

PROBLEMATIKA I POSTUPCI RECIKLAŽE OTPADA PLASTIČNIH MASA

PROBLEMATIK UND RECYCLING-VERFAHREN DER KUNSTSTOFFABFÄLLE

Dr. sc. Jovan Sredojević, redovni profesor Mašinski fakultet - Univerzitet u Zenici
Mr.sc. Adnan Čehajić, V.as. Biotehnički fakultet -Univerzitet u Bihaću

REZIME

U radu je izvršena identifikacija mjesta produkcije i podjela otpada plastičnih masa u tri osnovne grupe prema mogućnosti njihove reciklaže: termoplastične, duroplastične i elastomjerne plastične mase. Razrađena je problematika koja se javlja u postupku reciklaže otpada plastičnih masa: uticaj onečišćenja, uticaj miješanja drugih vrsta otpada i uticaj aditiva na efikasnost recikliranja. Takođe, u radu su dati osnovni postupci sortiranja i recikliranja otpada plastičnih masa: mehaničkim, hemijskim, termičkim i biološkim postupcima.

Ključne riječi: otpad, reciklaža, otpad plastičnih masa, sortiranje otpada

RESÜMEE

Im Referat werden Produktionsort und Trennung von Kunststoffabfällen vorgestellt, wobei diese je nach ihrer Recycling-Möglichkeit in drei Gruppen unterteilt werden: Termoplastik, Duroplastik und Elastomere. Die Problematik des Kunststoff-Recyclings wird hier näher betrachtet: der Einfluss der Verunreinigung, der zusätzlich beigemischten Abfallsorten und der Einfluss der Zusatzstoffe auf die Effizienz des Recyclings. Weiterhin werden die grundlegenden Verfahren der Trennung und Recycling von Kunststoffabfällen erläutert: mechanische, chemische, termische und biologische Verfahren

Schlüsselwörter: Abfall, Recycling, Kunststoffabfälle, Abfalltrennung

1 OPŠTI PODACI O PLASTIČNIM MASAMA

Plastične mase su sirovine koje su izgrađene od jednostavnih organskih prirodnih sirovina (npr. alkoholi, benzol, metan) i to su tzv. sintetičke plastične mase, ili od kompleksnih osnovnih prirodnih sirovina (npr. kaučuk), a to su tzv. prirodne plastične mase. Sintetičke plastične mase dobivaju se hemijskom polimerizacijom jednostavnih monomera. Po načinu nastajanja, sintetički polimerizati se dobivaju postepenom ili lančanom polimerizacijom. Postepena polimerizacija može se izvoditi po postupku polikondenzacije ili poliadiacije. Prema tome, glavni postupci za dobivanje polimera su:

- *Polimerizacija* - organska hemijska reakcija spajanja jednakih ili različitih nezasićenih spojeva s malim molekulama u makromolekule, bez nastajanja nusprodukata.
- *Polikondenzacija* - hemijska reakcija pri kojoj se osnovne supstance s malim molekulama vežu u makromolekule uz izlučivanje nusprodukata (najčešće vode, alkohola, halogenida i sl.).

- *Poliadicija* - organska hemijska reakcija spajanja različitih spojeva s malim molekulama u makromolekule, bez izlučivanja nusprodukata.

Osnove sirovine za proizvodnju sintetičkih plastičnih masa su nafta, zemni plin, uglj, voda, pijesak i azot.

Osnovne sirovine za proizvodnju prirodnih plastičnih masa su prirodne polimerne sirovine. Najvažnija nemodificirana prirodna polimerna sirovina je celuloza, a zatim svila, vuna, pamuk, kazein i dr. U modificirane prirodne polimerne sirovine spadaju celulozni i kazeinski derivati, te razne vrste guma na bazi prirodnog kaučuka. Plastične mase sastoje se od osnovnih elemenata ugljika i vodika te dodatnih elementa kao što su kisik, azot, hlor, sumpor i fluor.

