

Водич за безбедно управљање хемикалијама у концепту циркуларне економије



САДРЖАЈ

ХЕМИКАЛИЈЕ У ЦИРКУЛАРНОЈ ЕКОНОМИЈИ.....	3
ИНДУСТРИЈА ЕЛЕКТРОНСКЕ (ИТ) И ЕЛЕКТРИЧНЕ ОПРЕМЕ	9
ГРАЂЕВИНСКА ИНДУСТРИЈА И ГРАЂЕВИНАРСТВО.....	12
ИНДУСТРИЈА ПЛАСТИЧНИХ И ГУМАРСКИХ ПРОИЗВОДА.....	18
ИНДУСТРИЈА ПАПИРА И КАРТОНА ТЕКСТИЛНА ИНДУСТРИЈА	34
АЛТЕРНАТИВЕ за примену у гумарској и индустрији прераде полимера, производњи предмета опште употребе, електронској, текстилној , индустрији грађевинских материјала и индустрији намештаја	38
Процена ризика алтернатива	39
РЕЗИМЕ.....	57
РЕФЕРЕНЦЕ	61



ХЕМИКАЛИЈЕ У ЦИРКУЛАРНОЈ ЕКОНОМИЈИ



Више хиљада хемикалија се користи у сврхе унапређења процеса производње, побољшања перформанси производа или повећања финансијских бенефита. Оне као састојци улазе у састав не само хране и паковања хране, већ и у предмете за свакодневну употребу, као што су одећа, мобилни телефони, лепак, теписи, намештај, козметика, играчке, као и у индустријске производе, грађевинске материјале, електронску опрему.

Хемикалије су великој мери идентификоване као загађивачи ваздуха јер настају као последица сагоревања дрва, угља или гаса, употребе пестицида, мириса, саставни су део издувних гасова и других загађивача који су резултат људске активности.

Оне улазе у организам путем излагања (инхалаторно, дермално, ингестијом) и у зависности од својих својстава (физичко-хемијских, токсиколошких или екотоксиколошких) доводе до поремећаја рада органа, болести па и до смртних исхода.

Хемијска и фармацеутска индустрија су индустрије са најбржим растом у свету. Ове индустрије представљају преко 10% укупне светске економије. На то указују подаци о константном порасту броја и количине хемикалија које су у употреби последњих шездесет година, од милион тона годишње педесетих година прошлог века, па до 500 милиона годишње у овом веку. Међутим, са порастом употребе хемикалија у свим сферама савременог друштва, расло је знање о њиховом штетном утицају на здравље људи и животну средину али и о обновљивим ресурсима у виду циркуларног тока материјала.

Недостатак информација о хемикалијама у производима идентификована је на глобалном нивоу као једна од препрека у постизању одрживијег управљања ресурсима и смањења токсичних ризика.

1. Пошто су хемикалије присутне у свим производима, ток материјала у друштву је и ток хемикалија. Адекватне информације о присуству хемикалија у производима током целог животног циклуса, омогућиле би да се више материјала рециклира и у већој мери безбедно поново користи у другим производима.

2. Произвођачи производа морају имати знање о хемикалијама у рециклираном материјалу, како би се обезбедила безбедна поновна употреба. Дакле, информације могу бити један од кључева за одрживију производњу и потрошњу и довести до ефикасне циркуларне економије и безбедног финалног производа.

3. Тржиште производа је глобално. Производи који се производе у једном делу света, затим се транспортују, користе и претварају у отпад – доспевају често на свим континентима.

4. Компаније за рециклажу, посебно мала и средња предузећа, требају више информација о хемикалијама у производима. Постоји општа потреба за побољшаном комуникацијом између произвођача и актера у сектору на крају животног века производа, односно хемикалија, како би се постигао стандард добре праксе рециклирања.

5. Међународне кооперативне акције за побољшање доступности информација о хемикалијама у производима у ланцима снабдевања и потрошачима и сектору на крају животног века производа могу бити један од кључева за одрживи развој.

Циркуларни ток материјала је истовремено и ток хемикалија - Недостатак информација о хемикалијама у материјалима је препрека у постизању ефикасне циркуларне и „зелене“ економије.

Безбедно управљање хемикалијама у оквиру циркуларне економије заузима важно место у циркуларним токовима материјала у различитим индустријским гранама. Посебан фокус мора се усмерити на идентификацију ресурса за стварање циркуларног тока као и на изазове компанија са

потенцијалним присуством опасних супстанци у материјалима у оквиру циркуларних токова истих.

Подстицај привреде за примену циркуларне економије и успостављање циркуларног тока материјала укључују:

- 1) Економски подстицај јер је рециклирани материјал јефтинији од првобитног материјала;
- 2) Примена прописа и испуњење друштвене одговорности компаније;
- 3) Пословна политика компаније у циљу постизања циља о одрживости.

Структуре циркуларних токова и број укључених заинтересованих страна разликују се према гранама индустрије у којој се користе, врсти материјала као и по економској исплативости. Када су у питању циркуларни токови материјала мањег обима, односно материјали из ограниченог броја извора, постоји већа контрола над материјалима који се прикупљају као и токовима где и како се могу поново обрадити.

У случајевима циркуларног тока материјала већег обима, већи је број извора материјала који треба рециклирати, поновни процес је шири и прихвата се неколико различитих токова рециклираног материјала.

Посебна пажња мора се обратити на присуство нежељених или опасних хемикалија/супстанци које могу бити саставни део рециклираног материјала. Присуство хемикалија може ометети рециклажни поступак или бити неприхватљиво у финалном производу. Идентификовано је неколико изазова који могу утицати на стварање и/или постојање циркуларног тока материјала. То укључује регулаторне захтеве, административни терет успостављања и одржавања тока хемикалија, успостављање система прикупљања и сортирања који може обезбедити квалитет и обим потребних материјала, перцепцију потрошача о рециклираним материјалима (посебно пластике), флукуацију цене коштања необрађених и рециклираних материјала и успостављање система размене информација.

Са аспекта позиције хемикалија у имплементацији циркуларне економије у којој се материјали и производи рециклирају, важно је узети у обзир да ови материјали и производи могу садржати опасне или друге нежељене хемикалије које треба уклонити из циркуларног тока материјала. Као пример могу се разматрати хемикалије које су постојећом легислативом забрањене за употребу, стављање у промет или ограничене за одређени начин коришћења али које нису биле на тај начин регулисане у време када се одвијала производња примарног производа који ће бити предмет примене циркуларне економије.

У циркуларном току материјала неопходно је безбедно управљање хемикалијама у складу са прописима који регулишу ову област. Безбедно управљање хемикалијама у циркуларном току материјала је подршка политици развоја за постизање нетоксичне животне средине са аспекта циркуларне економије. Компанија која прикупља и поново обрађује сопствене материјале и која има увид и адекватно знање може да осигура правилну примену прописа у циљу безбедног управљања присутних хемикалија. Велика предност ових компанија је познавање својства и састава материјала.

РЕГУЛАТОРНИ ОКВИР У ЕВРОПСКОЈ УНИЈИ И РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

„Према Европском савету хемијске индустрије (CEFIC), постоји око 12.000 хемикалија које изазивају забринутост које се тренутно користе у свакодневним производима, укључујући канцерогене, репротоксиканте, ендокрине дисрупторе и имунотоксин, који ометају имуни систем.

На нивоу ЕУ на снази је свеобухватна политика која се бави безбедношћу хемикалија. CLP Уредба прописује обавезу пружања информација о опасностима у безбедносном листу, као и на етикети и амбалажи. Уредба REACH има за циљ безбедну употребу хемикалија, на пример кроз смањење изложености потрошача и радника опасним хемикалијама. Уредба REACH, која се примењује на територији ЕУ прописује прикупљање и процену информација о својствима и опасностима супстанци. Такође поставља ограничења за употребу хемикалија у процесу и производима. Сврха REACH је да обезбеди висок ниво заштите здравља људи и животне средине уз повећање конкурентности и иновација. Ова уредба намеће низ обавеза текстилној индустрији укључујући ограничење употребе супстанци, размену информација у ланцу снабдевања, евентуалну регистрацију супстанци, комуникацију са купцима. Закон о хемикалијама је усклађен са овом уредбом у највећој могућој мери за земљу кандидата, тј. централизоване поступци нису пренети у законску регулативу јер се спроводе само на нивоу Европске уније.

Правилник којим се уређују ограничења и забране производње, стављања у промет и коришћења хемикалија које престављају неприхватљив ризик по здравље људи и животну средину, као и за производе који их садрже је хармонизован са Анексом XVII REACH Уредбе и дата су у Прлогу 1, Део 1 поменутог правилника. Њиме су прописана одређена ограничења и забране производње, стављања у промет и коришћења односно дозвољени начини коришћења и други услове за производњу, стављање у промет и коришћење супстанце, смеше и производа у циљу заштите здравља људи и животне средине. Забрањена 28. до 30. су прописана ограничења забране за хемикалије које су карциногене, мутагене и/или токсичне по репродукцију, а списак хемикалија је дат у Прилогу 1, Део 2 Табелама 1-6. Такође, забраном број 72, постављају се максималне граничне концентрације за 33 супстанце или групе супстанци како би се заштитило здравље људи – посебно деце и трудница које могу имати више штетних ефеката по здравље. Списак ових хемикалија дат је у Табели 11.

Као саставни део правилника је и Листа забрањених POPs супстанци. Дуготрајне органске загађујуће супстанце односно представљају органска једињења која су токсична по људе и остали живи свет, биоакумулативна и перзистентна у животној средини. Ова једињења су отпорна на фотолитичку, хемијску и биолошку деградацију, што омогућава да у животној средини остану непромењена дуго времена. POPs хемикалије су слабо растворне у води, а веома добро у мастима, па лако пролазе кроз фосфолипидне структуре биолошких мембрана, након чега се депонују у масном ткиву и другим ткивима са високим садржајем липида. POPs хемикалије су обично делимично испарљиве, што омогућава њихов атмосферски транспорт на велике удаљености. Ова својства POPs хемикалија чине да оне постану једна од главних тема у области заштите животне средине за које је препозната потреба за стратешком акцијом на глобалном нивоу. Као одговор међународне заједнице за системско глобално решење проблема POPs хемикалија, донета је Стокхолмска. Како би се овај захтев спровео правилником о забранама и ограничењима Прилогом 2, су преузета ограничења и забране производње, стављања у промет и коришћења дуготрајних органских загађујућих супстанци (POPs) из Уредбе (ЕЦ) 2019/1021.

Супстанце које могу имати озбиљне последице по људско здравље и животну средину могу се идентификовати као супстанце које изазивају забринутост (SVHC). То су, пре свега, супстанце које су канцерогене, мутагене или токсичне по репродукцију, као и супстанце које су перзистентне (дуготрајне, тешко се разлажу) и биоакумулативне (накупљају се живим организмима па и

људском телу). Друге супстанце које спадају у ту групу, а које могу изазивати велику забринутост пре свега су супстанце које ометају рад ендокриног система. Након поступка којим се супстанца званично идентификује у ЕУ као супстанца која изазива забринутост, додаје се на тзв. Листа за издавање одобрења (**Authorisation list**) и Листу кандидата (**Candidate list**) на којима су наведене све опасне хемикалије. Ове листа је показатељ за потрошаче и индустрију које су то супстанце које изазивају забринутост. Правна лица које производе или увозе производе који садрже ове супстанце у концентрацији изнад 0,1 масеног % производа, законски су обавезни да информишу све снабдеваче у ланцу снабдевања о присуству те супстанце у производу и како да га користите безбедно. Они такође треба да информишу потрошаче када траже ове информације. Такве обавезе су прописане и у Србији. Поменути Листи супстанци које изазивају забринутост можете наћи путем следећег линка:

1. <https://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SlGlasnikPortal/eli/rep/sgrs/ministarstva/lista/2013/94/1/reg>,
2. Листу супстанци кандидата за Листу супстанци које изазивају забринутост: <http://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SlGlasnikPortal/eli/rep/sgrs/ministarstva/drugiakt/2016/58/1/reg>

Компанија која је одговорна за поновну прераду материјала из отпада у нову сировину и даље стављање у промет те сировине, мора да обезбеди да исте не садрже нежељене хемијске супстанце. Такође, као нежељене хемикалије могу бити и оне хемикалије које немају опасна својства за здравље људи и животну средину, али чије присуство у рециклираном материјалу може утицати на применска својства и квалитет новог производа. Ово укључује, на пример, хемикалије које утичу на боју, мирис или чврстоћу новопроизведених материјала. Прикупљање и сортирање материјала играју кључну улогу у обезбеђивању квалитета и састава излазног материјала, односно сировине.

Данас се прикупљање отпада често врши у широким категоријама у којима се мешају материјали са различитим својствима и саставима, а у циљу обезбеђивања довољне количине отпада, тако да прикупљање и рециклажа ових материјала може бити економски исплатива. Лоша страна ове стратегије је материјал који је могао имати идеалан састав за одређену врсту производа, на пример, материјал за паковање хране, на овај начин помешан са другим материјалима постаје неупотребљив као рециклирани материјал као амбалажа за храну, осим ако се њихови токови отпада темељно сортирају или претходно третирају.

Један од начина да се обезбеди следљивост и одржи адекватан квалитет рециклираног материјала је спровођење циркуларног тока материјала, у којима се одређени производи сакупљају као одвојени токови отпада, а затим се рециклирани материјал уграђује у нове верзије истог производа или нове производе са сличном вредношћу.

Класичан пример таквог циркуларног тока материјала је прикупљање, сортирање и депоновање боца на бази полиетилен терефталата (РЕТ амбалажа), након чега се исте могу уситнити, опрати и претворити у нове РЕТ љуспе и на крају нове РЕТ боце.

Потребно је напоменути да циркуларни ток материјала не треба да укључује само производе у којима се циркуларност постиже искључиво:

- 1) биолошком деградацијом ових производа
- 2) рециклажом индустријских хемикалија у индустријском окружењу,
- 3) поновну употребу производног отпада у индустријском поступку,
- 4) поправку производа или поновну употребу компоненти или делова производа,

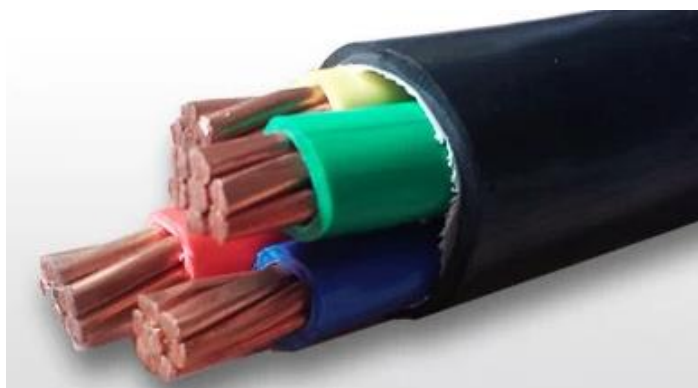
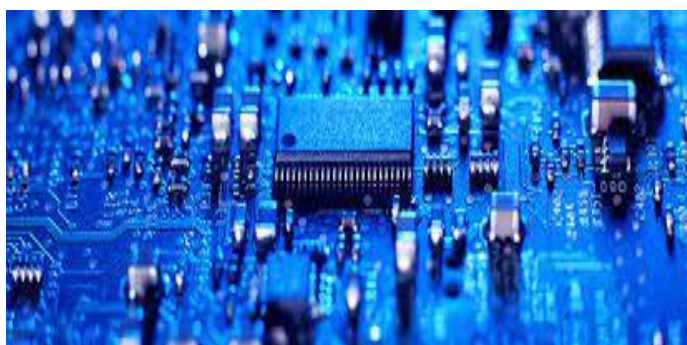
већ је суштина подстицање компанија да развијају систематско планирање циркуларног тока материјала и то на тај начин да добијени материјал буде безбедан за коришћење са аспекта решавања проблема нежељених хемијских супстанци.

Проток материјала је такође и ток хемикалија – недостатак информација о хемикалијама у производима је препрека у постизању зелене економије, односно ефикасне циркуларне економије.

Све је веће разумевање да хемикалије у производима као што су играчке, електроника, текстил, ит опрема, грађевински материјали, итд. могу бити проблем од глобалног значаја. На глобалном нивоу потешна су решења за постизање доброг управљања хемикалијама у производима. Недостатак информација о хемикалијама у производима је огромна препрека у остваривању одрживијег управљања ресурсима и смањење токсичних ризика. Као приоритетне индустријске гране у којима се може успоставити циркуларни ток материјала су:

- **Индустрија електронске (ИТ) и електричне опреме**
- **Индустрија пластичних и гумарских производа**
- **Грађевинска индустрија и грађевинарство**
- **Индустрија папира и картона**
- **Текстилна индустрија**

ИНДУСТРИЈА ЕЛЕКТРОНСКЕ (ИТ) И ЕЛЕКТРИЧНЕ ОПРЕМЕ



Огроман потенцијал за употребу рециклажног материјала је електронска индустрија. Највећи удео у овој индустрији заузимају тонери и кетрици са мастилом који често садржи једну врсту полимера. Велики извор тонера и кетрица са мастилом јесу компаније и јавни сектор који прикупљају искоришћене производе и шаљу се на поновну рециклажу. Велики светски произвођачи електронске опреме користе рециклиране материјале директно у производњи нових тонера и кетрица са мастилом, чиме се ефикасно затвара циркуларни ток материјала. Наравно овакав начин затварања циркуларног тока захтевао је развој машина за демонтажу кетрица и успостављање кружног ланца снабдевања. Такође у овај циркуларни ток захтевао је и укључивање произвођача полимера као везива у мастилу или тонеру који су користили рециклиране и нове полимере у циљу задовољавања техничке спецификације финалног производа. Ово захтева познавање хемикалија присутних у рециклираном полимеру и пигменту како би се смањило ризик присуства нежељених или забрањених хемикалија.

