastmasas sastāva pamatelements ir lielmolekulāra viela (polimērs), ko parasti sauc par sintētiskajiem sveķiem.
- Lielākā daļa plastmasu bez sintētiskajiem sveķiem satur vēl arī citus komponentus – plastifikatorus, krāsvielas, stabilizatorus, pildvielas, cietinātājus.

- Par **plastifikatoriem** sauc vielas, kas plastmasās samazina sintētisko sveķu starpmolekulāros spēkus.
- Sintētisko sveķu makromolekulas paliek nemainīgas, bet palielinās to kustīgums.
- Par plastifikatoriem lieto tādus grūti iztvaicējamus šķīdinātājus kā trikrezilfosfāts, trifenilfosfāts, dibutilftalāts, diamilftalāts, rīcineļļa, kampars un daudzas citas vielas.

- Savukārt **stabilizatori** ir ķīmiskas vielas, kas nostiprina makromolekulu iegūtā lieluma pastāvīgumu. Katram polimēram lieto savu stabilizatoru, piemēram, polivinilhlorīdam – svina stearātu. Lai uzlabotu polimēru tehniskās īpašības, plastmasās pārstrādes procesā ievada **pildvielas**.
- Par pildvielām var izmantot dažnedažādus materiālus – koka miltus, zāģskaidas, ēveļskaidas, korķi, papīru, azbestu, celulozi, stikla vati u. tml.
- Par **cietinātājiem** bieži lieto tādas vielas kā urotropīnu, magnija oksīdu, alifātiskos amīnus u. c.
- Par **katalizatoriem** izmanto peroksīdus, piemēram, ūdeņraža peroksīdu, benzilperoksīdu, karbamīda peroksīdu u. c.

## Plastmasu veidi:

- 1) polimerizācijas sintētisko sveķu plastmasas (polietilēns, polivinilhlorīds, polistirols, fluoroplasti u. c.);
- 2) polikondensācijas sintētisko sveķu plastmasas (amidoplasti, aminoplasti, fenoplasti, poliesteri, polikarbonāti, poliuretāns u. c.);
- 3) dabisko lielmolekulāro vielu ķīmiskās pārstrādes un termiskās sadales produkti (celuloīds, etrols u. c.);
- 4) dabisko un naftas asfaltu un sveķu produkti (asfaltpiķa plastmasa u. c.).

## Cita klasifikācija:

- **termoplastiskās plastmasas** ražo no lineāriem vai zarotiem polimēriem. Tās cietē, atdziestot polimēra kausējumam, bet, temperatūrai vai spiedienam paaugstinoties, atkal kļūst mīkstas un maina formu. Šos materiālus iespējams izmantot atkārtoti, lai gan šo procesu ierobežo variācijas ķīmiskajā formulā un piemaisījumi. Mūsdienās biežāk lietotās ir polietilēns, polivinilhlorīds, polipropilēns, polistirols, poliesteris, ABS (akrilnitrils-butadiēns-stirols), akriloplasti, neilons, fluoropolimērs;
- **termoreaktīvās plastmasas** ražošanas procesā tiek pakļautas ķīmiskai reakcijai, un rezultātā veidojas vielas struktūra, kas ir līdzīga telpiskam trīsdimensiju režģim. Tādējādi rodas materiāls, kas ir izturīgs pret karstumu, un to nevar pārveidot. No šīs grupas plastmasām biežākās ir fenoplasti, poliuretāns, epoksīdi, celulooplasti.

## Plastmasu veidi:

- Mūsdienās visbiežāk 3D drukāšanā izmantotās plastmasas ir:
  - » akrilnitrila-butadiēna-stirola plastmasas,
  - » poliamīdu plastmasas (piemēram, neilons),
  - » polipropilēna plastmasas,
  - » polikarbonāti,
  - » polietilēnu plastmasas,
  - » polivinilhlorīdu plastmasas,
  - » polistirolu un poliuretāna plastmasas,
  - » kā arī dažas citas, retāk lietotas plastmasas.

# Plastmasu ražošana

- 3 galvenie procesi – sveķu ražošana, plastmasu pārstrāde un to karsēšana (sadeģšana), un katrā no tiem iespējami savi riski:
  - » *Sveķu ražošana* - Izejvielas, kas nepieciešamas to polimēru ražošanai, no kuriem veidotas plastmasas, tiek iegūtas no jēleļļas (to destilējot) un gāzes, veicot katalītisko krekingu un reformēšanu.
  - » *Plastmasu pārstrāde* - Plastmasas pārstrāde nodrošina galaprodukta ražošanu no sveķiem, atsevišķos gadījumos pievienojot dažādas piedevas. Pārstrādes procesos lielākā bīstamība (apdegumu riski, sprādzienbīstamība) ir saistīta ar augsto temperatūru un spiedienu, kā arī iekārtu tīrīšanu, kuras laikā iespējama saskarsme ar katalizatoriem un neizreaģējušajiem starpproduktiem.



- *Plastmasu karsēšana (sadeģšana)* - Plastmasas ražošanas procesos tiek karsētas, un šī procesa laikā atbrīvojas oligomēri, monomēri, šķīdinātāja paliekas, polimerizācijas procesa paātrinātāji un citi sadeģšanas produkti. Gāzu un tvaiku maisījumu sastāvs, kas var izdalīties šajos procesos, ir ļoti dažāds un ir atkarīgs ne tikai no materiālu ķīmiskā sastāva, bet arī no temperatūras, kurā notiek sadalīšanās.
- Tieši pēdējie divi procesi notiek 3D drukāšanas laikā!