U odnosu na postupke obrade, odnosno na postupke reciklaže, plastične mase se mogu podijeliti u tri osnovne grupe:

- *Termoplastične,*
- *Duroplastične i*
- *Elastomerne plastične mase.*

Termoplastične mase sastoje se iz linearnih ili razgranatih polimera, koji pri zagrijavanju omekšavaju, postupno iz gumastog stanja prelaze u kapljasto stanje. Pri prekoračenju određene temperature nastupa njihova razgradnja. Pri zagrijavanju najprije slabe sekundarne veze, koje su slabije od primarnih, čime je omogućeno lakše pomicanje lanaca makromolekula, a time i tečenje. Pri hlađenju sekundarne veze se ponovo uspostavljaju, pa se ovi materijali ponovo vraćaju u prvobitno stanje. Na ovoj pojavi zasniva se reciklaža otpada termoplastičnih masa, a takođe i njihova osjetljivost na povišene temperature. U toplom stanju termoplastične mase se lako oblikuju, a pri hlađenju dolazi do njihovog očvršćavanja. Ukoliko nema hemijskih oštećenja od prekomjernog termičkog naprezanja, termoplastične mase se mogu više puta obrađivati i topljenjem obnavljati, odnosno reciklirati.

Duroplastične mase sastoje se iz tečnih monomernih produkata, koji se pri preoblikovanju miješaju i hemijski reaguju do stvaranja polimernog materijala, pri čemu dolazi do očvršćavanja zbog hemijskih reakcija polimerizacije. Tvdoća gotovih duroplastičnih proizvoda do granične termo-hemijske temperature razgradnje polimera neznatno se mijenja. Duroplastične mase su inverzibilne i termički nisu regenerativne.

Elastomerne plastične mase su dugotrajno elastične. Izgrađene su iz široko umreženih polimera. Ove plastične mase mogu podnijeti velika istezanja (pri sobnoj temperaturi znatno više od 100 %), a nakon rasterećenja vraćaju se u prvobitni oblik. Miješanjem prirodnog i vještačkog kaučuka dolazi do smanjenja istezanja (na oko 100 %) ali i do poboljšanja nekih fizičkih osobina važnih za upotrebu gumenih proizvoda, pri čemu ostaje sačuvana sposobnost elastičnog vraćanja u prvobitni oblik nakon rasterećenja. Kod sobne temperature imaju elastičnost gume. Elastomerne plastične mase kao i duroplastične nisu topive.

Od svih grupa samo termoplastične mase mogu više puta mijenjati svoj oblik, odnosno mogu se više puta obnavljati postupkom rastapanja i koristiti za proizvodnju novih proizvoda. Duroplastične i elastomerne plastične mase mogu se samo termički ponovo iskoristiti (postupkom pirolize ili sagorijevanjem) ili hemijskim postupcima reciklirati pri čemu se vrši razgradnja do početnih monomera. U tabeli 1 date su oznake i oblasti korištenja termoplastičnih, duroplastičnih i elastomernih plastičnih masa [1].

Tabela 1. Oznake i oblasti korištenja plastičnih masa

Vrste plastičnih masa	Oznaka	Oblast korištenja
<i>Termoplastične mase</i>		
Polietilen	PE	Folije, formatizirani predmeti
Polipropilen	PP	Tehnički dijelovi, npr. u automobilskoj industriji
Polivinilhlorid	PVC	Folije, okviri prozora i vrata, izolacija električnih kablova, vodovodne i kanalizacione cijevi
Polistirol	PS	Posude za jednokratnu upotrebu, boce, šprice
Poliamid	PA	Zupčanci, vlaknasti materijali, kućišta el. aparata
<i>Duroplastične mase</i>		
Poliester	UP	Livene smole, lakovi, mase za ispunu
Epoksidne smole	EP	Lakovi, livene smole, ljepila
Fenolne smole	PF	Izolacioni materijali za električne kablove, livene i smole lakova, ljepila za drvo
Melaminske smole	MF	Ljepilo za drvo, lakovi
Poliuretan	PUR	Pjenasti materijali, mase za ispunu, lakovi
<i>Elastomerne plastične mase</i>		
Prirodni kaučuk	NR	Meke i tvrde gume, unutrašnje gume za automobile
Stirol-butadin kaučuk	SBR	Automobilske gume
Polibutadin	BR	Automobilske gume, izolacioni i obložni materijali
Polihlorpropen	CR	Transportne trake, obloge kablova, pjenaste gume, zaštitna odijela