Поред поновне употребе материјала од тонера и кетрица са мастилом, у овој индустрији заступљено је коришћење материјала од рециклираних PET боца и вешалица за одећу за производњу нових тонера и кетрица са мастилом. Преко 80% кетрица са мастилом и 100% тонера тренутно садржи рециклирани пластични материјал¹.

Рециклирана пластика (полимерни материјали) у многим својим производима и то око 30% рециклиране пластике улази у финални производ. За ову врсту новог финалног производа прописан је стандард за захтеве добављача за рециклирање хардвера, који између осталог прописује како треба руковати различитим компонентама и осигурава да се материјали рециклирају на исправан начин. Количина рециклираног садржаја за хардвер производе (као што су штампачи и рачунари) се објављују у ЕКО декларацији производа. Пластика која се користила у ИТ производима а затим је рециклирана и поново коришћена у истој врсти производа се назива Information Technology Equipment (ITE) производ добијен из рециклиране пластике, и у складу са критеријумом (Electronic Product Environmental Assessment Tool) EPEAT, носи глобалну еко-ознаку за ИТ производе. Еко-ознаке су покретачи производње електронских производа са побољшаним квалитетом рециклиране пластике, укључујући означавање пластичних делова и искључивање хемикалија у пластици као што су фталати, кадмијум, олово и халогеновани успоривачи пламена. (Ecolabel product criteria for computers and displays) EPEAT управља Савет за зелену електронску опрему.

Главна мотивација за компаније које се баве производњом ИТ опреме, као и дистрибутера истих за успостављање циркуларних токова материјала је повећање удела рециклираног материјала у ИТ опреми да би се смањило њихов угљенични отисак као и укупни ресурси трошкова производње.

Списак и кратак опис захтеваних стандарда за ИТ опрему дат је у прилогу ове брошуре <https://www.etira.org/cartridge-remanufacturing/quality-first/>

¹ Challenges and Emerging Trends in Toner Waste Recycling: A Review by Meera Parthasarathy ORCID Sri Ranga Ramanuja Centre for Advanced Research in Sciences, Department of Chemistry, Srimad Andavan Arts & Science College

РЕЦИКЛИРАЊЕ ПЛАСТИЧНИХ КОМПОНЕНТИ ЕЛЕКТРОНСКЕ ОПРЕМЕ

Пластичне компоненте се сакупљају и демонтрају да би се рециклажом добиле пластичне пелете. Рециклиране пластичне пелете се затим продају електронским компанијама и користе их у производњи нових електронских производа.

Препорука је да се електронски отпад прикупља у складу са WEEE директивом (Waste Electrical and Electronic Equipment). Електронски отпад се претходно третира и сортира у различите фракције нпр. монтажа и одвајање метала. Затим се шаље пластична фракција на уситњавање, затим прање и сортирање по врсти полимера коришћењем методе сепарације флотације на бази разлитих густина полимера и електростатичким сортирањем. Након екструзије различитих фракција, добијају се пластичне пелете од (acrylonitrile butadiene styrene) ABS, (polystyrene) PS, (polycarbonate/ acrylonitrile butadiene styrene) PC/ABS или (polymethylmethacrylate) PMMA. Од свих полимерних односно пластичних материјала, ABS и PS је најлакше прикупити за рециклирање. Супстанце/хемикалије које су регулисане (Restriction of Hazardous Substances Directive) RoHS директивом и Стокхолмском конвенцијом / POPs уредбом проверавају и одвајају током рециклаже. На пример, око 1/5 улазног материјала се састоји од фракције високе густине, нпр. пластика третирана бромованим успоривачима пламена се одваја флотацијом и због присуства тих успоривача не сме се користити као сировина у производњи нових електронских производа, већ се шаље на инсенерацију.

За производњу електричних апарата у домаћинству може се користити (polypropylene) PP са калцијум карбонатом. Извор PP је необојена амбалажа за храну, као и пластични материјали прикупљени од произведених производа за домаћинство.

Међутим, пошто је век трајања ових производа више од 10 година многи од њих садрже недозвољене супстанце такве да је овај извор материјала за рециклирање пластике веома ограничен јер захтева посебну анализу присутних хемикалија.

У овој грани електричне опреме користи се само мањи удео рециклиране пластике, односно само за неке унутрашње делове. У сваком случају комплетан улазни рециклат се тестира на присуство непожељних хемикалија. За сада нису адекватно развијене методе за уклањање непожељних хемикалија у циљу испуњења прописа којима се уређује област за ову врсту производа.

ГРАЂЕВИНСКА ИНДУСТРИЈА И ГРАЂЕВИНАРСТВО



Експандирани полистирен EPS изолациони и материјал за паковање

Експандирани полистирен (EPS), познат као стиропор, користи се као грађевински изолациони материјал, а такође и као материјал за паковање. Прикупљање, компривање и рециклирање EPS, даје велики допринос циркуларној економији, враћањем у циркуларни ток материјала и спречавањем да овај материјал постане отпад. Како се 100% EPS може рециклирати и самим тим представља ресурс коме треба обезбедити циркуларни ток, а никако слати на инсенерацију или одлагање. Као изолациони материјал рециклирани EPS учествује са 30%, јер се на тај начин задржава захтевани квалитет (нпр. изолациона својства и отпорност на притисак) производа. Најбољи резултати се постижу употребом EPS који је коришћен као амбалажа за храну, јер је ускладу са легислативом овај ресурс најбезбеднији у погледу присуства нежељених хемикалија. Овакав EPS се пере, меље, компримује и екструдира у палете. Као такав се користи као изолациони материјал.

Циркуларни ток EPS могуће је интегрисати у цео ланац, од производње сировина, кроз пројектовање и производњу производа, прикупљање и на крају рециклирање EPS назад у сировине које ће се користити у новим производима.

Како је пре ступања на снагу забране употребе хексабромциклододекана (HBCD) као ретардера пламена, EPS садржавао исту супстанцу, такав материјал није погодан за рециклирање и употребу. Међутим, како су залихе отпадног EPS са HBCD велике тренутно се у ЕУ преко Удружења европских произвођача експандираног полистирена ради на екстракцији HBCD путем хемијске рециклаже.

EPS има много позитивних предности у односу на други материјале због своје мале тежине и изолационих својстава: очување свежине хране, а самим тим смањење отпада од хране, лакши транспорт који доводи до мање емисије у ваздух, омогућава изолацију која доводи до енергетски ефикасних грађевина итд. Све ово наводи на потребу успостављања циркуларног тока материјала у више циклуса.

Отпадни гипс

Грађевински отпад се састоји углавном од дрвета (42%), гипсаних плоча (27%), цигле (6%), кровног материјала (2%) и металног материјала (2%). Гипс је минерал који спада у нехидраулична неорганска минерална везива. Као минерална материја је доста распрострањен у природи, посебно у Земљиној кори, и то обично у два кристална облика:

- гипсани камен или гипс, односно гипс у облику дихидрата, као што је $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$
- анхидровани, CaSO_4 .

Везивна својства гипса заснивају се на процесу хидратације и формирања дихидрата $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$, односно на особине система CaSO_4 – вода. Овај грађевински материјал се користио у грађевинарству и као калцинирани гипс, односно полухидрат ($\text{CaSO}_4 \times \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) који показује посебна својства као што је брзина везивање и очвршћавање, а и у производњи цемента као регулациони адитив за брзину везивања цемента.

Отпоран је на ватру, има добра механичка својства, економичан, има добре акустичке особине и може значајно да смањи ниво буке и има одређене еколошке предности у односу на неке материјале.

Отпадни гипс се најчешће одлаже у неприкладне просторе, односно не постоје посебне депоније које су одређене за ову врсту отпада. Одбачени гипс постаје опасан приликом заједничког одлагања са органским отпадом, с обзиром на то да приликом њиховог контакта доводи до развоја гасова водоник-сулфида, који су изузетно токсични и запаљиви. Из тог разлога, неопходно је пронаћи начин да се отпадни гипс поново користи.

Процес рециклаже још увек није довољно уређен, примењује се и још је у развоју, а састоји се од млевења гипсаних производа, уклањање нечистоћа и поновне калцинације. Главни проблем, односно најзахтевнија фаза је уклањање нечистоћа, односно других материјала уграђених у гипсани производ.

Утврђено је да рециклиране и оригиналне гипсане сировине имају сличне карактеристике, односно нису се битно мењале. Данас се све више истражују карактеристике отпадног гипса који је подвргнут рециклажи у неколико узастопних циклуса и да ли се може користити у исте сврхе као оригинални гипс. Процес рециклаже се састоји од млевења и спаљивања отпада. Млевење се може вршити у млиновима са куглицама, док се сагоревање одвија у пећима на температури од око 150 °C неколико сати.

Упоредивана су физичка, хемијска и механичка својства комерцијалног гипса и отпадног гипса који је прошао један циклус рециклаже и отпадног гипса који је прошао кроз три циклуса рециклаже. Карактеристике које се прате су дистрибуција и величина честица, модул финоће честица, специфична површина, специфична тежина, слободна вода, количина дихидрата и полухидрата у гипсу. Добијене вредности специфичне површине и специфичне тежине су исте за сва три узорка, док је модул финоће честица био највећи за гипс, који прошао кроз три циклуса рециклаже, најмањи за комерцијални гипс. Разлика између рециклираних гипсаних материјала и комерцијалног гипса може се објаснити кораком млевења, који се користи у процесу рециклаже. Процес уситњавања материјала се разликује код рециклираног гипса у односу на комерцијални гипс и зато су добијени материјали различитих величина честица и модула финоће. Међутим, оба имају модул финоће < 1.10, што одговара задатом стандарду. Њихова хемијска својства су такође била приближно иста, односно резултати су показали да сви имају висок садржај хемихидрата, а у случају гипса који је рециклиран у једном циклуса, присуство дихидрата је такође примећено и то је објашњено кроз коришћени корак сагоревања у процесу рециклаже.

На основу утврђених резултата може се закључити да се отпадни гипс може рециклирати неколико циклуса за исту намену и да су по својствима слична комерцијалном гипсу. Али важно је наглашавају да сваким даном треба унапређивати процесе рециклаже, односно кораке у томе процесу као што су млевење и сагоревање треба стално контролисати како би се задржао квалитет рециклираног материјала, у овом случају гипса.

Рециклирање PVC материјала из грађевинског отпада

Сада постоји много производа од PVC (поливинилхлорид), који се могу наћи скоро свуда. Користи се за прозорске оквире, подне облоге, боце, фолије за омотавање, изолацију каблова, кредитне картице и медицинске производе. Због структуре обраде PVC, производе га многе компаније, а количина рециклиране пластике се стално повећава. PVC је направљен од 57% хлора и 43% угљеника (првенствено од нафте/гаса). PVC је јефтин материјал са минималним одржавањем и изузетно је издржљив (чак се користи за израду производа са животним веком већим од 60 година). Међутим, треба имати на уму да PVC у различитим производима није исти и апсолутно чист. Такође обично садржи разне адитиве као што су пластификатори, стабилизатори итд.

Мека PVC пластика може да садржи више од 50% адитива. Чак и у производима исте намене (прозорски профили, цеви, превлака), састав PVC може се разликовати у зависности од произвођача и године производње, јер се наука и технологија стално развијају. Међутим мора се развити свест о томе да је PVC далеко од безбедне пластике. Може се чак и рећи да је PVC један од најопасанијих полимерних материјала.

Зашто је PVC опасан и зашто га треба рециклирати?

Постоје четири опасности повезане са PVC:

- Хлор - производња, употреба и одлагање молекула винил хлорида су повезани са низом здравствених проблема, укључујући канцерогеност, оштећење имуног система, неуролошке болести, хормонски поремећаји и репродуктивни поремећаји.
- Производња PVC - захваљујући хлору садржаном у њему, повезана је са ослобађањем диоксида у атмосферу, опасних канцерогена и токсина. Сам материјал садржи многе токсичне адитиве, стабилизаторе и пластификаторе као што су фталати, олово и кадмијум који се користе да обезбеде флексибилност и побољшају перформансе. Ови адитиви нису хемијски везани, па се лако испиру из пластике и испуштају у животну средину. У случају акцидента нпр. пожара PVC може постати веома опасан. Када пластика сагорева, ослобађа се хлороводоник, који у контакту са водом производи хлороводоничну киселину, тако да се инхалацијом тј. удисањем може створити хлороводонична киселина у плућима. Такође, као што је раније поменуто, диоксини се ослобађају када PVC гори.
- PVC отпад се често закопава на депонију, рециклира или спаљује. Одлагање или спаљивање PVC отпада доводи до значајног загађења животне средине канцерогеним супстанцама, хлором, диоксинима и другим токсичним материјама, па се рециклажа PVC може сматрати сигурнијим начином управљања отпадом за животну средину.
- Рециклирање PVC - након механичког сортирања, уситњавања, прања и обраде ради уклањања контаминације, PVC се може обрадити механички и хемијски. Најчешћи је механички метод.

Механичка обрада PVC

Приликом механичке обраде PVC материјал се уситњава у прах или грануле, који постају основа за производњу нових пластичних производа. Треба напоменути да за разлику од многих других врста пластике, која се може прерађивати само у производе слабијег квалитета (на пример, PET), PVC се може прерадити у производе једнаког квалитета као и оригинални материјал. За механичку обраду најчешће се користе материјали који се лако препознају. Типично се обрађују: цеви (обично у истим цевима), профили прозора (у профилима или цевима), подне облоге, кровне мембране. Недостатак такве обраде је што не уклања токсине из PVC. У најбољем случају, механичком обрада може се смањити потреба за новим материјалом и смањити токсичност PVC додавањем новог материјала.

Хемијска обрада PVC

Хемијска рециклажа PVC се може сматрати комплементарном механичкој обради. Ова метода је мање осетљива на несортирани или контаминирани материјал и такође повећава продуктивност.

Ово рециклирање такође одваја додатне хемикалије од PVC за поновну употребу, чиме се смањује отпуштање загађења у животну средину. Специјализована средства потребна за хемијску обраду и високи трошкови ове методе ограничавају њену широку употребу.

„Термичко пуцање“ пластике се може обавити хидрогенизацијом, пиролизом или гасификацијом. Пошто се добијени угљоводонични производи углавном користе у петрохемијским процесима, спецификације ограничавају количину халогена, обично испод 0,1 - 1%. Један од начина за постизање овог циља је предтретман отпада (то може бити сортирање, термичка или хемијска дехалогенација).

Рециклажа коришћеног поливинилхлорида (PVC)

Рециклажа рециклираног PVC обухвата прераду коришћених филмова, фитинга, цеви, профила (укључујући и прозорске оквире), контејнера, флаша, плоча, роло материјале, изолације каблова итд. У зависности од састава смеше, која се може састојати од винил пластике или пластичне масе и намена секундарног PVC, методе рециклаже могу бити различите. За секундарну употребу отпадни PVC производи се перу, суше, уситњавају и одвајају од разних инклузија, укључујући метале. Ако су производи направљени од пластифицираних композиција на бази PVC, најчешће се користи криогено млевење. Ако су производи направљени од тврдог PVC, онда се користи механичко дробљење. Пнеуматска метода се користи за одвајање полимера од метала (жице, каблови). Одвојени пластифицирани PVC се може обрадити екструзијом или бризгањем. Метода магнетног одвајања може се користити за уклањање металних и минералних инклузија. За одвајање алуминијумске фолије од термопласта користи се топлота у води на 95–100°C.

Одвајање етикета од неупотребљивих посуда врши се потапањем у течни азот или кисеоник на температури од око -50°C, чиме се етикете или лепак постају крхки, а затим лако уситњени и одвојени хомогени материјали као што је папир.

За прераду отпада од вештачке коже, линолеума на бази PVC, предлаже се метода суве припреме пластичног отпада помоћу компактора. Процес се састоји од низа технолошких операција: уситњавање, одвајање текстилних влакана, пластификацију, хомогенизацију, збијање и гранулацију, где се могу додати и адитиви.

Отпадни кабл са PVC изолацијом се доводи до дробилице и транспортером транспортује до резервоара за утовар, који је затворен контејнер са специјалним транспортним пужем. У систем се доводи течни азот. Охлађени уситњени отпад се одводи у машину за млевење, а одатле иде до уређаја за одвајање металних инклузија, где се крхки полимер таложи и пролази кроз електростатичку круну бубња сепаратора, где се извлачи бакар.

Значајне количине коришћених PVC флаша захтевају различите методе одлагања. Истакнут је начин одвајања PVC од разних нечистоћа према густини раствора калцијум нитрата у кади. Механички процес рециклаже PVC боца представља главне фазе процеса рециклаже секундарног термопластичног отпада, али у неким случајевима има своје карактеристичне карактеристике.