# Atsevišķu plastmasu sadalīšanās produkti

Polimēri	Sadalīšanās produkti
<b>Polietilēns</b>	oglekļa monoksīds, akroleīns, formaldehīds
<b>Polivinilhlorīds</b>	vinilhlorīds, sālsskābe, fosgēns
<b>Polistirols</b>	stirols, benzols
<b>Fluoropolimēri</b>	oglekļa fluorīds, perfluorizobutilēns, hidrogēnfluorīds
<b>Poliuretāns</b>	aldehīdi, amonjaks, cianīdi, izocianīdi, slāpekļa dioksīds
<b>Fenoplasti</b>	formaldehīds, aldehīdi, amonjaks, cianīdi, slāpekļa dioksīds

# Dažas 3D drukāšanā biežāk lietotās plastmasas

## ■ Polietilēns

- » Polietilēns ir semikristāliska, viegla termoplastiska viela, kas pirmoreiz tika izmantota
- » 1942. gadā, to iegūst no etilēna, tam polimerizējoties vai nu nepārtrauktā plūsmā, vai cauruļveida reaktoros. Par katalizatoriem tiek izmantoti hroma oksīds, alumīnija alkili, titāna hlorīds un butilesteri.
- » Polietilēnam sadegot 230 °C temperatūrā, izdalās vairāki gaistoši produkti – akroleīns, formaldehīds, oglekļa oksīds u. c. Etilēns ir tipiska gaistoša narkotiskā viela, kas iedarbojas arī kairinoši. Etilēns var izraisīt nosmakšanu, savukārt polietilēna destrukcijas produktiem ir kairinoša, sensibilizējoša un vispārtoksiska



## ■ *Polistirola plastmasas*

- » Polistirolu iegūst, polimerizējot stirolu un izmantojot plastifikatorus, iniciatorus (ķīmisko reakciju ierosinātājus), minerālās pildvielas un dažādas krāsvielas.
- » Polistirols ir termoplastiska plastmasa. Tā ir bezkrāsaina, caurspīdīga viela bez smakas un bez garšas. Polistirols ir trausls, viegli uzliesmo un jau 75 °C temperatūrā kļūst mīksts.
- » Polistirola ieguves un pārstrādes procesos galvenais bīstamais faktors ir stirols (stirola tvaiki).
- » Stirols ir inde ar polimorfisku iedarbību. Akūta saindēšanās ir iespējama reti (galvenokārt dažādu avāriju gadījumos) un tai raksturīga narkotiska iedarbība. Savukārt hroniskas saindēšanās gadījumā var konstatēt funkcionālas pārmaiņas centrālajā un veģetatīvajā nervu sistēmā ar astenoveģetatīvā sindroma izveidošanos, iedarbību uz dzirdi un garšu. Tāpat ir dati par stirola iespējamu kancerogenitāti.

## ■ *Poliamīdi*

- » Poliamīdi ir amīdgrupas saturoši polikondensācijas polimērsavienojumi. Ir divu veidu poliamīdi: alifātiskie un aromātiskie.
- » Alifātisko poliamīdu iegūšanai izmanto aminoskābes (aminokapronskābi, aminodekānskābi un aminoenantskābi), kā arī adipīnskābes un taukskābes diamīnus (heksametilēndiamīnu). Aromātisko poliamīdu ražošanā par izejmateriālu izmanto parafenilēndiamīnu, tereftalskābes un izoftalskābes dihloranhidrīdus.
- » Poliamīdi iedarbojas uz organismu kairinoši, sensibilizējoši un vispārtoksiski.
- » Vispārtoksiskās īpašības vairāk ir izteiktas heksametilēndiamīnam un dimetilacetamīdam, tomēr visbiežāk hroniskā iedarbība ir saistīta ar ietekmi uz ādu.

# Citi 3D drukāšanā izmantotie materiāli

- Mūsdienās pieejami 3D drukā tiek izmantoti arī tādi materiāli kā keramika, stikls, tērauds, betons un pat papīrs un koks.
- No šiem materiāliem lielākā bīstamība ir saistīta ar dažādu metālu, piemēram, alumīnija, titāna, kobalta, niķeļa, nerūsējošā tērauda u. c., izmantošanu.
- Lielākā bīstamība ir saistīta ar dažādu šo metālu oksīdu un citu savienojumu veidošanos - daži no šiem metāliem, piemēram, niķelis, ir atzīti par kancerogēniem;
- Jāvērtē arī potenciālā sprādzienbīstamība, jo 3D drukāšanas procesā var veidoties to putekļi, kuri noslēgtā vidē (piemēram, 3D printera iekšienē) var veidot sprādzienbīstamu koncentrāciju.

# Svarīgākie preventīvie pasākumi?

- lokālas atsūces ventilācijas ierīkošana virs 3D pinteriem vai to pieslēgšana atsūces sistēmām;
- pareiza darba vietu organizēšana (piemēram, nepieļaut citu darbinieku atrašanos blakus 3D printeriem);
- pareizi izvēlētu elpošanas sistēmas aizsardzības līdzekļu (cimdu, sejas aizsegu vai aizsargbrīļu un respiratoru u. c.) lietošana, veicot iekārtu un izstrādājumu tīrīšanu un mazgāšanu;

# Svarīgākie preventīvie pasākumi?

- nodarbināto informēšana par ķīmiskajiem darba vides riska faktoriem, kā arī regulāra šādas informācijas atkārtošana;
- ķīmisko vielu pareizas aprites nodrošināšana (glabāšana piemērotos un marķētos slēgtos traukos, drošības datu lapu pieejamība, telpu pareiza tīrīšana u. c. pasākumi);
- Obligātās veselības pārbaudes?