Poliolefini (PO) su polimerisati etena i drugih alifatnih ugljovodika, koji kao monomeri grade duplu vezu. Glavni predstavnici poliolefina su polietilen (PE) i polipropilen (PP). Danas se najviše koriste polietileni koji polimerizuju na niskim i srednjim pritiscima. U zavisnosti od veličine pritiska odvijaju se različiti stepeni polimerizacije, pri čemu se kod visokih pritisaka dobivaju polietileni visoke gustoće (PEHD), a na nižim pritiscima polietileni niske gustoće (PELD). Polietileni su lake plastične mase ($\rho = 0,90 - 0,96 \text{ g/cm}^3$), prozirni su, savitljivi, hemijski postojani prema vodi, pa čak i prema sumpornoj i fluorovodoničkoj kiselini. Polietileni se lako prerađuju livenjem, presovanjem, ekstrudiranjem i svim postupcima termoformiranja. Imaju veliku primjenu u proizvodnji folija za ambalažu, za izolacione radove u građevinarstvu, za zaštitu dna i gornje površine deponija otpada (PEHD – polietilenske folije visoke gustine) i sl. Od polietilena proizvode se vodovodne i kanalizacione cijevi, kontejneri, boce za sokove, mlijeko, deterđent i sl. Od polipropilena (PP) proizvode se čaše, boce i drugi ambalažni proizvodi, te folije koje se skupljaju pri zagrijavanju radi čega se one koriste za pakovanje namirnica i druge tehničke robe. Plastični proizvodi od polipropilena (PP) postaju krti na temperaturi od 0°C , radi čega imaju ograničenu upotrebu.

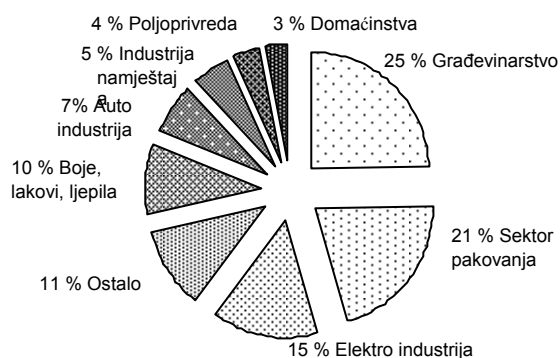
Polivinilhlorid (PVC) pripada grupi halogenih polimera i predstavlja najuniverzalniju vrstu plastičnih masa. Proizvodi se sintezom iz etina i hlorovodonične kiseline ili iz etena i hlora. Zbog toga se u procesu proizvodnje polivinilhloridu (PVC) dodaju različiti aditivi radi sprečavanja štetnog djelovanja hlora na okoliš. Dodatkom omekšivača (npr. dioktilftalata) i stabilizatora, dobivaju se omekšani (fleksibilni) proizvodi, dok se bez dodatka omekšivača dobivaju tvrdi proizvodi. Polivinilhlorid (PVC) je termoplastična masa koja se odlikuje visokom žilavošću, čvrstoćom na kidanje i otpornošću na habanje. Proizvodi od polivinilhlorida (PVC) koriste se u temperaturnom intervalu od -35°C do 100°C .

Polistirol (PS) je najstarija, najjeftinija i najviše upotrebljavana plastična masa. Dobiva se polimerizacijom stirola (vinil-benzola). Polistirol (PS) sa nižom molekulskom masom koristi se za proizvodnju lakova, dok sa višom molekulskom masom se koriste za izradu čvrstih

plastičnih predmeta ili elastičnih kopolimera u kombinaciji sa kaučukom (sintetički kaučuk). Od kopolimera najveći značaj imaju elastomeri, koji čine mješavinu: polistirol-prirodni kaučuk, polistirol-butadien, polistirol-akrilonitril i kopolimerizovani ABS polimer (akrilonitril-butadien-stirol). Od ovih kopolimera proizvode se sintetički kaučuci i mnogi drugi proizvodi koji treba da budu dovoljno elastični i otporni na udar (npr. unutrašnje kutije za frižidere, dijelovi radio i televizijskih aparata, posude za domaćinstvo, igračke i sl.).

Poliamidi (PA) se dobivaju kondenzacijom adipinske kiseline i heksametalen-diamina (poliamid 6/6) ili polikondenzacijom kaprolaktama (poliamid 6/0). Poliamidi (PA) su postojani prema uljima i benzinima, ali ih rastvaraju kiseline, fenoli i krezoli a osjetljivi su i prema drugim oksidirajućim sredstvima i sunčevoj svjetlosti. Glavno područje primjene poliamida (PA) je proizvodnja vlakana za razne vrste četki, a u kombinaciji sa tekstilom služe za proizvodnju pogonskiog remenja, transportnih traka i automobilskih guma. Primjena pastičnih masa kako u industriji tako i u domaćinstvima je izuzetno široka. Na slici 1 data je procjena korištenja plastičnih masa po oblastima [2].