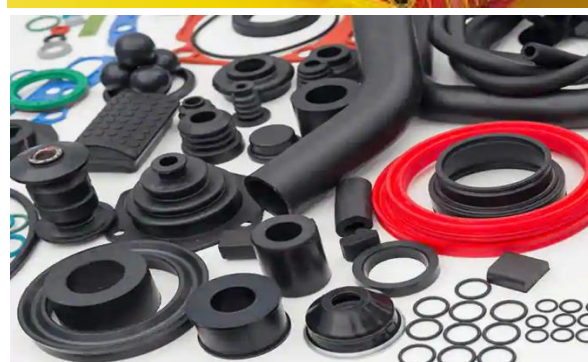
Током експлоатације различитих зграда и објеката, на основу коришћених PVC композиција стварају се значајне количине металопластичних прозорских оквира. Коришћени PVC рамови за рециклажу садрже приближно 30% масе PVC и 70% масе стакло, метал, дрво и гума. У просеку, оквир прозора садржи око 18 kg PVC. Долазећи рамови се истоварају у контејнер ширине 2,5 m и дужине 6,0 m. Затим се пресују на хоризонталној преси и претварају у делове просечне дужине 1,3–1,5 m, након чега се материјал сабија ваљком и допрема у дробилицу где се ротор окреће

контролисаном брзином. Груба мешавина PVC, метала, стакла, гуме и дрвета се доводи у транспортер, а затим у магнетни сепаратор, где се метал одваја, а затим материјал одлази у ротирајући метални бубањ за одвајање. Ова смеша је класификована према величини честица <4 mm, 4–15 mm, 15–45 mm, >45 mm. Велике фракције се враћају на даље дробљење. Фракције величине 15–45 mm се шаљу у метални сепаратор, а затим у гумени сепаратор, који је ротирајући бубањ са гуменом изолацијом. Након уклањања метала и гуме, ова груба фракција се враћа на млевење ради даљег смањења величине. Добијена мешавина честица величине 4–15 mm, која се састоји од поливинилхлорида, стакла, ситних остатака и дрвног отпада из силоса, се убацује кроз сепаратор у сито бубња. Овде се материјал поново раздваја на две фракције са величином честица: 4–8 и 8–15 mm. Две одвојене линије за обраду се користе за сваки опсег величине честица за укупно четири линије за обраду. Одвајање дрвета и стакла се одвија у свакој од ових линија за обраду. Дрво се одваја помоћу косих вибрационих сита. Одвајање стакла се на сличан начин врши на наредним ситима, где се лакше честице (нпр. PVC) транспортују наниже, док се тешке честице (тј. стакло) транспортују нагоре. Након уклањања дрвета и стакла, PVC фракције са све четири прерадне линије се комбинују. Металне честице се детектују и уклањају електронски. Пречишћени поливинилхлорид улази у радионицу, где се навлажи и гранулира до величине 3–6 mm, након чега се грануле суше врућим ваздухом до одређене влажности. Поливинилхлорид је подељен на четири фракције са величином честица од 3, 4, 5 и 6 mm. Све велике честице (>6 mm) се враћају у базу. Честице гуме се одвајају од PVC на вибрационим екранима. Последњи корак је опто-електронски процес сортирања боја који одваја беле PVC честице од обојених. Пошто је количина обојеног PVC мала у поређењу са белим PVC, беле PVC фракције се сортирају и складиште у одвојеним кантима, док се обојени PVC токови мешају и чувају у једној канти. Процес има неке посебне карактеристике које рад чине еколошким. У оваквим затвореним системима не долази до загађења ваздуха, јер је млевење и одвајање ваздуха опремљено системом за усисавање прашине који сакупља прашину, папир и фолију у струји ваздуха и доводи их у сифон микрофилтера. Дробилица и сито бубња су изоловани да би се смањила производња буке. Приликом влажног млевења и прања поливинилхлорида од нечистоћа, вода се испоручује за поновно чишћење. Рециклирани PVC се користи у производњи нових коекструдираних прозорских профила. Да би се постигао висок квалитет површине потребан за коекстудираних прозорске оквире, унутрашња површина оквира је направљена од рециклираног PVC, а спољна површина је од чистог PVC. Нови рамови садрже 80% рециклираног PVC по тежини и упоредиви су по механичким својствима и перформансама са оквирима направљеним од 100% чистог PVC.

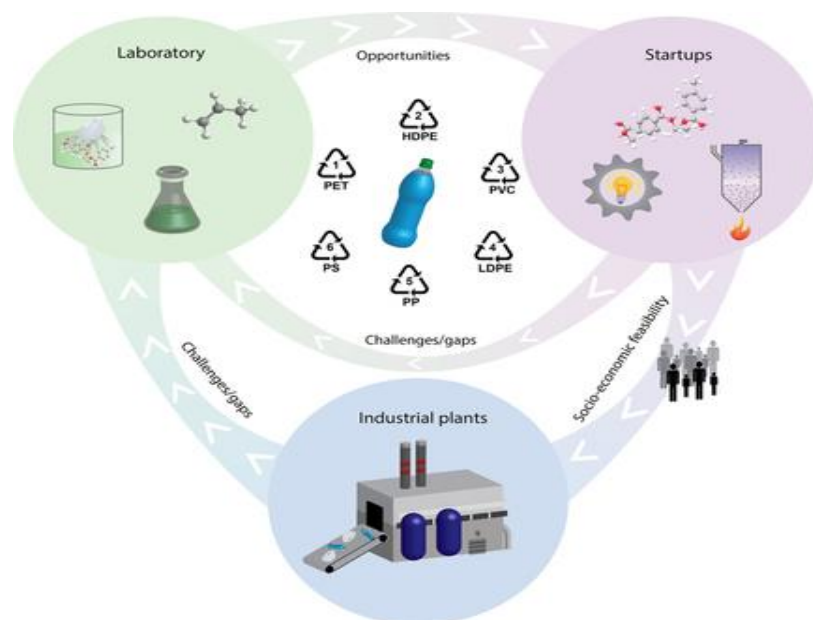
Главне методе рециклаже PVC пластичног отпада укључују убризгавање под притиском, екструзију, каландрирање и пресовање. Приликом обраде PVC отпада потребно је имати у виду његову недовољну термичку стабилност. Због тога се у састав полимерне мешавине додају стабилизатори и омекшивачи, што ће омогућити да се избегне процес механичког уништења. Утврђено је да је применом одговарајућих стабилизатора могуће рециклирати PVC отпад чак 6 пута практично без промене његових физичко-механичких својстава².

² Chemicals of Concern in the Building and Construction Sector, Lead author: Amélie Ritscher United Nations Environment Programme, Economy Division, Chemicals and Health Branch

ИНДУСТРИЈА ПЛАСТИЧНИХ И ГУМАРСКИХ ПРОИЗВОДА



Пластика се може више пута користи у новим производима. Примењују се методе помоћу којих се нова пластика може произвести од 100 % рециклираног материјала. Овај развој је могућ захваљујући хемијској рециклажи, кроз коју се полимерни ланци прво разбијају да би се затим реформисали у нове молекуле, као што су пластика, али и друге хемикалије³.



Повећање циркуларног тока рециклиране пластике захтева приступ који превазилази традиционално рециклирање путем топљења и поновног екструдирања. Различити процеси хемијског рециклирања имају велики потенцијал да повећају проценат рециклаже. Различити начини хемијског рециклирања и процена путем анализе животног циклуса производа и хемикалија приказује процесе применљиве за специфичне токове пластичног отпада. Само комбинација различитих технологија може решити проблем пластичног отпада. Истраживања треба да се фокусирају на реалистичније, контаминираније и мешовите токове отпада, док ће инфраструктура за прикупљање и сортирање морати да се унапреди, односно да се адекватно примењује законска легислатива. Неопходно је укључити научна истраживања и иновације за производњу производа веће вредности и квалитета од рециклирања пластике погодних за поновну употребу или валоризацију како би се створио неопходан економски и еколошки подстицај за циркуларну економију.

Хемијска рециклажа пластичног отпада релевантна је и у контексту одрживости фосилних горива у будућности од којих се 6 % тренутно користи за производњу пластике. Очекује се да ће се овај број знатно повећати због декарбонизације сектора енергије и мобилности, док је потражња за пластиком расте због повећања стандарда и урбанизације на глобалном нивоу.

Што се тиче тренутног законодавног подстицаја за рециклажу, правно обавезујућа регулатива ЕУ наводи да ће се сва пластична амбалажа моћи рециклирати на исплатив начин или поново користити до 2030. године и има за циљ да учини рециклирање профитабилним за предузећа. Такви правни покретачи ће подстакнути надлежне органе као и индустрију да се позабаве рециклажом пластике, идеално на начин који је циркуларни и омогућава стварање вредности.

³ Beyond Mechanical Recycling: Giving New Life to Plastic Waste; Angew. Chem. Int. Ed. 2020, 59, 15402 – 15423

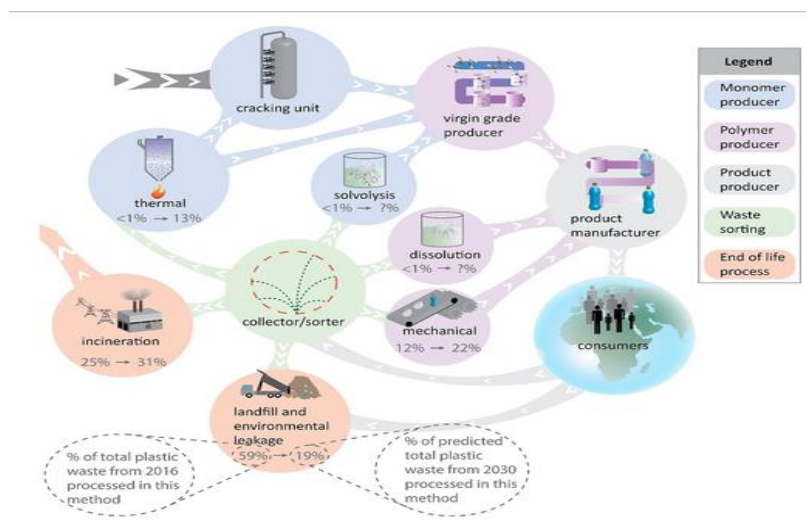
Друге иницијативе су у току, укључујући национална и европска удружења произвођача пластичних материјала и производа.

Пошто је механичко рециклирање обично праћено деградираним својствима пластике, потребно је пронаћи алтернативне начине за рециклирање пластике. Фокусирање на (каталитичку) пиролизу ка производњи мономера и олигомера, као и солволитичке начине добијања, са циљем развоја циркуларне економије, у којој се мономери и олигомери могу поново полимеризовати након пречишћавања и користити у истим или сличним применама као и еквивалент примарног полимера, који се производи од фосилних горива. Технике растварања/таложња и поновног циклуса, као и нове технологије хемијске рециклаже, кључни су у развоју циркуларне економије за пластику, подржавајући повећање од садашњих 12 % глобално рециклиране пластике, истовремено пружајући решења где механичка рециклажа није могућа, као што су фолије, контаминирани и помешани пластични отпадни токови, као и производи вишеслојне амбалаже. Потребни су заједнички напори целе индустрије за производњу пластике да би се постигли (нпр. ЕУ) циљеви рециклирања пластике, укључујући произвођаче полимера, рециклере, као и надлежне органе, истраживаче и потрошаче.

Улога хемијске рециклаже у циркуларној привреди

Отпадна пластика се може разврстати по врстама полимера и то: полипропилен (PP), полиетилен високе густине (High density polyethylene - HDPE), полиетилен ниске густине (Low density polyethylene - LDPE), полиетилен терефталат (PET) и полистирен (PS) коришћењем серије ротационих бубњева за сито, фазног сортирања и прања. То доводи до гранулата који се могу рециклирати углавном механички у пластичне производе који нису намењени за амалажу хране, као што су различити типови амбалаже, композитне материјале и сл. Стварна употреба рециклиране пластике у новим пластичним производима је у просеку око 12 %. док се глобално 40 % одлаже на депоније, а 32 % одлази у животну средину. Стога, постоји јасна потреба и потражња за драматичним побољшањима како у прикупљању тако и у рециклажи, такође због тога што се отпад отпрема у друге земље без одговарајуће инфраструктуре за управљање отпадом за прераду и изазива еколошку и етичку забринутост.

Због тога хемијски процеси рециклаже могу да појачају циркуларни ток материјала уобичајених полимера и да се на тај начин избегне одлагање на депонијама, спаљивање и извоз у друге земље.



На слици је приказана илустрација замишљеног кретања пластике који би се могао побољшати преласком на циркуларност. Тренутно се већина пластике спаљује или одлаже на депонију, јер прикупљањем и сортирањем настају веома контаминирани и помешани токови пластичног отпада. Боље технике сакупљања и сортирања доводе до токова пластичног отпада који се може рециклирати различитим хемијским методама рециклирања.

Солволиза

PET је посебан случај већ чистог мономера са само 16 ppm поливинил хлорида (PVC), 29,4 ppm других примеса и 4,1ppm полиамида (PA). Рециклирана смола се, међутим, меша са примарном PET смолом да би се одржала боја и структурни интегритет. Алтернативно, веома добро сортирани токови отпадног PET који садрже само мали удео у ppm полиестре и полиамиде могу се деполимеризовати у мономере солволизом и користити за производњу полимерних смола од стране произвођача полиетилен терефталата.

Процеси растварања/таложјења

Најсвестранији процес за растварање/таложјење адекватан је за експандирани и екструдирани полистирен који садржи хексабромциклододекан (HBCD), из отпадне електричне и електронске опреме (WEEE), пластике као и за отпадну полистирен (PS) амбалажу. Процеси растварања/таложјења могу одвојити један полимер од мешавина полимера који су присутни у вишеслојним филмовима, често полипропилен/полиамид (PP/PA) или полипропилен/полиетилен терефталат (PP/PET) или WEEE пластике. На пример, процес растварања и таложјења може да одвоји полимере вишеслојне фолије које такође садрже алуминијумску фолију постепеним растварањем у метилциклохексану, полоетилен (PE) и PP уз повећање температуре. Посебну категорију процеса раздвајања вишеслојних филмова и ламината у којима се користе растварачи, али не захтевају потпуно растварање полимера је раслојавање вишеслојних слојева бубрењем полимера у растварачу са ниским кључањем. Излагање топлој води изазива истицање растварача и ослобађање жељених полимера, који се могу одвојити због разлике у густини.

Процеси растварања/преципитације такође омогућавају уклањање боја и других адитива путем филтрације да би се произвеле смоле више чистоће, конкурентне примарном полимеру, и да се поново користе адитиви присутни у рециклираном пластичном материјалу. Чак је развијена техника рециклирања отпада од грађевинског стиропора тако што се уклања нежељени HBCD и не добија се само PS већ се може издвојити и елементарни бром, који се може користити за синтезу нових безбеднијих бромовани успоривачи пламена (BFR).

Избор еколошки прихватљивог растварача са високим капацитетом растварања који се лако може повратити често одлучује о судбини развоја процеса растварања/таложјења. Зелени ароматични растварач високог кључања, цимен, добијен из отпадних токова индустрије цитрусног воћа, користи се за добијање PS из амбалаже, раствара и PP у суперкритичном бутану након чега следи таложјење након декомпресије.

Поновна употреба при чему настаје производ вишег квалитета, као што су уметничка вредност или еколошка вредност (Upcycling)

Производња хемикалија од пластичног отпада које су вредније од мономера, полимера или сировина за парне крекере је алтернатива за валоризацију пластичног отпада. Тако је могуће од

полиетилену добити органске киселине које су неопходне у производњи материјала за перформансе, као што су растварачи и премази.

Термални путеви

Пиролитички поступак примењује се на релативно мешане токове пластичног отпада, али обрађује само мале количине других органских, PVC, полиуретан (PU) и PET нечистоћа у зависности од процеса. Обично се добијају производи слични гориву. У сарадњи са произвођачима полимера, уље за пиролизу је даље унапређено за производњу мономера за прављење примарних полимера.

Иако је добро истражен, веома мешани ток производа са угљоводонцима који обухвата различите опсеге тачака кључања од дизела до бензина и воскова ограничава применљивост пиролизе у стандардним реакторима и има довољно простора за побољшање. Пластика се заједно са катализаторима за крековање на бази силицијум/алуминијум оксида убацује у реактор за пиролизу на 350°C –360 °C. Тешке фракције катрана се одвајају од осталих производа и доводе у секундарну јединицу за каталитичко крековање, након чега следи интегрисана колона за фракционисање која садржи фиксни слој катализатора.

Хемијска рециклажа

Хемијска рециклажа ће играти важну улогу јер се употреба пластике може смањити само у ограниченој мери, а бољи дизајн паковања, односно избегавање композитних и вишеслојних материјала, може само да олакша рециклажу, али не и да елиминише проблем пластичног отпада. Поновна употреба је могућа само у врло ограниченим случајевима, док механичка рециклажа доводи до нижег квалитета материјала и не може се применити на све пластичне материјале. Међутим, свако рециклирање пластике зависи од побољшања чишћења и сортирања, на пример, помоћу паметних и аутоматизованих сензорних система. Пример за то је полимер који се највише рециклира, PET из боца, за који у неким земљама постоје ефикасни системи прикупљања. Постоји јасна неусклађеност у чистоћи истраживане идеалне пластике (мешавине) и доступних токова пластичног отпада из стварног живота, што отежава комерцијализацију.