U tabeli 2 dat je pregled korištenja plastičnih masa za proizvodnju predmeta za potrebe domaćinstava [2]. U građevinarstvu, proizvodi od plastičnih masa se koriste za duži vremenski period, dok proizvodi od plastičnih masa za potrebe pakovanja, odnosno za ambalažu se koriste za kratki vremenski period. U zavisnosti od dužine korištenja proizvoda od plastičnih masa zavisi i produkcija otpada plastičnih masa. U posljednje vrijeme prisutna je tendencija povećane proizvodnje dijelova za potrebe automobilske industrije od plastičnih masa, što znatno utiče i na povećanje produkcije ovih otpada. Glavna sirovina za proizvodnju plastičnih masa je nafta. Oko 4 % ukupne svjetske proizvodnje nafte koristi se za proizvodnju plastičnih masa.



Slika 1. Procjena korištenja plastičnih masa u svijetu

Tabela 2. Vrste plastičnih masa za proizvodnju predmeta za domaćinstva

Vrste proizvoda za domaćinstva	Vrste plastičnih masa
Posude, pribor za jelo, dijelovi za mašine	PE, PP, PVC, PA, PS, PC
Stolnjaci, prekrivači	PVC (meki)
Oprema za kupatila	PVC
Folije za pakovanje	PE
Vrećice za nošenje	PE, PVC
Folije za zamotavanje životnih namirnica	PE (aluminijum), PETP
Posude za kuhanje	PE
Boce za tečnosti (piće, ulje, pranje)	PVC, PE
Korpe za voće, doze za pakovanje, čaše	PVC, PS, PE
Velike posude, boce, kanisteri	PE, PP, PVC

2 VRSTE OTPADA PLASTIČNIH MASA

Otpadi plastičnih masa u domaćinstvima, industrijskim pogonima, trgovačkim objektima i drugim javnim ustanovama produkuju se:

- u tehnološkim procesima proizvodnje plastičnih masa,
- kod obrade i prerade plastičnih masa i
- kod korištenja proizvoda od plastičnih masa.

U kućnom otpadu najveći udio otpada plastičnih masa od oko 90 % odnosi se na otpade od termoplastičnih masa i to od polietilena (PE), polipropilena (PP), polistirola (PS) i polivinilhlorida (PVC) (tabela 3) [3].

Prema dužini vremenskog korištenja, proizvodi iz plastičnih masa se dijele na kratkotrajne proizvode (period korištenja kraći od 1 godine) i dugotrajne proizvode (period korištenja duži od 1 godine). Udio ovih proizvoda u ukupnoj masi proizvoda od plastičnih masa iznosi [4]:

- Kratkotrajni proizvodi do 1 godine 20 %
- Dugotrajni proizvodi od 1 do 8 godina 15 %
- Dugotrajni proizvodi od 8 do 50 godina 65 %

Tabela 3. Prosječni sadržaj otpada plastičnih masa u kućnom otpadu

Vrsta otpada plastičnih masa	Sadržaj u kućnom otpadu, mas. %
Polietilen (PE), polipropilen (PP)	52
Polistirol (PS)	23
Polivinilhlorid (PVC)	14
Ostale vrste	11
Ukupno	100

Prema tome, oko 80 % proizvoda od plastičnih masa koji u toku jedne godine dolaze u otpad spadaju u dugotrajne, a oko 20 % u kratkotrajne proizvoda. Visoki udio dugotrajnih proizvoda i visoki stepen korištenja proizvoda od plastičnih masa određuje buduću produkciju otpada plastičnih masa. Prema prognozama količina otpada od plastičnih masa u narednom periodu u svijetu znatno će porasti zbog povećanja potrošnje i korištenja dugotrajnih proizvoda od plastičnih masa.

Sa stanovišta ponovnog iskorištavanja najintersantniji su otpadi poliolefinskih plastičnih masa (PO). Iz ovih otpada moguće je, sortiranjem dobiti korisne komponente za proizvodnju novih proizvoda. Dosadašnja svjetska iskustva dala su pozitivne rezultate izdvajanja ovih vrsta plastičnih masa iz kućnog otpada u postrojenjima za sortiranje.

3 PROBLEMATIKA RECIKLAŽE OTPADA PLASTIČNIH MASA

Za efikasnu obadu, odnosno reciklažu otpada plastičnih masa od posebnog značaja je organizacija skupljanja ovih otpada. Od vrste i obima međusobnog miješanja pojedinih vrsta otpada plastičnih masa sa kućnim i sličnim otpadima zavisi i stepen njihovog onečišćenja. Stepenn onečišćenja, odnosno miješanje drugih vrsta otpada sa određenom vrstom otpada plastičnih masa direktno utiče i na efikasnost reciklaže ovih otpada. Najveći uticaj na efikasnost procesa reciklaže otpada plastičnih masa imaju sljedeći faktori:

Uticaj onečišćenja otpada na efikasnost reciklaže: Prema porijeklu, onečišćenje otpada plastičnih masa se dijeli u tri grupe:

- Onečišćenje usljed kontakta sa drugim vrstama otpada,

- Onečišćenje koje je nastalo upotrebom samog proizvoda i
- Onečišćenje koje je nastalo miješanjem sa drugim vrstama otpada.

Onečišćenje koje je nastalo miješanjem sa drugim vrstama otpada je najveće kod konvencionalnog načina skupljanja. Prema istraživanjima, stepen ovog onečišćenja iznosi od 5 do 10 %. Razdvojenim skupljanjem pojedinih komponenti otpada ovaj stepen se može znatno smanjiti [7].

Onečišćenje koje je rezultat upotrebe samog proizvoda od plastičnih masa (posude, čaše, boce i sl.) nastaje prije svega od naljepnica na tom proizvodu, metalnih čepova i ostatka punjenog materijala u samom proizvodu. Zbog nezatne mase proizvoda od platičnih masa u odnosu na materijal koji je punjen u tom proizvodu i kod ostatka punjenog materijala od svega 1 %, onečišćenje može iznositi od 10 do 35 mas. %. Kod većeg ostatka punjenog materijala u proizvodu (npr. pola napunjene posude sa margarinom) onečišćenje može biti 10 do 30 puta veće od same mase plastične posude. U tabeli 4 dat je srednji stepen onečišćenja za tri tipična pakovanja u domaćinstvu [4]. Ovaj stepen onečišćenja iznosi od 28 do 60 % mase plastičnog proizvoda. Svi materijali koji se pune u plastične proizvode imaju visoku vlažnost. Sušenjem plastičnih proizvoda može se smanjiti njihovo onečišćenje od 5 do 15 %.

Tabela 4. Onečišćenje proizvoda od plastičnih masa od ostatka punjenog materijala

Parametar	Jed. mjere	Posuda za sir	Čaša za jogurt	Boca za deterdžent
Punjeni materijal	g	500	150	500
Ostatak	g	4,5	5,0	18,0
Udio ostatka	mas. %	0,9	3,3	3,0
Masa plastičnog proizvoda	g	9,0	3,3	47,0
Onečišćenje	mas. %	33,0	60,0	28,0

Sadržaj drugih vrsta otpada u otpadu plastičnih masa zavisi od postupka skupljanja. Kod skupljanja otpada plastičnih masa potrebno je koristiti posebni kontejner sa velikim otvorom za ubacivanje krupnih komada otpada.

Za ponovno korištenje otpada plastičnih masa iz domaćinstava koji se koriste za dobivanje visoko korisnih proizvoda, potrebno je vršiti njihovo čišćenje i izdvajanje drugih vrsta otpada. Zalijepljeni materijali za proizvode od plastičnih masa, po pravilu, se izdvajaju pranjem sa vodom. Preostali strani materijali moraju se odgovarajućim postupcima izdvojiti, odnosno sortirati (npr. postupcima prema gustoći, veličini komada, električnoj provodljivosti i sl.).

Uticaj miješanja drugih vrsta otpada na efikasnost reciklaže: Mješanje različitih vrsta otpada plastičnih masa smanjuje kvalitet reciklaže određene vrste otpada plastičnih masa. U tabeli 5 data je ocjena mogućnosti miješanja različitih vrsta otpada plastičnih masa u odnosu na kvalitet novog proizvoda. Četiri najčešće vrste plastičnih masa u kućnom otpadu (PE, PP, PS i PVC) nisu podesne za miješanje i zbog toga se one ne koriste u mješavini za proizvodnju vrijednijih proizvoda [5]. Zbog ovoga moraju se uzeti u obzir osobine svih materijala koji se nalaze u otpadu plastičnih masa, npr. indeks topivosti za PELD.