ПРОЦЕС	ОПИС
Механичка рециклажа (такође: секундарна рециклажа)	Физички третман пластике за добијање потрошачког производа од пластичног отпада. Најчешћи процес механичке рециклаже укључује топљење и поновно екструдирање пластике.
Хемијска рециклажа (такође: терцијарна рециклажа, рециклажа сировина)	Уместо пуне физичке трансформације облика и макроскопских својстава пластике, хемијске промене се врше раскидањем веза. Често је циљ деполимеризација полимера у мономере. Они се могу користити за синтезу нових полимера, али могу настати и други хемијски градивни блокови. Рециклиране сировине се користе као сировине за прављење нових полимера који су или директно мономери или сировина нафта

	која личи на производ који се може убацити у парне крекере за производњу мономера.
Деполимеризација	Разбијање веза полимера да би се формирали мономери или олигомери. Често се формирају и други споредни производи услед споредних реакција или интеракције са реактивним медијумом присутним током деполимеризације.
Термохемијски путеви	Укључује све процесе (нпр. пиролизу, хидропиролизу, гасификацију) који разбијају полимерне везе искључиво путем уноса топлотне енергије. Ово се може постићи у инертној (тј. N_2) или реактивној (тј. H_2 или O_2) атмосфери. Ови процеси се најчешће примењују на полиолефине, али су такође проучавани за полистирен (PS), полиетилен терефталат (PET), полиметил метакрилат (PMMA) и нечистоће других полимера.
Пиролиза (такође:термолиза, термичкокрековање, каталитичко крековање)	Током пиролизе (-(-lysis, грчки за дисоцијацију) хемијске везе пластике се прекидају услед топлотне енергије. Пластика се загрева у инертној атмосфери (тј. N_2) док се не формирају трајни гасови, течности и воскови. Овај процес обично даје веома мешану струју угљоводоника. Овај процес се такође назива каталитичко или термичко крековање у зависности од тога да ли се користи катализатор. Ликвефакција се односи на пиролизу или хидропиролизу под притиском.
Хидропиролиза (такође:хидрогенолиза, хидрокрековање)	Термичко распадање пластике под атмосфером H_2 . Тачније, хидрогенолиза се односи на цепање C-C везе након чега следи хидрогенација на монофункционалном металном катализатору. Хидрокрекинг се односи на исти процес на монофункционалном киселинском катализатору или на бифункционалном катализатору који садржи метално и кисело место (бифункционални хидрокрекинг).
Солволиза	Солволиза је применљива на полимере са хетероатомима у полимерном ланцу и не може се користити за разбијање C-C веза. Процеси солволизе су названи по коришћеном агенсу за цепање и укључују хидролизу, алкохолизу (гликолизу и метанолизу), фосфоролизу, амонолизу и аминолизу. Етарске, естарске и киселинске амидне везе могу се расцепити на овај начин.
Растварање/таложјење	У овом процесу се раствара пластика која садржи адитиве и нечистоће других полимера или материјала. Растварач се бира тако да селективно раствори жељени полимер. Нежељени адитиви се филтрирају и жељени полимер се исталожи. Строго говорећи, растварање/таложјење није процес хемијског рециклирања јер се обично не цепају никакве везе. Међутим, пошто је неопходно основно знање о хемикалијама да би се

	разумела интеракција rastvarач/полимер, дизајн rastvarача и обнављање rastvarача, овај процес се често сматра хемијским рециклирањем.
--	---

Хемијска рециклажа РЕТ отпада из боца безалкохолних пића за производњу полиестарских полемера (смола)^{4,5}

Материјал за РЕТ боце чини значајан део сировине за рециклажу пластике. Теоретски, постоји много крајњих корисника, али мало је захтева за мање пречишћене врсте рециклираног РЕТ-а. Трансформација рециклираног РЕТ (rРЕТ) користећи поступак гликолизе за производњу незасићене полиестарске смоле је све више у употреби на глобалном нивоу. Са све већом употребом отпада од РЕТ који загађује океане и животну средину, рециклирање РЕТ отпада постало је кључно питање које треба превазићи. Постоје различите технологије које су развијене за рециклажу РЕТ отпада и уобичајених путева за рециклирани РЕТ (rРЕТ).

РЕТ је једна од највреднијих пластика која се најчешће користи у производњи боца безалкохолних пића. Са све већом применом и смањењем цена, РЕТ је постао симбол једнократне употребе у потрошњи и самим тим штетан материјал који изазива забринутост у релативно новијим питањима заштите животне средине, јер је веома отпоран на атмосферске и биолошке агенсе. Стога је неопходност проналажења једноставног и економски исплативог начина за рециклажу отпадног РЕТ важна пракса за одрживу циркуларну економију и доприноси смањењу употребе сирових петрохемијских производа и енергије. Већина досадашњих истраживања се бавила производњом производа добијених гликолизом РЕТ као што су незасићена полиестарска смола, полиуретанска пена, полимер бетон и полимерни композити са арматуром.

Љуспице добијене од отпадне РЕТ амбалаже се користе као сировина за производњу материјала за различите намене. Узимајући у обзир да је на глобалном нивоу производња РЕТ износи скоро 30,5 милиона метричких тона, неопходно је пронаћи што више начина ефикасне примене РЕТ отпада.

РЕТ љуспице добијене из отпадног материјала се могу користити за синтезу незасићене полиестарске смоле. РЕТ љуспице су деполимеризоване коришћењем неопентил гликола (NPG) и пропилен гликола (PG). Гликолизовани производ реагује са анхидридом малеинске киселине и анхидридом фталне киселине и додаје се стирен мономер и на тај начин добија се незасићена полиестарска (UP) смола која се може користити за добијање различитих композитних материјала.

UP смоле се користе као пластика веће чврстине и у широкој су употреби због ниске цене и широког спектра примене. Незасићена полиестарска смола је раствор незасићеног полиестра у мономеру ниског вискозитета, који такође садржи двоструке везе угљеник-угљеник. Најчешћи мономер који се користи је стирен. Двоструке везе угљеник-угљеник у UP могу да реагују са двоструким везама угљеник-угљеник у мономеру помоћу реакције полимеризације покренуте радикалима. Овај процес се назива очвршћавање или умрежавање.

⁴ International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology;
(IJRASET) ISSN: 2321-9653; IC Value: 45.98; SJ Impact Factor: 7.538 Volume 10 Issue

⁵ Synthesis of Unsaturated Polyester Resin Based on Pet Waste Vanaja Kumary Nair1 , Deepali Kulkarni 2 1, 2 School of Polymer Engineering, Dr. Vishwanath Karad MIT World Peace University

Производ постаје чврст материјал, који се (за разлику од термопластичних полимера) више не топи током загревања. UP смоле могу испунити специфичне захтеве правилним izborом хемијских градивних блокова. Најчешће коришћени диоли су етиленг гликол (EG), пропилен гликол (PG) и неопентил гликол (NPG), док се као киселине укључују анхидрид фталне киселине, изофтална киселина, адипинска киселина, анхидрид малеинске киселине и фумарна киселина. Сваки од ових материјала може утицати на коначна својства производа. На пример, смола опште намене се добија поликондензацијом пропилен гликола, малеинског анхидрида и фталног анхидрида.

Коришћењем терефталне киселине уместо анхидрида фталне киселине, побољшавају се одређена својства као што су отпорност полимера на промене под датим оптерећењем на повишеној температури и хемијска отпорност. Отуда, UP смоле које имају терефталатну базу у својој структури су једне од најкориснијих и најразноврснијих полиестарских смола. Дакле, формулације које укључују терефталну киселину су скупље, док UP смоле припремљене од гликолизованог PET отпада нуде неке економске предности. Штавише, синтеза незасићеног полиестра из рециклираног PET знатно утиче на смањење загађења животне средине. Стога је концепт припреме незасићене полиестарске смоле од гликолизованих PET производа добро развијен.

Гликолиза PET са гликолима у присуству цинк ацетата даје терефталне олигомере трансестерификацијом. Након тога олигоестар диоли реагују са малеинским анхидридом и другим двобазним киселинама да би формирали незасићени полиестар. Због важности горе наведених реакција, утврђена су многа истраживања о гликолизи PET отпада. Испитивани су различити важни фактори као што су реакциони услови (температура, притисак, време гликолизе), врста гликола и однос реактанта. Енергија активације за некатализовану гликолизу је око 32 kcal/mol, док је за правилан катализован процес потребно мање од 20 kcal/mol. Коришћени су различити катализатори који садрже метал, као што су цинк ацетат, кобалт или манган ацетат и титанијум алкоксиди или друга једињења титанијума као што је једињење титан (IV) фосфата да би се олакшао процес. Најефикаснији катализатор је цинк ацетат.



Различите технологије рециклаже као што су реактивно екструдирање, хемијско рециклирање и растварање/таложње показују специфична својства због утицаја различитих концепата од једне технологије до друге. Нови тренд назван електропредење gPET за производњу нановлакна такође

је привукао пажњу да се користи за различите примене. Примена различитих технологија кроз хемијску рециклажу РЕТ отпада има велику примену у различитим областима као што су грађевинарство, текстил, филтрација и биомедицинска примена⁶.

⁶ Chemical transformation of pet waste through glycolysis, Authors: Magdy Y. Abdelaal, Tariq R. Sobahi, Mohamad Saleh I. Makki, Chemistry Department, Faculty of Science, King Abdulaziz University

ИНДУСТРИЈА ПАПИРА И КАРТОНА



Индустрија целулозе и папира један је од највећих потрошача дрвета данас. Упоредо са повећањем светског економског раста, будући да потрошња расте упоредо са повећањем људске популације, очекује се значајно повећање у потрошњи папира. Као резултат тога, због све веће сече дрвећа, индустрија папира би могла да суочи са ограниченим ресурсима у погледу сировина, уз истовремено смањење раста ове индустрије и нарушавање природне равнотеже, тако да рециклажа доприноси привреди земље и враћа се природи оно шта узимамо од ње. Из тог разлога, „рециклажа папира“, као решење овог проблема, привлачи све више пажње и нуди ефикасан начин да се сачувају ресурси и уштеди енергија и простор на депонијама.

Отпадни папир је важна сировина која се може рециклирати и има економску вредност која се може користити у производњи многих врста папира и има сопствено тржиште.

Неизбежна је чињеница да употреба старог папира има многе економске и еколошке користи. Неке од ових предности могу се навести на следећи начин:

а) Индустрија отпадног папира има извор сировина од којег не зависе шумски ресурси, па се ограничени шумски ресурси могу рационалније користити за индустрију папира и других производа;

б) Постоји посебно тржиште за целулозу за отпадни папир. Из тог разлога, рециклирана влакна могу да буду алтернативни и безбедан извор у складу са функционисањем које се може појавити на тржишту дрвне целулозе;

ц) Процес рециклаже старог папира се обавља лако, користећи мање хемикалија и енергије у поређењу са производњом дрвне целулозе, цена секундарне целулозе је генерално јефтинија од дрвне пулпе истих карактеристика;

д) Смањује се загађење животне средине коришћењем старог папира;

е) Влакна отпадне пулпе без мастила имају високу непрозирност, што може бити корисно у неким процесима штампања;

ф) У структури папира која се састоји од секундарних влакана, увијање, агломерација итд. су у извесној мери смањени, јер је утицај влаге на влакна смањен. Могу се производити мекши, упијајући производи од папира.

г) Машине и опрема која се користи за прераду папира од секундарних влакана су сличне опреми у погонима који служе за традиционалну производњу производа од дрвне масе. Довољно је модификовати само неку опрему и кораке процеса.

Фазе рециклаже отпадног папира⁷

Процес прављења пулпе и раскидање веза у влакнима папира-дезинтеграција

Комади отпадног папира заједно са врућом водом се у мешалици званој пулпер разграђују применом хидрауличке и механичке силе и раздвајају на влакна (влакно се отвара). Температура је углавном 60-80°C. У овој фази се додају хемијске супстанце које олакшавају уклањање мастила и раздвајање папира на влакна. Густину у пулперима треба прилагодити температури, времену и

⁷ Current Studies in Agriculture, Forestry and Aquaculture Sciences (pp.49-65), Publisher: Duvar Publishing, First Edition-September 2021

количини хемикалија, квалитету отпадног папира, процесу прераде пулпе и врсти коначног производа.

Мешање, тј. гњечење пулпе

Процес мешања је важан да би додате хемикалије постигле жељени ефекат. Када се процес мешања не обави како треба, ефекат хемикалија се смањује и процес се успорава. Поред тога, када се процес мешања правилно обави, температура се хомогено распоређује на материјал и очекивани ефекат је реализован. Уопштено, мешање и гњечење се врши на 25-30% концентрације и на 72-83 °С.

Скрининг процес-просејавање

Пулпа се провлачи кроз сита који садрже разне рупе и прорезе облика и величина. Прво се уклањају мали загађивачи као што су комадићи пластике и куглице лепка. Овај процес се назива скрининг или просејавање. Поред тога, пулпа такође може да се врти у великим цилиндрима у облику конуса. „Тешки“ загађивачи (нпр. спајалице) се избацују из конуса преко центрипеталних сила, док се „лакши“ загађивачи скупљају у центру конуса и уклањају. Овај процес се назива чишћење.

Следећа фаза у процесу рециклирања папира укључује уклањање мастила и уклањање мастила од папирних влакана старог папира. У овој фази се такође уклањају остаци лепка и лепкови.

Процес уклањања мастила

Мастило је мешавина хомогене боје која омогућава да се дизајн репродукује штампањем на одређеним материјалима. Мастило је сложена група производа коју чине следеће компоненте:

- Пигменти
- Носећи флуиди
- Пунила
- Конектори
- Помоћне пасте
- Сикативи

Основна сврха уклањања мастила је да се произведе пулпа жељене белине и без видљивих мрља од мастила голим оком. Овај процес захтева потпуно уклањање честица пигмента већих од 40 микрона из пулпе. Да би повећали оптичко својство које се зове белина или сјај, потребно је обезбедити уклањање мањих честица.

Процес уклањања мастила са отпадног папира одвија се у две главне фазе:

1. Хемијским третирањем. У овој фази папир је густ и мастило на њему је растворено.
2. Механичким третирањем. Растворено мастило се одваја од пулпе механичким прањем. Као резултат ефикасног уклањања мастила, осветљеност се може повећати за 15-20%.

Методe уклањања мастила могу се поделити на следећи начин:

- I *Хемијске методе*
 - а. Прање
 - б. Флотација

ц. Комбиновани процес (прање и флотација)

II *Метода белјења*

III *Ултразвучне методе*

IV *Биолошке методе*

V *Уклањање мастила хемикалијама*

Хемијске методе

Прање

То је метода прања пулпе за уклањање мастила, филера и других непожељних загађивача из пулпе. Ефикасност прања зависи од величине честица контаминације. Са овом методом је могуће уклонити честице мање од 10-15 микрона. Међутим, овом методом се најефикасније уклањају честице између 0,5-5 микрона. Ефикасност у процесу прања варира између 75% и 90%, у зависности од коришћених материјала и структуре папира.

Флотација

Процес флотације се врши убацивањем ваздуха у раствор папира који је помешан са сурфактантом, након чега се убацује у котао где се формира пена за коју се лепе честице мехурића мастила. Честице мастила које се држе за ваздушне мехуриће излазе на површину и уклањају се са површине.

Иако се чини да је процес флотације врло једноставан процес раздвајања, то је заправо сложен процес на који утичу многи фактори. Ови фактори су количина честица мастила, величина, облик, густина, хемијски реактивна површина честица и агрегатно стање, тип ваздушних мехурића, број, величина, структура, начин мешања, интензитет, време и што је најважније, услови процеса. Фактори који такође у великој мери утичу на процес флотације су тип отпадног папира, количина и врста мастила, количина неорганичког материјала, карактеристике влакана, концентрација, температура, време обраде, дизајн флотационе ћелије, рН околине итд.

Флотација је сложен физичко-хемијски процес при којем се врши уклањање хидрофобних суспендованих, колоидних и делом растворених честица, уз помоћ мехурића гаса. На површини течности формира се пена (издвојене нечистоће) која се континуално одводи скимерима. Код флотације егзистира изузетно сложен систем течно-чврсто-гас, тако да се дешава и велики број сложених феномена преноса. С обзиром да су честице присутне у суспензији често хидрофилне, да би процес флотације био ефикасан потребно је претходно променити својства квашљивости присутних честица уз помоћ сурфактаната са поларно-неполарним молекулима. Молекули се адсорбују на површину хидрофилних честица тако што се угљоводонични део молекула оријентише према запремини течности чинећи тако настале комплексе хидрофобним.

Флотација се углавном одвија у алкалним срединама (рН 7-10), при садржају чврстог дела 0,7-1,5 %, а хемикалије које се користе у процесу флотације су масти и смеше производа при преради нафте, дрвета и угља, киселине угљоводоничног низа (C₄ - C₂₀) или органска једињења са сулфатним јоном. Прерада отпадног штампаног папира одвија се кроз две фазе као примарна флотација и секундарна флотација. У примарној флотацији одвајају се графичке боје и друге нечистоће из система, док се у секундарној најчешће кроз две флотационе ћелије пречишћава пена (исфлотиране нечистоће) да би се смањио губитак влакана. Између две фазе флотације постоји међуфаза, диспергација (садржај чврстог дела 22-32%), која има улогу додатне дезинтеграције тј. раскидања веза графичких боја и избелјивања влакана ради постизања одговарајуће белине.

Комбиновани процес (прања и флотација)

Са развојем штампе почеле су да се користе и штампарске боје за папир које се разликују према свакој техници штампе. У неким случајевима није могуће уклонити ова мастила са папира само помоћу методе прања или флотације. У том случају, ефикасније је користити методе флотације и прања заједно. На пример, ако се жели ефикасно уклањање мастила од флексо и офсет штампе, примена комбинованих процеса је много ефикаснија него коришћење појединачних метода.

Поређење процеса прања и флотације

- *Метода прања*
 - Захтева мање улагања
 - Могуће је направити у већим капацитетима
 - Погодно за стари и прљав папир
 - Могу се користити јефтиније хемикалије
 - Принос је између 75-90%
 - Губитак финих влакана и пунила је већи
 - Потрошња воде је велика
 - Избељивање је неопходно
- *Метода флотације*
 - Принос је између 85-95%
 - Губитак танких влакана и пунила је мањи
 - Потрошња воде је мања
 - Загађење воде је мање
 - Избељивање можда неће бити потребно
 - Захтева велика улагања
 - Погодан је за послове малог капацитета
 - Коришћене хемикалије су скупе
 - Погодно за стари и чист папир

Метода бељења

Ако се супстанце из пулпе не могу уклонити горе наведеним методама, може се применити бељење. Најчешће коришћене хемикалије за избељивање су натријум хипохлорит, формаидин сулфатна киселина и водоник пероксид.