Proizvodnju kvalitetnijih proizvoda od plastičnih masa moguće je vršiti samo iz određene vrste razdvojene plastične mase u kojoj nema veći udio drugih vrsta ovih otpada (npr. korištenje polietilena (PE) ograničeno je na minimalni sadržaj od 60 do 70 mas. %). Sortiranje otpada plastičnih masa nije samo ekonomski ograničeno, nego je u nekim slučajevima i tehnički neizvodljivo, npr. kod obrade opada koji se sastoje iz više slojeva različitih vrsta plastičnih masa (višeslojna ambalaža), kao polietilen (PE), polipropilen (PP),

polikarbonat (PC) ili poliakrilnitril (PAN) [5]. Različite vrste plastičnih masa u ovim proizvodima imaju različite uloge. Neke da spriječe migraciju punjenih materijala ili da ojačaju gornju površinu proizvoda (tetra-packt i sl.).

Uticaj aditiva na mogućnost reciklaže: Kod proizvodnje određenih proizvoda od plastičnih masa koriste se razni aditivi u zavisnosti od oblasti korištenja gotovih proizvoda, odnosno od proizvodnog procesa i funkcije aditiva. Udio aditiva (npr, za omekšavanje, punila i ojačanje ovih proizvoda može iznositi i do 70 mas. %). Aditivi se koriste u samom proizvodnom procesu, tzv. proizvodni aditivi, pri čemu se razlikuju:

- aditivi za stabilizaciju,
- aditivi za modifikaciju i
- aditivi kao pomoćna sredstva.

Aditivi za stabilizaciju imaju zadatak da spriječe prijevremenu polimerizaciju monomera i termičko razlaganje ili oksidaciju kod reciklaže termoplastičnih masa. Stabilizacijski aditivi dovode do poboljšanja postojanosti gotovih proizvoda na svjetlost, toplotu i kisik. Za gotovo sve plastične mase koriste se hemijski višenamjenski stabilizatori, koji ulaze u sastav polimera i moraju ispuniti zahtjeve za određeni proizvod.

Tabela 5. Mogućnost miješanja različitih vrsta otpada plastičnih masa (1 - veoma podesna mješavina, 6 - nepodesna mješavina)

	Polistirol	Stirol-akrilnitril-kopolimer	ABS	Poliamid	Polikarbonat	Polivinilhlorid	Polipropilen	Polietilen
Polistirol	-							
Stirol-akrilnitril-kopolimer	6	-						
ABS	6	1	-					
Poliamid	4-5	6	6	-				
Polikarbonat	5-6	2	2	6	-			
Polivinilhlorid	6	2	3	6	5	-		
Polipropilen	6	6	6	6	6	6	-	
Polietilen	6	6	6	6	6	6	6	-

Aditivi za modifikaciju koriste se kao omekšivači, punila, sredstva za bojenje, sredstva za zaštitu od plamena i sl.:

- Omekšivači koji se dobivaju iz teškoisparljivih tečnosti, čije molekule povezuju molekule plastičnih masa. Omekšivači smanjuju djelujuće sile između molekula i samim tim smanjuju krtoš i čvrstoću plastičnih masa.
- Punila su anorganski ili organski dodaci u čvrstom obliku, koji mijenjaju sastav i strukturu plastičnih masa. Služe djelimično i za smanjenje cijene plastičnih masa (neaktivna punila od kamenog brašna, papirnih vlakana, drvenog brašna) ili za poboljšanje čvrstoće proizvoda (aktivna punila).
- Obojeni materijali su anorganski ili organski pigmenti koji povećavaju hemijsku i termičku postojanost.
- Sredstva za zaštitu od plamena smanjuju gorivost.

Aditivi kao pomoćna sredstva koriste se:

- kao sredstva za smanjenje ljepljivosti i žilavosti kod reciklaže i poboljšanje sposobnosti tečenja, boljeg miješanja kao i glatkoće gornje površine proizvoda,
- za proizvodnju emulzija,
- za ubrzanje hemijskih reakcija kod smola i dr.