Ултразвучна метода

Ултразвук је звучни талас са високим фреквенцијама да би их људи могли чути. Звучни таласи испод 20 Hz називају се инфразвуци и тешко их је чути. Звуци између 20Hz-20,000 Hz су механички таласи који се чују. Звуци изнад 20,000 Hz су нечујни звуци и називају се ултразвуком.

Ефекти који се јављају при примени ултразвучне енергије на материјал у течном медијуму подељени су у три класе:

1. На површини материјала долази до одређеног разарања и деградације са ударом звучног таласа;
2. Честице у течности се брзо сударају;
3. Фрагментација и скупљање се виде у честицама које не могу да издрже звучну енергију.

Биолошке методе (ензимске методе)

У процесу рециклаже старог папира, неки ензими се користе приликом обраде мастила. То су ензими ксиланаза, целулаза, хемицелулаза, естераза, липаза, лигнинолитички и пектински ензими. Примена ензима је еколошки прихватљива, мање штетна метода бељења.

Користи се за спречавање или смањење употребе хлорних избељивача. Најефикаснији и најчешћи ензим који се користи у ензимском бељењу је ксиланаза. Ксиланаза раскида ковалентне везе између хемицелулозе и лигнина у пулпи, ослобађајући лигнин и хромофоре. Поред тога, ксилан, који се поново таложи на влакнима након процеса кувања, обезбеђује реполимеризацију и олакшава дејство избељивача хемикалије у наредним фазама избељивања. Други ензими који се обично користе као ензим ксиланаза су хемицелулаза и целулаза ензими. Заједничка сврха свих коришћених ензима је да разбију везе на површини влакна или близу честица мастила и олакшају уклањање мастила прањем или флотацијом.

Уклањање мастила хемикалијама

Најшире коришћена конвенционална техника уклањања мастила укључује различите хемикалије као што су натријум хидроксид, натријум силикат, водоник пероксид, хелататори и сурфактанти.

Натријум хидроксид (NaOH): NaOH се користи као алкални агенс који олакшава бубрење влакана и на тај начин доводи до повећања везе између влакана. Код конвенционалног хемијског уклањања мастила, пораст осветљености може бити последица присуства H₂O₂. Употреба натријум хидроксида може изазвати жутило пулпе.

Натријум силикат (Na₂SiO₃): Натријум силикат, се додаје пропорционално другим хемикалијама током процеса прављења пулпе, користи се у јединици за флотацију како би се спречило да се честице мастила одвојене од пулпе поново залепе за пулпу током флотације.

Водоник-пероксид (H₂O₂): Водоник-пероксид је једна од најчешће коришћених хемикалија у рециклажи старог папира. Његов примарни задатак је да осветли боју и повећа осветљеност. Користи се за спречавање жућења изазваног натријум хидроксидом у пулпи.

Сурфактанти: Осигурава да се честице мастила одвојене од влакана у јединици за флотацију изнесу на површину и одбаце. Најчешће коришћени сурфактанти су олеинска и стеаринска киселина.

Натријум хипохлорит (NaClO): Натријум хипохлорит (NaClO) је оксидативно средство за избељивање које се може формирати реакцијом хлора (Cl₂) са NaOH.

Натријум хидросулфит (Na₂C₂O₄): Такође се назива натријум дитионит, користи се у индустрији целулозе и папира у облику праха или течности. Растворљивост натријум хидросулфита у води је приближно 8% на 20°C. Један од изазова употребе натријум хидросулфита је његова инхерентна нестабилност. Натријум хидросулфит у праху може да се распадне у присуству ваздуха, влаге, топлоте.

Формаидин сулфинска киселина (FAS): Такође познат као тиоуреа диоксид, има следећу молекулску формулу (CH₄N₂O₂S). Формаидин сулфинска киселина је јако редуцијско средство за избељивање које делује на боје присутне у рециклираном папиру. У алкалним условима, сулфитни анјон изазива избељивање.

Као оптичка средства за бељење влакана целулозе најчешће се користе натријум хипохлорит (NaClO) и водоник пероксид (H₂O₂). Употреба силиката и хелата је такође неопходна у циљу

деактивације јона метала (присутних у отпадном папиру), који би могли да каталитички разложе пероксиде.

Испирање пулпе⁸

Испирање се примењује да се одвоји прљавштина мање величине од влакана са минималним губитком влакана из суспензије пулпе. Принцип прања се огледа у испирању суспензије на ситиу већих отвора од пречника честица нечистоће, тако да на ситиу у надрешетном делу остају пречишћена влакна, а нечистоће пролазе кроз сито у подрешетни део. Процес испирања захтева потрошњу велике количине воде што овај процес чини неекономичним у поређењу са другим предходно описаним фазама. С обзиром на механички (уклањање честица боја и пуниоца) и хемијски (уклањање хемикалија) третман, третман водом додатно утиче на економске факторе, па у земљама у Европи ова фаза није саставни део технолошког процеса прераде старог папира. У овим земљама ситне нечистоће се укрупњују процесом агломерације и уклањају у фази флотације.

Након низа горе наведених процеса, отпадни папир се укључује у процес производње папира и картона за поновну употребу и рециклирање у производњи. Иако овај процес помаже да се реши недостатак сировина, такође је одличан допринос привреди земље и природном окружењу. Утврђено је да рециклажа папира доприноси и животној средини и привреди земље и да не изазива никакве негативне ефекте на квалитет штампе папира који се користе у штампарској индустрији. Целулозна влакна се скраћују на крају сваке фазе рециклаже, али се могу користити много пута.

Није увек потребно применити све фазе обраде јер њихова примена зависи од претходног сортирања, врсте и степена чистоће старог папира као и квалитета производа који се жели добити. Отпадни папир није хомогена секундарна сировина, јер се његов састав и сам квалитет разликују у зависности од његове првобитне намене (новински и магазински папир, канцеларијски и папир за штампање, картон). Међутим, без обзира на састав улазне секундарне сировине, основна технолошка шема рециклаже отпадног папира обухвата неколико фаза (дезинтеграција, просејавање, пречишћавање, прање и/или флотација, диспергација, белјење) које су генерално неопходне код процеса рециклаже отпадног папира.

У зависности од намене секундарних влакана целулозе, квалитет истих може се кориговати механичким или хемијским третманом. Механички третираном пулпом добијају се влакна целулозе која имају веће вредности коефицијента прскања и прекидне дужине, али је и број двоструких савијања већи. Хемијским третманом пулпе се утиче на повећање капацитета бубрења секундарне целулозе, а самим тим и на повећање потенцијала везивања влакана. Комбинацијом ова два третмана могуће је постићи тражени квалитет целулозних влакана за формирање и израду одређене врсте папира. Развојем циркуларног тока материјала у овој области потрошња енергије као и емисија гасова мања је мања у поређењу са потрошњом енергије и емисијом гасова који настају у процесу производње папира од примарних ресурса.

⁸ THE APPLICATION OF MINERAL PROCESSING TECHNIQUES FOR THE PRINTED PAPER RECYCLING, Maja S. Trumić, Milan Antonijević, Milan Ž. Trumić, Grozdanka Bogdanović, University of Belgrade, Technical faculty of Bor, Serbia

ТЕКСТИЛНА ИНДУСТРИЈА



Употреба текстила је у сталном порасту последњих деценија. Истовремено, просечан број коришћења сваког производа је смањен. Глобални трендови, као што су раст становништва и исцрпљивање природних ресурса, изазивају компаније да траже нова решења како би наставиле да буду успешне у будућности. Сваке године људи бацају одећу која је још увек у добром стању. Ови одбачени предмети вреде око 460 милијарди долара. Модни трендови се брзо мењају тако да се производе велике количине модних артикала ниског квалитета који се често користе кратко време и који се тешко рециклирају. Када би се удвостручио просечан број ношења одеће, емисије гасова стаклене баште из текстила биле би 44% мање. Око 70% текстила сакупљеног за поновну употребу извози се, али већина овог материјала ипак завршава као отпад који се спаљује. Због великог броја и количине хемикалија које се налазе у текстилу спаљивање може довести до емисије штетних хемикалија у вазух и допринети додатном загађењу.

Рециклирање текстила, као и поновна употреба истог се веома ретко разматра. Разлог за овакав приступ заснива се на чињеницама да је за сакупљање и сортирање коришћеног текстила захтевано ангажовање радне снаге, а постројења за рециклажу су пројекти великих размера који захтевају дугорочна улагања. Такође постоји недостатак инфраструктуре за сакупљање и сортирање коришћеног текстила. Велики проблем представља и сложена мешавина материјала у одећи, не само различита врста влакна (природна и синтетичка), већ и боје и хемијски премази, дугмад и рајсфершлуси, и сви додаци од нетканог материјала као што су кожа или латекс јер морају бити одвојени да би појединачне компоненте могле бити обрађене.

Поновно коришћење рециклираних влакана у одевним предметима не само да смањује количину сирових/изворних материјала који се користе у производњи, већ и минимизира укупну потрошњу воде, енергије и отпада. Многе компаније већ имају производе који су направљени од рециклираног садржаја.

Компаније за рециклажу текстила почеле су да користе отпадне текстилне производе као свој примарни извор материјала на пример за звучну изолацију (аутомобили, машине за прање веша), за производњу делова намештаја нпр. душеци. Само мали проценат рециклираног текстила након употребе се користи у индустрији за производњу текстила и одевних предмета.

У процесу рециклаже јако је важан процес карактеризације материјала који произилази из процеса разградње и проналажења за шта би се могли даље користити. На пример, ензими разлажу целулозу у глукозу, која се може користити као сировина за производњу биогорива. Они такође остављају за собом сићушне комаде памучних влакана који би могли да обезбеде лагану арматуру за бетон.

Хемикалије су есенцијална компонента у производњи текстила и одеће, као и у производњи свих других производа. Користе се у различитим фазама индустријског процеса, од прања влакана до бојења одеће, од штампања до завршне обраде текстила. Могу се додати и готовом производу да би се добиле посебне карактеристике, као што су антибактеријска својства у спортској одећи, отпорност на ватру за ватрогасна одела итд. У случају техничког текстила и личне заштитне опреме, хемикалије играју пресудну улогу у пружању посебних функционалности и омогућавању високих перформанси.

Изазови са којима се суочава текстилна индустрија приликом рециклаже:

- Недовољна законска подршка за процес циркуларне економије
- Висока цена затварања циркуларног тока за отпадни текстил
- Недостатак знања и напредног техничког решења за одвајање мешаних материјала.

Приликом рециклаже текстила неопходно да се улазни материјали класификују не само по садржају влакана (вуна, памук, вискоза итд.) али и у погледу боје, како би се избегли даљи процеси

бојења у процесу производње. Ово значи да приликом карактеризације отпада треба спровести и колориметријску и спектрофотометријску анализу. Рециклажа текстила може бити механичка, хемијска или термичка. Као сировина користи се текстилни отпад за израду истих или нових производа.

Механичка рециклажа материјала⁹

Механичка рециклажа укључује уситњавање текстилног отпада да би се добила нова влакна. Ово се најчешће ради са индустријским текстилним отпадом који настаје у процесу производње текстила нпр. (остатци од сечења). После сваког круга уситњавања, влакна постају краћа и слабија. Већина резултата механичке рециклаже су прерађена предива и/или разни материјали за изолацију и пуњење.

Механичка рециклажа коришћеног текстила укључује неколико корака процеса и излаза. Прва фаза је уситњавање текстила, користећи машине које механички секу тканину. Добијени комади се даље третирају на један од два начина: (1) ткањем исецканих фрагмената или (2) пређењем влакнастих материјала. У првом случају, могуће је ткати заједно текстилне фрагменте без производње предива, стварајући „неткане тканине“ које немају прецизну структуру и које се спајају кроз специфичне третмане, као што је уметање механичким притиском или уметање загрејаних пластичних филамената. Производи који настају су композитни материјали које произвођачи могу користити за прављење топлотних или звучно-апсорбујућих изолационих панела, као што су тапацирунг, кровни филц, облоге за намештај или изолација аутомобила, корисни у грађевинарству, индустрији намештаја или аутомобилској индустрији. Друга опција је „регенерација текстилних влакана“, која даје излазно предиво, које се затим користи за производњу текстила и нове одеће или предмета за домаћинство. Квалитет рециклираних тканина је нижи од квалитета оригиналних тканина, што значи мање мекоће и лошији изглед.

Хемијска рециклажа текстила¹⁰

Иако се чини да је хемијска рециклажа обећавајућа технологија, она није довољно развијена да постане лако уочљиво решење. У хемијском рециклирању, полимери се цепају у оригиналне мономере под контролисаним условима. Ови мономери се могу даље обрадити (пречистити) и синтетизовати у полиестар и полиамид. Ово се може урадити на пример са полиамидом 6 (РА6) и полиестером али то су још увек активности малог обима. На овај начин се добијају влакна имају исти квалитет као и изворна.

Када су у питању памучна и друга целулозна влакна, отпад прво треба да се пречисти уклањањем свих боја и завршних обрада, а касније деполимеризује да би се добио раствор целулозе. Раствор је прилично сличан раствору дрвне целулозе из вискозног или лиоцел процеса.

Текстилни отпад се такође може рециклирати у секундарне сировине за хемијску индустрију. Ово се може урадити пиролизом. У овом процесу текстилни отпад се загрева без кисеоника и разлаже се на мономере и олигомере. Ови производи се могу користити у хемијској индустрији или као гориво као што је уље за пиролизу.

Хемијско рециклирање пружа отворен потенцијал у поређењу са спаљивањем, хемијско рециклирање заиста може да уштеди емисије CO₂, посебно када се одабере права технологија.

⁹ PROSPERING IN THE CIRCULAR ECONOMY, European Apparel and Textile Confederation (EURATEX is the), January 2020

¹⁰ Circular Economy Action Agenda In partnership with TEXTILES, Platform for Acceleration the Circular Economy, February 2021

Рециклирање екструзијом

Топљење и екструзија нових влакана може се обавити само са 100% синтетичким влакнима као што су полиестер и полипропилен. Ова влакна, поново обрађена у монофиламенте, користе се за технички текстил или за бризгање калуповање. Нису погодни за текстилну индустрију јер чак и мале количине нечистоћа могу спречити предење влакана са више филамената. Најчешћи извор рециклираних полиестарских влакана који се користе у текстилној индустрији су ПЕТ боце. Међутим, то и даље је изазов добити висококвалитетна влакна из рециклираних ПЕТ боца.

Рециклирана влакна која се користе у текстилним производима а имају порекло из других грана индустрије

У текстилу се могу наћи рециклирана влакна настала као отпад из текстилне индустрије, али и из других грана индустрије. Природна влакна морају бити присутна у мешавини у распону од 10-30% укупне тежине мешавине. Регенерисана вуна је присутна у количини од 60% укупне тежине мешавине.

Плута је кора храстовог плутог дрвета и биолошки је обновљив, природан и рециклирајући материјал. Већина коришћене плуте тренутно се спаљује. Отпад од плуте који се не може поново користити претвара се у пасту и премазује се на текстилно предиво да би се формирало посебно предиво од плуте. Адитиви за отпатке од плуте могу се користити на предивима, плетеним, тканим и нетканим тканинама. Текстил који користи плуту је природан, има осећај топлине, хипоалергенски је са високом отпорношћу на трење и добром отпорношћу и користи се за различите примене у одећи, кућном текстилу итд.

Компанија за производњу вунених тканина, производи активну подлогу насталу од неткане тканине створена коришћењем постиндустријског текстилног отпада (нупроизвода) који долази из производног циклуса. Ова тканина је веома отпорна и способна да се распада током времена.

Једнократне пластичне боце и/или океански отпад се меша са памуком да би произвели пешкире који изгледају, осећају се и „раде“ као обични пешкири за хотеле, малопродају и индустрију крстарења. Сваки пешкир може да садржи до 10 рециклираних пластичних боца. То је 10 пластичних боца мање које ће завршити на депонији или у океану. Хотел са 100 спаваћих соба, који користи читав асортиман наших производа, могао би да спречи да више од 80.000 пластичних боца уђе у наше депоније или океане.

Полиестер је генерички термин за низ полимера добијених из нафте, али се углавном односи на полиетилен терефталат (ПЕТ). Глобално, ПЕТ чини око половину свих влакана у свим текстилима. Памук чини још једну четвртину, а остатак се састоји од других биљних влакана, као што су лан и конопља; производи животињског порекла, као што су вуна и алпака; друге синтетике, укључујући акрил и најлон итд. Коришћеним текстилом треба управљати на тај начин да се осигура здрава животна средина и очување индустрије. Трансформација текстилне индустрије је и хитно неопходна. Укључивање текстилне индустрије у циркуларну економију донеће не само еколошке и друштвене користи, већ и отворити значајне економске прилике у модној индустрији. Рециклажа текстила би могла да обезбеди јефтине сировине са малим утицајем на животну средину за многа поља примене, као што су аутомобилска индустрија, опремање, једрење или производња изолационих панела. Такође текстилна влакна се могу уситнити да би се користила као стабилизатори тла, на пример, или целулоза разбијена у глукозу која се може претворити у гориво. Чак и сагоревање полиестера за енергију је пожељније него извлачење више нафте из земље да би се произвела енергија.

АЛТЕРНАТИВЕ за примену у гумарској и индустрији прераде полимера, производњи предмета опште употребе, електронској, текстилној, индустрији грађевинских материјала и индустрији намештаја



Процена ризика алтернатива

Прелазак на безбедније алтернативне захтева више напора и представљаће већи изазов за индустрију. Алтернативе могу бити скупље, а њихова производња и употреба понекад и компликованија. Иако је тешко у потпуности проценити потенцијалне ризике алтернатива, замена већ доказано најопаснијих хемикалија (супстанци које изазивају забринутост или перзистентне органске загађујуће супстанце) не би требало да резултира стварањем нових еколошких проблема, односно хемикалија којом се мења опасна хемикалија не треба да буде исте или сличне токсичност као супстанца са којом се супституише.

У идеалном случају, алтернативе би требало да буду квантитативно процењене, укључујући процену ризика по здравље људи и животну средину, коришћењем података о опасним својствима алтернатива и процењене изложености, укључујући поређење података о токсичности или екотоксичности са откривеним или предвиђеним концентрацијама хемикалије које се очекује да ће се ослободити приликом очекиваног начина коришћења, а узимајући у обзир и податке о њиховој перзистентности, биоакумулативности и потенцијала за транспорт на велике удаљености. У недостатку експерименталних података о физичко-хемијским, токсиколошким и екотоксиколошким својствима, могу се користити и методе предсказивања својстава ((Q)SAR, Read Across методе, методе симулације транспорта супстанце на велике удаљености и сл.).

Међутим, таква потпуна процена ризика може бити велики изазов да се изрши адекватно, посебно због недостатака адекватних података за потпуну процену ризика и изложености. У том случају, треба уложити максималне напоре да се прикупи што више тачних података како би се осигурало да:

- 1. алтернативна хемикалија нема опасна својства која изазивају озбиљну забринутост, као што су мутагеност, карциногеност или токсичност по репродукцију, развојни поремећаји, поремећају у раду ендокриног, имунолошког или нервног система;**
- 2. Ризик који произилази из употреба алтернатива је знатно мањи од ризика који произилази из употребе хемикалије која се њом замењује, узимајући у обзир и процењујући све доступне податке о својствима алтернативе, укључујући и услове изложености.**

АЛТЕРНАТИВНИ ОМЕКШИВАЧИ ПЛАСТИЧНИХ МАСА КОЈЕ МОГУ ЗАМЕНИТИ ПРИМЕНУ ФТАЛАТА У ПРОИЗВОДЊИ И ПРЕРАДИ PVC ПЛАСТИКЕ



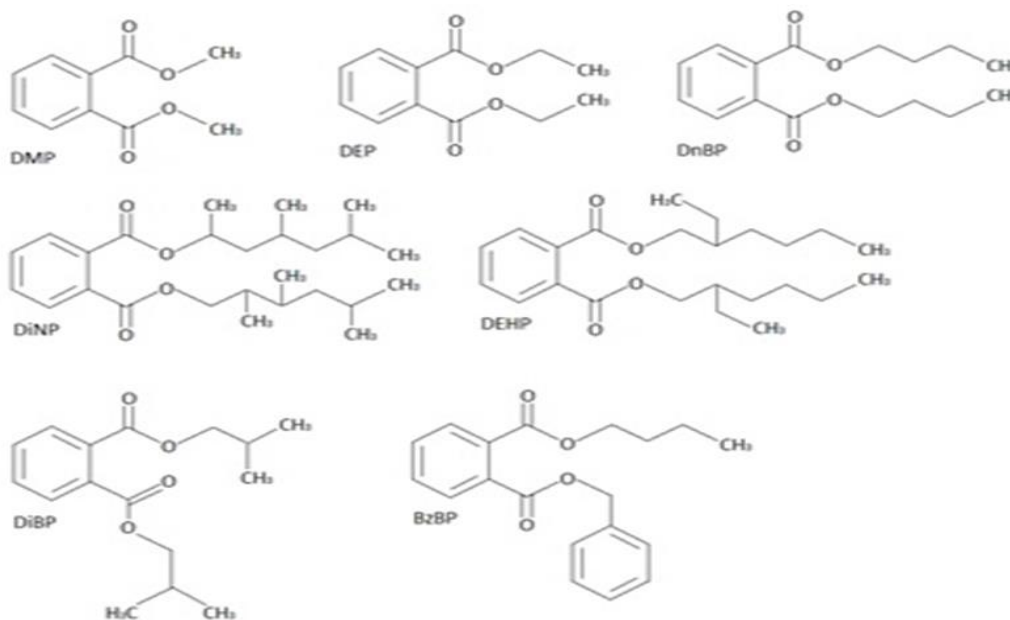
ПЛАСТИФИКАТОРИ (ОМЕКШИВАЧИ)¹¹

Пластификатори су супстанце које се додају пластичном материјалу (посебно PVC пластици) да би се повећала његова механичка својства, односно пластичност тј. његова флексибилност и издржљивост. Фталати су најчешће коришћени тип пластификатора и популарни су због своје релативно ниске цене, ниске испарљивости и способности стварања веома еластичних полимерних матрикса.

Фталати

Назив "фталат" потиче од фталне киселине, која се односи на три изомера - орто-изомер или фтална киселина, тере-фтална киселина и мета-изомер изофтална киселина. Естри фталне киселине се најчешће користе у производњи PVC-а, док се естри тере-фталне киселине користе у производњи боца за газирана пића. Естри изофталне киселине су најређе, али се ипак користе за стварање смола за бројне производе.

Најчешће коришћени фталати су орто-фталати и тере-фталати. Орто-фталати (у даљем тексту „фталати“), производе се реакцијом анхидрида фталне киселине са више врста алкохола као што су метанол, етанол и тридецил алкохол. Орто-фталати су подељени у две главне категорије: орто-фталати високе молекулске тежине (HMW) и нискомолекулске (LMW). HMW фталати имају 7-13 атома угљеника у окосници своје структуре, док LMW фталати имају 3-6 угљеникових атома. Када се ови молекули уграде у полимере, они смањују интеракције између суседних полимерних ланаца. Ово служи за повећање флексибилности пластике значајним снижавањем тачке остакљивања полимера. Ефекат који фталати имају на флексибилност и крутост полимера чини их идеалним, у механичком смислу, за употребу у многим различитим применама, укључујући за израду жице и каблова, подова, лепљивих фолија, медицинске опреме, козметику, пресвучене текстилне материјале, мембране, вештачке коже и аутомобилске пластике.



Комерцијални фталати у употреби

HMW орто-фталати представљају 70% тржишта пластификатора, док LMW орто-фталати чине око 5%. Још увек није утврђено да HMW орто-фталати изазивају поремећаје рада ендокриног система, да су карциногени, мутагени или токсични по репродукцију, међутим, на основу

¹¹ <https://calce.umd.edu/phthalate-risks-and-alternatives>

токсиколошких студија на глодарима ови фталати изазивају оштећења јетре, постоји разлог за забринутост и постоје ограничења у употреби DINP и DIDP у производима за негу деце.

ПРИМЕРИ ИНДУСТРИЈСКЕ УПОТРЕБЕ ФТАЛАТА

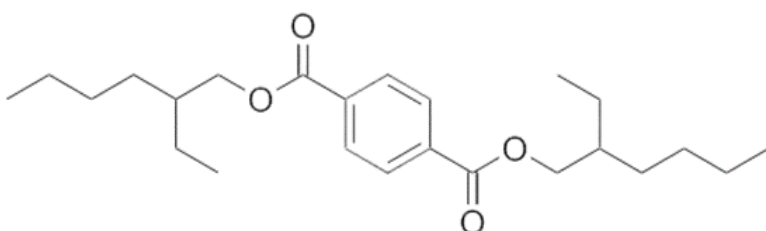
фталат	Назив фталата	Сврха коришћења	Производи у којима се могу наћи
DEHP	бис-етил хексил фталат (LMW)	Првенствено се користи као пластификатор у PVC-у.	Лутке, ципеле, кабанице, одећа, медицински уређаји (пластичне цеви и кесе за интравенско складиштење), намештај, пресвлаке аутомобила и подне плочице.
DINP	ди-изобутил фталат (HMW)	Првенствено се користи као пластификатор у PVC-у.	Грицкалице, звечке, лопте, кашике, играчке, рукавице, сламке за пиће, гума, лепкови, мастила, заптивачи, боје и лакови, храна и употреба у вези са храном, одећа, обућа и унутрашњост аутомобила и јавног превоза.
DBP	ди-бутил фталат (LMW)	Користи се као пластификатор за PVC, поливинил алкохол (ПВА) и гуму. Такође се користи као растварач и фиксатив у бојама и козметици.	Латекс лепкови, заптивачи, производи за негу аутомобила, козметика, нека мастила и боје, инсектициди, материјали за умотавање хране, кућни намештај, боје, одећа и фармацеутски премази. Понекад може бити присутан у играчкама као нечистоћа или нуспроизвод у траговима.
DIDP	ди-изобутил фталат (LMW)	Првенствено се користи као пластификатор у PVCу.	Електрични каблови, вештачка кожа за унутрашњост аутомобила и PVC подови.
DnOP	ди-н-октил фталат (HMW)	Првенствено се користи као пластификатор у PVC-у.	Подови, цераде, облоге за базене, поклопци за флаше, транспортне траке и баштенска црева.

<p>ВВР</p>	<p>бензил бутил фталат (LMW)</p>	<p>Користи се као пластификатор за PVC, полиуретанске, полисулфидне и полимере на бази акрилата.</p>	<p>Винилни подови, заптивачи, лепкови, производи за негу аутомобила, украси за аутомобиле, покретне траке за храну, материјал за умотавање хране и вештачка кожа.</p> <p>Ниске концентрације су откривене у опреми за бебе и дечијим играчкама као нуспроизводима и нечистоћама, које нису намерно додате тим производима.</p>
-------------------	----------------------------------	--	--

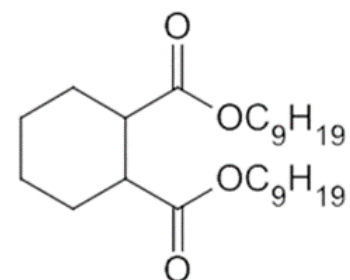
АЛТЕРНАТИВЕ ФТАЛАТИМА

Потреба за алтернативама за фталате навела је произвођаче да дизајнирају безбедније алтернативе које деле многа својства пластификатора фталата без изазивања ендокриног поремећаја. Према једној од студија које су спровели Grei et al, сматра се да је **ди(2-етихексил) терефталат (DENT, погледати доле леву страну слике)** алтернатива за фталате која не изазива поремећај у сексуалном развоју код мужјака мишева у односу на DEHP. Ово може бити због структуре DENT -а. DENT је терефталат, који има естарске групе на супротним странама фенилог прстена, за разлику од група које су суседне једна другој код фталата. Оваква молекуласка структура онемогућује DENT -а да се веже за хормонске рецепторе и/или метаболише у моноестар и на тај начин покрене ендокрине поремећаје. Према Daniel Schmidt са Одсека за полимерно инжењерство на Универзитету Масачусетс, DINCH (погледајте доле слику) је још једна алтернатива фталатима која се може користити као алтернатива **ди(изононил)циклохексан-1,2-дикарбоксилат DINP-у** и која се обично користи као облога жица због своје високе молекулске тежине, што чини мању вероватноћу да мигрира из пластике. Његова препорука за производњу алтернативних пластификатора била је избегавање избора молекула са ароматичним прстеновима, који могу довести до ендокриног поремећаја.

DOTP or DENT



DINCH



Примери алтернативних фталата или терефталата који се могу користити као пластификатори PVC

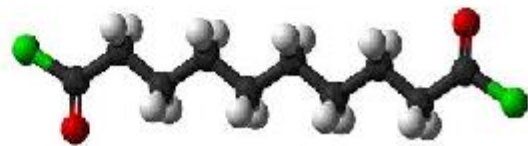
Најчешће тражене алтернативе су термопластични еластомери и пластификатори на бази природних органских једињења. У 2010. години, нова група пластификатора без фталата је коришћена за изолацију жица и омотача. Ови пластификатори су показали супериорне перформансе и такође су направљени од скоро потпуно обновљивих сировина. Међутим, остаје да они буду широко прихваћени.

ТЕРМОПЛАСТИЧНИ ЕЛАСТОМЕРИ И ПОЛИМЕРНЕ БЛЕНДЕ КОПОЛИМЕРА

Термопласти, за разлику од фталата, могу се користити у бризгању и екструзији производа малих геометријских величина (мање од 2 mm), као и за сложене облике производа. Ово омогућава произвођачима да дизајнирају мањи и лакши производ, што је често и један од жељених техничких захтева. На пример, полимерне бленде - мешавине поликарбонат/акрилонитрил бутадиен стирена (PC/ABS) су коришћене за производњу електронских кућишта због њиховог термичких и механичких својстава, као што су високог модула, отпорности на топлоту и отпорности на удар, и релативно су јефтине. Композиције термопластичних еластомера (TPE) укључују термопластичне олефине (TPE-O), кополиамиде (COPA), кополиестре (COPE), једињења стирена (TPE-S), термопластичне полиуретане (TPE-U).

Термопластични еластомери се могу екструдирати, бризгати и термички обрађивати. Постоје доста техника обраде које чине TPE лаке за употребу у производњи пластичних производа. Медицински производи направљени у процесу дувања/пуњења/заваривања могу користити TPE за производњу на високим температурама, док за другу пластику као што је полиетилен постоји ограничење температуре од око 121°C. Такође, неки TPE се могу растегнути до 10 пута своје првобитне дужине без трајне деформације, и док већина TPE може да издржи напрезање од 400 до 1.000 psi, широк спектар TPE формулација омогућава неким да достигну затезну чврстоћу од 5.000 psi.

АЛТЕРНАТИВЕ ПЕРФЛУОРОВАНИМ ОРГАНСКИМ ЈЕДИЊЕЊИМА КОЈЕ СЕ КОРИСТЕ У ТЕКСТИЛНОЈ ИНДУСТРИЈИ И ИНДУСТРИЈИ ПАПИРА И КАРТОНА



Перфлуорована органска једињења се користе у производњи бројних хемикалија и предмета опште употребе, као што су посуђе, електронска опрема, намештај као и медицинских средстава. Ова једињења су нашла широку примену због својих физичко-хемијских својстава, изразите неполярности већег дела молекула и поларне главе молекула, површинског напона, својих површински активних својстава, односно површинске отпорности/одбојности према уљу, води и масноћи. Површине третиране овим једињењима не упијају влагу и масноће, па су нашла бројну примену у производњи водоотпорног текстила, текстилних производа, ХТЗ опреме, посуђу, као и амбалажи за храну. Поред тога, као површинске активне материје, користиле су се као емулгатори у хидрауличним уљима. Међу најзаступљенијим флуорованим једињењима спадају:

1. **Перфлуорооктан сулфонска киселина (PFOS), њене соли и перфлуорооктан сулфонил флуорид (PFOSF)** (CAS бр. 1763-23-1 (PFOS); CAS бр. 307-35-7 (PFOSF) Царинска тарифна ознака: 2904 90);
2. **Перфлуорооктанска киселина (PFOA), њене соли и сродна једињења** (CAS бр. 335-67-1 Царинска тарифна ознака: 2915 90 90)

С обзиром да ове супстанце представљају и перзистетне органске загађујуће супстанце (POPs) и налази се на режиму глобалних забрана и органичења производње, промета и коришћења, са уско дефинисаним специфичним изузећима. Такође, у Републици Србији као земљи чланици Стокхолмске конвенције, ове супстанце су на режиму ограничења¹².



Кружење PFAS у животној средини

Имајући у виду забране и ограничења којима је регулисана употреба ових једињења, у наставку можете наћи доступне алтернативе за одређене примене у текстилној индустрији и индустрији картона и хартије.

¹² Прилог 2 Правилника о ограничењима и забранама производње, стављања у промет и коришћења хемикалија

АЛТЕРНАТИВЕ ПЕРФЛУОРОВАНИМ ОРГАНСКИМ ЈЕДИЊЕЊИМА У ТЕКСТИЛНОЈ ИНДУСТРИЈИ

Импрегнација текстила и површинска заштита¹³

Перфлуорована једињења се у великој мери користе у текстилној индустрији и производима за општу употребу као репеленти воде, и то за третман - одеће за све временске прилике, кишобрана, торби, једара, шатора, сунцобрана, пресвлаке, коже, обуће, простирки, меблова за намештај и тепиха превасходно са наменом одбијања воде, уља и прљавштине (мрља).

Главни деривати PFOS-а (обично 2–3% масених % влакана за текстил, али 15% за тепихе) који су се раније користили за апликације за површинску обраду текстила и тепиха били су акрилат, метакрилат, адипат и уретански полимери Н - етил перфлуороктана сулфонамидоетанол (EtFOCE).

Примери добро познатих заштићених средстава за одбијање земље и прљавштине су:

- (i) Scotchgard™ (3M)¹⁴
- (ii) Zonyl® and Foraperle® (DuPont).¹⁵

Пре 2000. ово су биле најважније употребе деривата PFOS. Пошто је забрањен у многим земљама за овај начин употребе, укључујући и Републику Србију, PFOS је замењен углавном аналозима краћег ланца С-атома и флуоротеломерима, али и нефлуорованим хемикалијама. Трговачка имена ових хемикалија су задржана.

Анализе перфлуорованих супстанци у текстилу које је спровео Норвешки институт за истраживање ваздуха у име Норвешке управе за контролу загађења показале су веома ниске концентрације ових једињења или нису успеле да идентификују присуство PFOS-а. Анализе показују да се перфлуороване киселине и теломерни алкохоли сада користе као алтернативе PFOS-у у средствима за импрегнацију текстила.¹⁶

Алтернативни тензиди за импрегнацију текстилних тканина, коже, тепиха, мебла и тапацирунгаи сличних производа су:(iii) Дуголанчана полифлуорована једињења и једињења кратколанчана алкил- једињења као што су:

- (a) Супстанце на бази перфлуорбутан сулфоната (PFBS)
- (b) Супстанце на бази флуоротеломера, укључујући флуороване полимере
- (iv) Производи на бази силикона
- (v) Смеше силикона и стеарамидометил пиридин хлорида, понекад заједно са карбамидом (уреом) и меламинским смолама
- (vi) Флуоротеломерни силикони као што је полифлуороктил триетокси силан (1 H , 1 H , 2 H , 2 H -перфлуороктил триетокси силан, NanoCover™ производ) који се користи у спреју за подове у купатилу. Овде напомињени да су ова и сличне супстанце забрањене су Данској од 2010. године због токсичних ефеката на плућима мишева.¹⁷

¹³ *Guidance on alternatives to perfluorooctane sulfonate and its derivatives*, SC Secretariate

¹⁴ http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/Scotchgard/Home/.

¹⁵ www2.dupont.com/Zonyl_Foraperle/en_US/products/zonyl_pgs/zonyl.html.

¹⁶ Information from Norwegian Pollution Control Authority (former Statens Forurensningstilsyn), 2009.

¹⁷ www.mst.dk/Nyheder/Pressemeddelelser/Nanospray.htm.

Scotchgard™ Protector производ произведен од стране 3M (универзални спреј) који садржи 1–5% перфлуорбутан сулфонил уретана (тачан састав хемикалије је пословна тајна) такође је предложен као алтернатива за импрегнацију текстила, коже и тепиха која одбија мрље. DuPont је представио нови бренд, Capstone™, за серију алтернативних производа за различите примене засноване на кратколанчаним флуоротеломерима, углавном на бази C6 једињења.

Bluestar Silicones продаје неке PFOS алтернативе на бази силикона за апликације на текстилу под трговачким именом Advantex™. Технологија нуди дуготрајну водоодбојност, брзо сушење, водоотпорност и прозачност.¹⁸

Rudolph Group, у партнерству са Sympatex-ом, представила је BIONIC-FINISH®ECO као водоодбојни третман за текстил који није на базу флуоругљеникових једињења. BIONIC-FINISH®ECO се састоји од угљоводоничне матрице која формира звездасте, хипер-разгранате полимере или дендримере¹⁹. Потпун састав хемикалије је пословна тајна.

Поред горе наведених, као алтернативни производи са сличним својствима могу се користити репеленти на бази полимера типа дендримера, као и на бази полиуретана, иако је код коришћења ових производа потребан опрез због иритативних својстава изоцијаната који се налазе у њима²⁰.

ИНДУСТРИЈА ПАПИРА, КАРТОНА И КАРТОНСКЕ АМБАЛАЖЕ

Импрегнација амбалаже (папир/картон)²¹

Флуороване хемикалије се користе у индустрији папира за производњу водоотпорног папира и папира отпорног на масноћу који се користи углавном као амбалажа за храну. За заштиту папира потребна је концентрација флуорохемикалије од 1,0–1,5%, обрачунато на масу сувих влакана. Главни добављачи флуорохемикалија у индустрији папира, са њиховим брендovima су следећи:

- | | |
|---------------|---------------------------|
| ▪ 3M | Scotchban® |
| ▪ Bayer | Baysize S® |
| ▪ Ciba (BASF) | Lodyne® ²² |
| ▪ Clariant | Cartafluor® ²³ |
| ▪ DuPont | Zonyl® |

- Деривати PFOS-а су коришћени како у производима који долазе у контакту са храном као што су тањира, посуде за храну, кесе за кокице, кутије за пице и омоти, тако и у апликацијама које нису у контакту са храном као што су преклопни картони, контејнери и украсни папири. Заштита папира дериватима PFOS постигнута је коришћењем једног од следећих једињења: Моно-, ди- или трифосфатни естри *H* - етил перфлуороктана сулфонамидоетанол (EtFOCE)H -метил перфлуороктан сулфонамидоетанол акрилатни полимери

¹⁸ www.advantex-textiles.com/.

¹⁹ www.rudolf.de/innovations/hydrophobic-future/bionic-finish/self-organisation.htm.

²⁰ Alternatives to perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in textiles, Danish Ministry of the Environment and Danish Environmental Protection Agency (2015)

²¹ Guidance on alternatives to perfluorooctane sulfonate and its derivatives, SC Secretariate

²² www.ciba.com/pf/default.asp?search=1&DAPname=lodyne.

²³ www.paper.clariant.com/businesses/paper/internet.nsf/vwWebPagesByID/65137D7B8419F6EDC12571E0003D5C16.

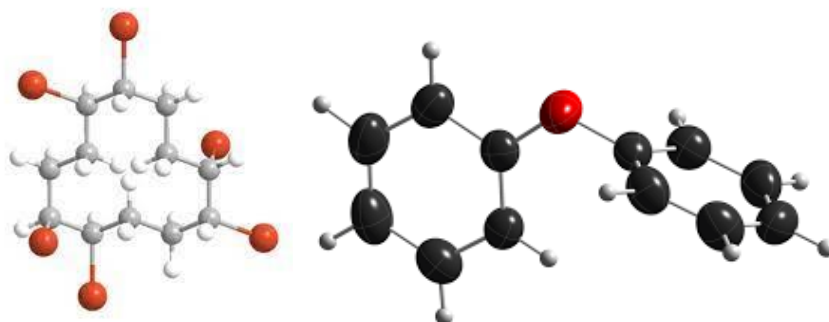
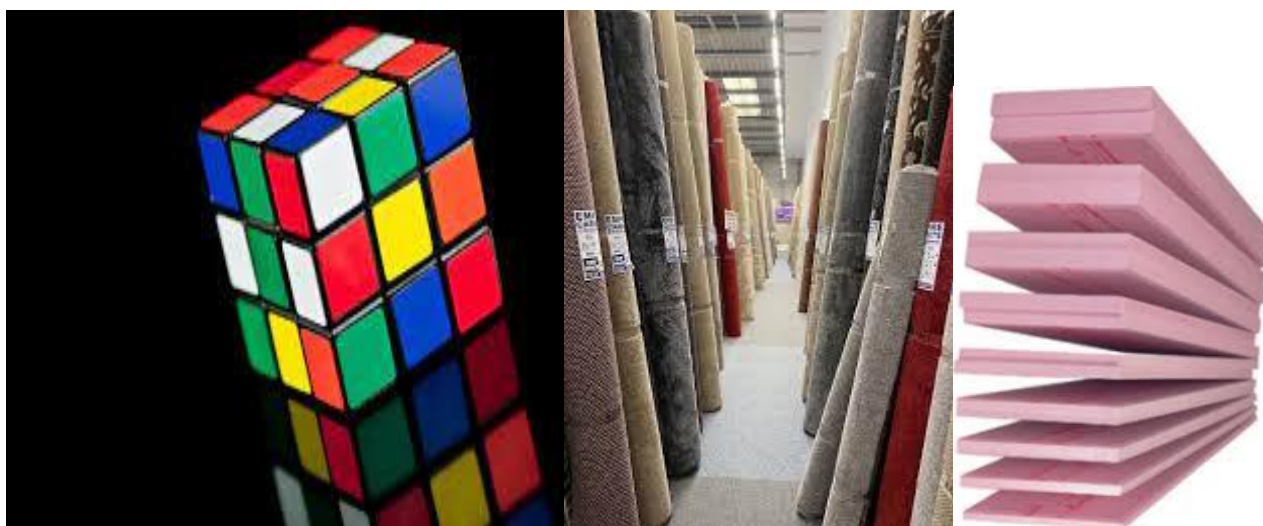
Пре 2000. око 32% укупне употребе PFOS у Европској унији било је за облагање папира. Употреба PFOS -а у ове сврхе више није дозвољена и PFOS је замењен углавном другим флуорованим хемикалијама.

Позната алтернативна површински активна једињења за импрегнацију папира и картона за употребу у изради амбалажних производа су супстанце на бази кратколанчаних теломера, полифлуоралкил фосфата, једињења типа фосфоната и поли(диметил силоксана).

Папир отпоран на масноћу је постојао пре него што је PFOS технологија уведена на тржиште, а друге технологије такође могу да се примене у исте сврхе. У истраживању које је спровела Норвешка управа за безбедност хране 2006. године, закључено је да се у паковањима брзе хране у Норвешкој не користе флуорована једињења. Норвешки произвођач папира Nordic Paper користи механичке процесе за производњу екстра густог папира који спречава цурење масти кроз папир, без употребе постојаних хемикалија.²⁴

²⁴ Информације норвешке управе за контролу загађења (бивши Статенс Форуенснингстилсин), 2009.

АЛТЕРНАТИВЕ БРОМОВАНИХ УСПОРИВАЧА САГОРЕВАЊА КОЈЕ СЕ КОРИСТЕ У ЕЛЕКТРОНСКОЈ, ТЕКСТИЛНОЈ ИНДУСТРИЈИ И ИНДУСТРИЈИ НАМЕШТАЈА ОД РЕЦИКЛИРАНИХ МАТЕРИЈАЛА



Бромовани успоривачи сагоревања²⁵ се додају углавном у полимерне материјале са циљем смањења запаљивости материјала од којих се праве производи за домаћинство и предмети опште употребе и на тај начин спречило распламсавање пожара уколико се деси. Због ових специфичних својстава, ова бромована органска једињења нашла су широку примену у електросној, текстилној индустрији, као и у индустрији намештаја.

Најчешће коришћени бромовани успоривачи сагоревања су:

1. Полибромованидифенил етри (тетра-, пента-, хекса-, хепта-, окта и декабромдифенил етар) (у даљем тексту: PBDEs);
2. Хексабромциклододекан (у даљем тексту: HBCDD);

Због утврђених својстава перзистентности, токсичности и биоакумулативности, ова група једињења је укључена на листу POPс хемикалија Стокхолмске конвенције, односно налази се на режиму строгих ограничења и забрана производње, стављања у промет и коришћења. Такође, и у Републици Србији су на снази строга ограничења употреба ових супстанци у новим производима, и то за PBDEs је дозвољено концентрација од 500 ppm PBDEs у новом производу ако се израђује од рециклираних материјала, док је за хексабромциклододекан ступила апсолутна забрана, односно једино изузеће за коришћење у полистиренским изолационих пенама за производњу изолационих материјала у грађевинаству је истекло²⁶.

У следећој табели можете наћи најчешће примене ових супстанци:

Материјали/полимери/смоле	Апликације	Производи
полиуретан (PUR)	Материјали за израду јастука, паковања, облога, конструкција	Намештај, транспортна возила, звучна изолација, паковање, облоге, чврсти профили од PUR пене
Текстил	Премази	Завршни премази и импрегнација за тепихе, аутомобилска седишта, намештај у домовима и службеним зградама, седишта авиона
Епоксидне смоле	Плоче, заштитни премази	Рачунари, ентеријери бродова, електронски делови
Гума	Транспорт	Транспортне траке, пенасте цеви за изолацију
Поливинилхлорид (PVC)	Облога каблова	Жице, каблови, простирке, индустријске плоче
Незасићени полиестри (UPE)	Плоче, премази	Електрична опрема, премази за лајсне постројења за хемијску прераду, војна и поморска примена: грађевински панели
Боје/лакови	Премази	Морски и индустријски лакови за заштиту контејнера

²⁵ Revised draft guidance on best available techniques and best environmental practices for the recycling and waste disposal of articles containing polybrominated diphenyl ethers listed under the Stockholm Convention

²⁶ Прилог 2. Правилника о ограничењима и забранама производње, стављања у промет и коришћења хемикалија

Хидраулична уља	Уља за бушење, хидрауличне течности	На обалама , угљенокоп
-----------------	--	------------------------

АЛТЕРНАТИВЕ У ЕЛЕКТРОНСКОЈ ИНДУСТРИЈИ

Стратегије замене алтернативе за успориваче сагоревања из пластике која се користи за израду електронске опреме креће се од замене система смоле и успоривача сагоревања, до комплетног редизајна самог производа. Према предлогу ограничења ЕУ, који је процењивао различите алтернативе за комерцијални декабромдифенил етар, чини се да се са осам могућих алтернативних хемикалија могуће заменити декабромдифенил етар у полимерима:

- а) Декабромодифенил етан (DBDPE);
- б) Бисфенол А бис(дифенил фосфат) (BDP/BAPP);
- в) Резорцинол бис(дифенилфосфат) (RDP);
- г) Етилен бис(тетрабромфталимид) (ЕВТВР);
- д) Магнезијум хидроксид;
- ђ) Трифенил фосфат ;
- ж) Алуминијум трихидроксид;

АЛТЕРНАТИВЕ У ТЕКСТИЛНОЈ ИНДУСТРИЈИ

Идентификоване су следеће најоптималније алтернативе декабромдифенил етар за коришћење у производњи текстилних материјала, и то следеће:

1. Алуминијум трихидроксид
2. Магнезијум хидроксид
3. Трис(1,3-дихлор-2-пропил) фосфат
4. Етилен бис(тетрабромфталимид)
5. 2,2'-оксибис[5,5-диметил-1,3,2-диоксафосфоринан] 2,2'-дисулфид;
6. Тетрабромбисфенол А бис (2,3-дибромпропил етар) (само у примени код полимера);
7. Декабромдифенил етан (ДБДПЕ).
8. Природна или протеинска влакна

Постоји неколико хемијских нехалогених замена доступних за аплицирање на природну целулозу или протеинским влакнима као што су памук, вуна, рајон (вискоза, модал и лиоцел) и лан, односно:

1. Амонијум полифосфати;
2. (диметилфосфоно (Н-метилол) пропионамид);
3. Фосфонске киселине као што је (3-{{[хидроксиметил]амино}}-3-оксопропил)-диметил естар фосфонске киселине;
4. Тетракис (хидроксиметил) фосфонијум уреа амонијумова со.

АЛТЕРНАТИВЕ НВСDD У ИНДУСТРИЈИ ГРАЂЕВИНСКИХ ИЗОЛАЦИОНИХ МАТЕРИЈАЛА, ЕЛЕКТРОНСКОЈ ИНДУСТРИЈИ И ТЕКСТИЛНОЈ ИНДУСТРИЈИ

У доњој табели налазе се листа тренутно доступних алтернатива хексабромциклододекана (НВСDD) као успоривача сагоревања за аплицирање у грађевинским изолационим материјалима, електронској опреми и текстилним материјалима и мебловима.

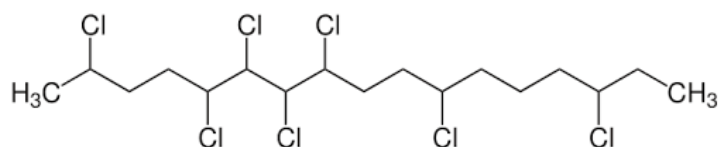
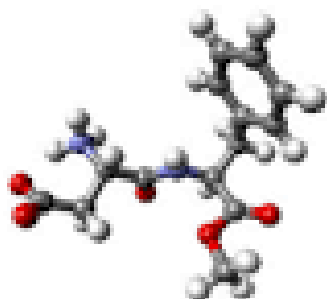
Збирна табела технички изводљивих и комерцијално доступних алтернатива за употребу НВСDD (на основу поднесака СВЕРЕА 2010 и Анекса Ф Стокхолмске конвенције и др. извора).

Материјал	Употреба	Хемијска алтернатива	Алтернативни материјали и технике редијајна производа
EPS & XPS	Изолација темеља, зидова и плафона. Приземна палуба, паркинг палуба итд.	Тренутно нема комерцијалних комерцијалних хемикалија за замену за све производне процесе и регионе За двостепени процес производње EPS -а, у којем се НВСDD не може користити, користи се други успоривач пламена. Бромовани бутатиен стирен кополимер је идентификован као безбедника алтернатива према критеријума Америчке агенције за животну средину ²⁷ .	ЕПС и КСПС без ФР, користећи термичке баријере. Полиизоцијануратне пене, укључујући модификоване уретанске пене. Фенолне пене. Прекивачи (vlakнасти батови или ролне) који могу да садрже камену вуну, стаклену vlakну, целулозу или полиуретанску пену. Ћелијско стакло, пенасто стакло Полиестер батте. Лабаве испуне које могу да садрже камену вуну, стаклена vlakна, целулозу или полиуретанску пену. Рефлективни изолациони системи.
HIPS	Кућишта електронских производа. Делови за ожичење.	Трис(трибромнеопентил) фосфат/АТО ТББПА-ДБПЕ/АТО, 2,4,6-Трис(2,4,6-трибромфенокси)-1,3,5 триазин/АТО, Етан-1,2-бис(пентабромфенил)/ АТО, Етиленбис (тетрабромпхталимид)/АТО	Полимерне бленде РРЕ/HIPS или РС/ABS третиране успоривачима горења који садрже фосфор

²⁷ https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-06/documents/hbcd_report.pdf

<p>Текстилне превлаке и пресвлаке</p>	<p>Заштитна одећа. Теписи. Завесе. Тапациране тканине. Шатори. Унутрашњост у средствима јавног превоза (нпр. аутомобили, возови, авиони, итд.). Остали технички текстил.</p>	<p>декабромодифенил етан, етилен бис (тетрабромфталимид), амонијум полифосфати</p>	<p>Инхерентно незапаљиви материјали: вуна. Инхерентно ватроотпорна влакна: рајон, полиестарска влакна, арамиди и друге синтетичке тканине. Остали текстили са амонијум полифосфатима (АПП). Текстил са интумесцентним системом</p>
---------------------------------------	--	--	--

**АЛТЕРНАТИВЕ КРАТКОЛАНЧАНИМ
ХЛОРОВАНИМ ПАРАФИНИМА (SCCPs) КОЈЕ СЕ
КОРИСТЕ У ИНДУСТРИЈИ ГУМЕ И ПОЛИМЕРА
КАО УСПОРИВАЧИ САГОРЕВАЊА И
ПЛАСТИФИКАТОРИ**



Кратколанчани хлоровани парафини (SCCPs)²⁸ се могу користити као пластификатори у гуми, бојама, лепковима, као успоривачи сагоревања у пластици и гуми, заптивним масама, као и мазивима и уљима за обраду метала. Хлоровани парафини се добијају хлорисањем парафинских фракција угљеничног ланца. Дужина угљеничног ланца комерцијалних хлорованих парафина је обично између 10 и 30 атома угљеника. Кратколанчани хлоровани парафини су парафини у опсегу C-ланца између C₁₀ и C₁₃. Производња SCCPs је глобално смањена с обзиром да је употреба ових супстанци строго ограничена одредбама Стокхолмске конвенције с обзиром да спада у групу POPs хемикалија.

Због утврђених својстава перзистентности, токсичности и биоакумулативности, ова група једињења је укључена на листу POPs хемикалија Стокхолмске конвенције, односно налази се на режиму строгих ограничења и забрана производње, стављања у промет и коришћења. Такође, и у Републици Србији су на снази забране употреба ових супстанци у полимерним производима, гумама и заптивним масама²⁹.

У апликацијама где је потребан незапаљиви пластификатор, фосфатни естри су одржива алтернатива кратколанчаним хлорованим парафинима. Хемијске алтернативе SCCPs су доступне за употребу у транспортним тракама и укључују средњеланчане хлороване парафине (MCCP) и дуголанчане хлороване парафине (LCCP).

У наставку вам представљамо неке од доступних алтернатива SCCPs које су идентификоване као могућа замена за SCCP у гуменим производима:

1. Средњеланчани хлоровани парафини (C₁₄₋₁₇) (MCCP)
2. Дуголанчани хлоровани парафини (C₁₈₊) (LCCP)
3. Акрилни полимери
4. Алуминијум трихидроксид, који се користи у смеси са антимон триоксидом
5. Антимон триоксид

Други доступни органофосфорни успоривачи пламена (уопштено):

а) крезил дифенил фосфат

б) терц-бутилфенил дифенил фосфат

ц) изопропилфенил дифенил фосфат

Једињења на бази фосфора (уопштено)

а) трикрезил фосфат

Фталати односно терефталати, укључујући естре фталата, (више информација може се наћи у поглављу алтернативе фталатима у овом водичу)

²⁸[http://www.pops.int/Implementation/Alternatives/AlternativestoPOPs/ChemicalslistedinAnnexA/Shortchainchlorinatedparaffins\(SCCPs\)/tabid/5986/Default.aspx](http://www.pops.int/Implementation/Alternatives/AlternativestoPOPs/ChemicalslistedinAnnexA/Shortchainchlorinatedparaffins(SCCPs)/tabid/5986/Default.aspx)

²⁹ Прилог 2. Правилника о ограничењима и забранама производње, стављања у промет и коришћења хемикалија

РЕЗИМЕ

Успостављање циркуларне економије је важан део стварања одрживе економије усмерене на будућност. Међутим, циркуларна економија ствара неке важне изазове за регулацију и употребу хемикалија.

Циљ мора бити стварање чисте циркуларне економије, јер је то једини истински одржив приступ. Важно је да се у овој области усвоје праве политике, иначе циркуларна економија постаје начин да се настави употреба опасних хемикалија.

Кључне препоруке:

- Прелазак на нетоксичне производе, чиме се отклањају проблеми у рециклажи;
- Надлежни органи доношењем прописа и индустрија спровођењем морају осигурати да се све хемикалије које изазивају забринутост поступно повуку из производа што је пре могуће;
- Бржа идентификација хемикалија које изазивају забринутост и употреба безбеднијих алтернатива;
- Вршење процене безбедности хемикалија узимајући у обзир научна истраживања у циљу циркуларне економије. Индустрија мора да смањи употребу “проблематичних” хемикалија;
- Процене безбедности треба да претпоставе да ће циркуларна економија бити успостављена, нпр. да ће се 100% канализационог муља користити као ђубриво;
- Процене би требало да уравнотеже вредност ресурса и опасност од хемикалије, уз подразумевано да нема рецикулације опасних супстанци;
- Компаније треба да заузму приступ који је окренут будућности када производе производе, избегавајући хемикалије које ће вероватно бити ограничене у будућности нпр SIN листу;
- Унапређење размене информација о опасним материјама у производима и контрола хемикалија у увезеним производима;
- Увоз треба да подлеже истим ограничењима и захтевима за информацијама;
- Неке материјале не треба рециклирати;
- Ланац снабдевања, укључујући потрошаче и рециклере, треба да омогући приступ информацијама о идентитету и својствима опасних хемикалија у производима;

Циркуларна економија ће дугорочно бити успешна само ако су купци – укључујући и јавност – уверени у квалитет рециклираног материјала. Ако ово поверење нестане, онда ће тржиште захтевати примарне материјале, а покушај стварања циркуларне економије може бити угрожен.

Вреди напоменути да резолуција Европског парламента од 9. јула 2015. о ефикасности ресурса јасно подржава фокус на избацивању опасних материја из циркуларног тока материјала. На националном нивоу је велика одговорност да се замене супстанце које изазивају велику забринутост и да се ограниче супстанце које представљају неприхватљив ризик по здравље људи и животну средину у контексту законског оквира за управљање хемикалијама, као и да се развију циркуларни токови нетоксичних материјала како би се рециклирани отпад могао користити као главни, поуздан извор сировина. Начин превентивног деловања применом законског система управљања хемикалијама треба да има приоритет у односу на рециклажу и да, сходно томе, рециклажа не треба да оправда настављање употребе непожељних супстанци.

Веома важно да се на националном нивоу уложе напори на замени опасних супстанци у контексту прописа о ограничењу употребе одређених опасних супстанци у електричној и електронској опреми у циљу утврђивања спречавања циркуларних токова са токсичним материјалима.

Циркуларна економија и хемикалије – неки проблеми

Једна од главних карактеристика циркуларне економије је да ће се производи поново користити или рециклирати на крају свог животног циклуса (када више нису потребни). Ово је посебно важно за производе (намештај, играчке итд.), мада може бити релевантно и за отпадне смеше (нпр. боје) или појединачне супстанце.

Неки изазови овог рециклирања „краја живота“ са тачке гледишта хемикалија су:

- Безбедносна процена хемикалија можда није предвидела висок ниво рециклаже производа (и других материјала, као што је муљ из канализације) који садрже хемикалије на крају животног циклуса.
- Производи могу садржати опасне хемикалије које су биле легалне за употребу када је производ био произведен, али су сада ограничене или забрањене.
- У неким случајевима, због начина на који се производ користи или као резултат одређених технологија управљања отпадом, може се створити сложена мешавина супстанци – нпр. шљака или пепео. Иза ових проблема крију се кључна питања која треба решити:
- Још увек постоји недостатак довољног разумевања токсичности многих хемикалија, што значи да су хемикалије које би требало да имају ограничену употребу заправо још увек у употреби.
- Процена токсичности многих хемикалија се мења током времена, како више информација постаје доступно – претпостављени „безбедни нивои“ су ревидирани на ниже нивое, нпр. у случају олова.
- Ограничења употребе проблематичних хемикалија можда нису довољно свеобухватна.
- Често не постоји једноставан начин да се добију квалитетне информације о хемијском саставу производа на крају животног века као и на почетку живота у многим случајевима.
- Неки приступи прикупљању и третману отпада стварају сложене смеше, стварајући изазове у карактеризацији њихових хемијских својстава.

Приликом процене безбедности хемикалије која се користи у производу, сви процеси процене треба да претпоставе да ће 100% производа бити рециклирано на крају животног века.

Процена безбедности хемикалија треба да се врши узимајући у обзир податке који су добијени приликом научних испитивња, приликом настајања и изложености смешама. Ово је посебно важно јер се покреће циркуларна економија, где хемикалије могу да наставе да циркулишу неко време.

Регулаторна процена хемикалија треба да буде бржа и ефикаснија у идентификацији хемикалија које изазивају забринутост и процени безбедности хемикалија. Са процесом забрана и ограничења спречавају се проблематичне употребе и обавезује произвођач на замену са безбеднијим алтернативама.

Извештаји Европске агенције за животну средину „Касне лекције из раних упозорења“ укључују многе примере у којима се процена токсичности хемикалија временом повећава. Олово и РСВ су очигледни примери из прошлости, док су хемикалије које ометају ендокрини систем тренутни – и будући – пример. Што је дуже потребно да се идентификује проблем са хемикалијом, дуже ће се она и даље користити и уграђивати у производе.

Компаније не би требало само да чекају регулаторне мере у вези супстанци које изазивају забринутост, већ би били пожељно да прате листу кандидата, јер ће то повећати шансу да на крају настају производи који неће стварати проблеме за рециклажу у будућности. Такође би требало да раде на избегавању преласка са једне проблематичне хемикалије на другу. Кључни алат у овим напорима је SIN листа. SIN листа се састоји од опасних хемикалија које се користе у широком спектру производа и производних процеса широм света. SIN скраћеница – Замените сада – подразумева да ове хемикалије треба уклонити што је пре могуће јер представљају претњу по људско здравље и животну средину. SIN листа је више од листе хемикалија. То је алат за олакшавање управљања хемикалијама и савршена почетна тачка за сваку организацију посвећену идентификацији и замени опасних хемикалија сигурнијим алтернативама.

Компаније би требало да имају за циљ производе који нису опасни, а то ће генерално обезбедити избегавање непожељних хемикалија у рециклажи ових производа.

Мора постојати бољи проток информација о опасним материјама у производима и контрола хемикалија у увезеним производима. Без информација о присуству опасних супстанци у производима (посебно у производима) рециклери нису у могућности да знају који проблеми могу бити у рециклажи производа.

Информације о супстанцама које изазивају велику забринутост требало би да се односе на више врста супстанци. Потешкоће у тумачењу који су производи обухваћени захтевима представљају озбиљан проблем. Кроз ланац снабдевања, укључујући потрошаче и рециклере, треба омогућити лак приступ информацијама о идентитету опасних хемикалија у производима, превазилазећи тренутне захтеве за информацијама за SVHC. Ово такође треба да обухвати хемикалије у увезеним производима.

Рециклаторима је потребно право приступа безбедносним листовима Оператери/рециклери отпада треба да имају приступ безбедносним листовима и другим информацијама, како би осигурали да су рециклирани материјали безбедни и да имају безбедну употребу са тачке гледишта штетних ефеката од присутних хемикалија.

Уопштено говорећи, најбољи начин за производњу квалитетних секундарних сировина је одвојено прикупљање материјала. Ово такође олакшава утврђивање да ли постоје хемијске опасности. Неке технике управљања отпадом обрађују мешани отпад, а затим стварају материјале који су сложене мешавине – као што су шљака и пепео. Често је тешко утврдити хемијску безбедност таквих смеша. Хемијска безбедност укључује све оне политике, процедуре и праксе осмишљене да минимизирају ризик од излагања потенцијално опасним хемикалијама. Ово укључује ризике изложености особама које рукују хемикалијама, околини и заједницама и екосистемима унутар тог окружења.

Погрешно је претпоставити да је рециклажа увек најбоља опција када отпад садржи опасне хемикалије, одлука треба да се заснива на равнотежи између користи и ризику која може да настане од излагања тој хемикалији.

У неким случајевима је добро познато да постоји проблем са присуством одређених хемикалија које изазивају велику забринутост у производима на крају животног века. Када се размишља о рециклажи материјала који садрже опасне супстанце, од виталног је значаја да се узме у обзир ризик од штетних ефеката од присутних хемикалија у финалном производу.

Једина одржива циркуларна економија је добијање безбедних производа, а кључни елемент тога је одговарајућа контрола употребе хемикалија. Надлежни органи и произвођачи хемикалија морају предвидети и искључити из употребе потенцијалне проблематичне хемикалије, увек

имајући на уму реалност да се новим научним сазнањима вредност токсичности хемикалије може повећати.

Ако производи још увек садрже хемикалије које изазивају забринутост, од велике је важности спречити њихово поновно укључивање у циркуларни ток материјала. Постојећи регулаторни систем води ка томе, али их треба брже, темељније применити и спроводити.

Заинтересоване стране могу тврдити да ће даља употреба контаминираног материјала бити строго контролисана, али када материјал више није отпад, такве тврдње вероватно неће бити реалне. Производи могу завршити на неочекиваним местима – на пример, пластичне цеви као играчке за децу у вртићу. Већ постоје проблеми са хемикалијама у рециклираним производима – на пример кухињским прибором или хемикалијама које се налазе у амбалажи за храну направљену од рециклираног папира. Надлежни органи и произвођачи хемикалија морају предузети одговарајуће мере предострожности, иначе ће у будућности бити много више проблема.

Рециклажа ће дугорочно бити успешна само ако су купци – укључујући и јавност – уверени у квалитет рециклираног материјала. Ако се ово поверење наруши, онда ће тржиште захтевати примарне материјале, а покушај стварања циркуларне економије може бити угрожен.

РЕФЕРЕНЦЕ

1. Challenges and Emerging Trends in Toner Waste Recycling: A Review by Meera Parthasarathy ORCID Sri Ranga Ramanuja Centre for Advanced Research in Sciences, Department of Chemistry, Srimad Andavan Arts & Science College
2. Chemicals of Concern in the Building and Construction Sector, Lead author: Amélie Ritscher United Nations Environment Programme, Economy Division, Chemicals and Health Branch
3. Beyond Mechanical Recycling: Giving New Life to Plastic Waste; Angew. Chem. Int. Ed. 2020, 59, 15402 – 15423
4. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology; (IJRASET) ISSN: 2321-9653; IC Value: 45.98; SJ Impact Factor: 7.538 Volume 10 Issue
5. Synthesis of Unsaturated Polyester Resin Based on Pet Waste Vanaja Kumary Nair¹, Deepali Kulkarni², School of Polymer Engineering, Dr. Vishwanath Karad MIT World Peace University
6. Chemical transformation of pet waste through glycolysis, Authors: Magdy Y. Abdelaal, Tariq R. Sobahi, Mohamad Saleh I. Makki, Chemistry Department, Faculty of Science, King Abdulaziz University
7. Закон о хемикалијама („Службени гласник РС”, бр. 36/09, 88/10, 92/11, 93/12 и 25/15)
8. Правилник о ограничењима и забранама производње, стављања у промет и коришћења хемикалија („Службени гласник РС”, бр. 90/13, 25/15, 2/16, 44/17, 36/18, 9/20 и 57/22)
9. PROSPERING IN THE CIRCULAR ECONOMY, European Apparel and Textile Confederation (EURATEX is the), January 2020
10. Circular Economy Action Agenda In partnership with TEXTILES, Platform for Acceleration the Circular Economy, February 2021
11. <https://calce.umd.edu/phthalate-risks-and-alternatives>
12. Прилог 2 Правилника о ограничењима и забранама производње, стављања у промет и коришћења хемикалија
13. Guidance on alternatives to perfluorooctane sulfonate and its derivatives, SC Secretariate
14. http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/Scotchgard/Home/
15. www2.dupont.com/Zonyl_Foraperle/en_US/products/zonyl_pgs/zonyl.html
16. Information from Norwegian Pollution Control Authority (former Statens Forurensningstilsyn), 2009.
17. www.mst.dk/Nyheder/Pressemeddelelser/Nanospray.htm
18. www.advantex-textiles.com/
19. www.rudolf.de/innovations/hydrophobic-future/bionic-finish/self-organisation.htm
20. Alternatives to perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in textiles, Danish Ministry of the Environment and Danish Environmental Protection Agency (2015)
21. Guidance on alternatives to perfluorooctane sulfonate and its derivatives, SC Secretariate
22. www.ciba.com/pf/default.asp?search=1&DApname=lodyne
23. www.paper.clariant.com/businesses/paper/internet.nsf/vwWebPagesByID/65137D7B8419F6EDC12571E0003D5C16

-
24. Информације норвешке управе за контролу загађења (бивши Statens Forurensningstilsin), 2009.
 25. Revised draft guidance on best available techniques and best environmental practices for the recycling and waste disposal of articles containing polybrominated diphenyl ethers listed under the Stockholm Convention
 26. Погледати референцу бр. 12.
 27. https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-06/documents/hbcd_report.pdf
 28. [http://www.pops.int/Implementation/Alternatives/AlternativestoPOPs/ChemicalslistedinAnnexA/Shortchainchlorinatedparaffins\(SCCPs\)/tabid/5986/Default.aspx](http://www.pops.int/Implementation/Alternatives/AlternativestoPOPs/ChemicalslistedinAnnexA/Shortchainchlorinatedparaffins(SCCPs)/tabid/5986/Default.aspx)
 29. Погледати референцу бр. 12.
 30. Закон о управљању отпадом („Службени гласник РС“, бр. 36/09, 88/10, 14/16 и 95/18- др. закон)
 31. Правилник о техничким захтевима и другим посебним критеријумима за поједине врсте отпада који престају да буду отпад („Службени гласник РС“, број 78/19)
 32. Правилник о садржини захтева за упис у Регистар нуспроизвода и Регистар отпада који је престао да буде отпад („Службени гласник РС“, бр. 76/19 и 95/22)
 33. Правилник о критеријумима за одређивање нуспроизвода и обрасцу извештаја о нуспроизводима, начину и роковима за његово достављање („Службени гласник РС“, бр. 76/19 и 95/22)

Београд, 2022