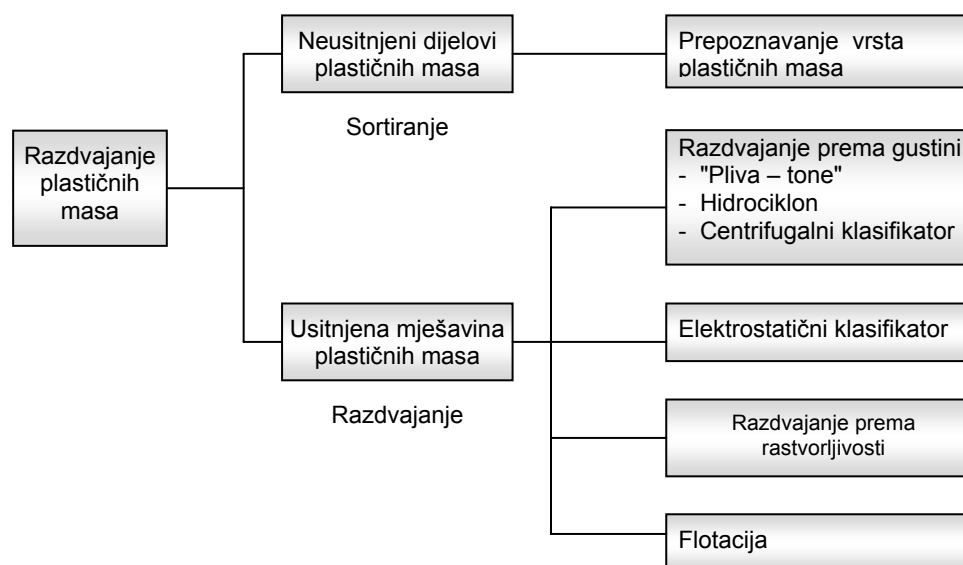
Veliki broj aditiva sastoji se iz halogenih ili metal-organskih jedinjenja, koji djelimično negativno utiču na okoliš. U tabeli 6 dat je pregled nekih aditiva koji mogu negativno uticati na okliš [4].

Tabela 6. Aditivi koji mogu imati negativan uticaj na okoliš

Aditiv	
Stabilizatori	Teški matali, naročito olovo (Pb), kadmijum (Cd), sumporni (S) i bakarni (Cu) halogeni spojevi
Glat sredstva	Olovni (Pb) i cinkani (Zn) spojevi
Omekšivači	Hlorparafini
Punila i sredstva za očvršćavanje	Azbest
Pigmenti i sredstva za bojenje	Spojevi na bazi kadmijuma (Cd)
Sredstva za zaštitu od požara	visoko hlorni parafini, halogeni Sb_2O_3 sinterist bromni spojevi
Sredstva za zaštitu od plamena	halogeni

4 POSTUPCI RAZDVAJANJA I SORTIRANJA OTPADA PLASTIČNIH MASA

Čistoća otpada plastičnih masa je osnovna pretpostavka za njihovo efikasno iskorištavanje i dobivanje proizvoda konstantnog kvaliteta. Iz ovog slijedi, da postupci razdvajanja i sortiranja otpada plastičnih masa imaju presudan značaj za njihovo ponovno korištenje [6]. Na slici 2 dat je pregled najčešće korištenih postupaka za razdvajanje i sortiranje otpada plastičnih masa. U praksi najveću primjenu imaju postupci razdvajanja i sortiranja prema razlici gustina i elektrostatičkim osobinama pojedinih vrsta otpada plastičnih masa [7].



Slika 2. Pregled postupaka za razdvajanje i sortiranje plastičnih masa

4.1 Sortiranje otpada plastičnih masa prema razlici gustine

Optimalni rezultati sortiranja otpada plastičnih masa postižu se postupkom prema razlici njihovih gustina. Tako se mogu npr. plastične mase iz skupljene mješavine kućnog otpada dobro razdvojiti u komponente poliolefina (PE i PP), polistirola (PS), polivinilhlorida (PVC) i ostatak. Priprema mješavine za sortiranje po ovom postupku može se izvršiti ručnim pedsortiranjem ili drugim postupcima sortiranja. Teoretski proces sortiranja pojedinih vrsta plastičnih masa se može ostvariti ako je razlika njihove gustine $\rho > 0,02 \text{ g/cm}^3$. Sortiranje otpada plastičnih masa prema gustini vrši se po tri postupka:

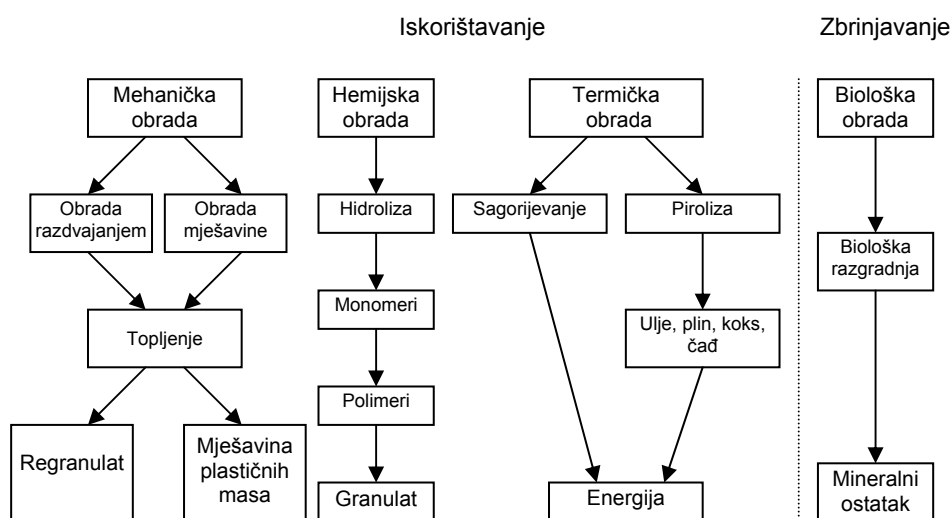
- "pliva – tone",
- sortiranje u hidrociklonu i
- sortiranje u centrifugalnom klasifikatoru.

4.2 Razdvajanje otpada plastičnih masa elektrostatičkim postupkom

Elektrostatički postupak razdvajanja komponenti otpada plastičnih masa je suvi postupak. Razdvajanje pojedinih komponenti vrši se na bazi različitog elektrostatičkog punjenja ovih komponenti otpada plastičnih masa. Ovoj mješavini se dodaje podesno sredstvo za kondicioniranje i pod uticajem međusobnog trenja dolazi do elektrostatičkog punjenja, što u suštini predstavlja predpripremu. Elektrostatički napunjene usitnjene frakcije otpada plastičnih masa se uvode u visokonaponski klasifikator, u kome se pod dejstvom anode i katode vrši razdvajanje pojedinih komponenti otpada plastičnih masa.

5 POSTUPCI RECIKLAŽE OTPADA PLASTIČNIH MASA

Recikliranje otpada plastičnih masa principijelno se može vršiti mehaničkim, hemijskim i termičkim postupcima. Mehaničkim postupcima dobiva se regranulat ili miješane komponente, koje se kao sekundarne sirovine koriste za proizvodnju novih proizvoda. Hemijskim i termičkim postupcima dobivaju se osnovne komponente plastičnih masa koje se koriste za dobivanje energije (slika 3).



Slika 3. Postupci reciklaže otpada plastičnih masa

Kod biološke razgradnje otpada plastičnih masa sadržana energija u njima se, djelovanjem bakterija, pretvara u ugljendioksid (CO_2) i vodu (H_2O), pri čemu mineralne supstance ostaju kao ostatak. Za razliku od mehaničkih, hemijskih i termičkih postupaka reciklaže otpada plastičnih masa kod kojih se vrši materijalno i energetska iskoristavanje, kod biološke

razgradnje otpada plastičnih masa nema iskorištavanja. Biološka razgradnja ovih obrada vrši se radi njihovog konačnog zbrinjavanja, naročito posebnih otpada plastičnih masa na okolinski prihvatljiv način. Pri mehaničkim, hemijskim i termičkim postupcima reciklaže otpada plastičnih masa, posebno pri reciklaži mješavine ovih otpada, dolazi do produkcije određenih količina otpada koji se moraju zbrinuti zajedno sa komunalnim otpadom, bilo odlaganjem u uređene deponije otpada ili u odgovarajućim postrojenjima za sagorijevanje otpada.

Iskorištavanje recikliranih plastičnih masa na današnjem nivou tehnike i tehnologije vrši se sljedećim postupcima:

- Pirolizom
- Topljenjem
- Hidrolizom
- Sagorijevanjem.

6. LITERATURA

- [1] Sredojević J.: Reciklaža otpada, Mašinski fakultet, Zenica 2006.
- [2] Haerdle G., Marek K., Bilitewski B., Kijewski K.: Recycling von Kunststoffabfällen; Erich Schmidt Verlag, Berlin 1998.
- [3] Sredojević J.: Obrada i deponije otpada, Mašinski fakultet, Zenica 2003.
- [4] Eder G.: Aufkommen und Schadstoffbelastung von Kunststoffabfällen, in: Thome-Kozmiensky: Recycling von Kunststoffen I, S.31-37, EF-Verlag, Berlin 1987.
- [5] Peters H.: Die Wand des Behälters besteht aus sechs Schichten verschiedener Werkstoffe, in Handelsblatt von 29.04.1997.
- [6] Sredojević J.: Razdvojeno skupljanje komponenti otpada uslov za efikasnu reciklažu i zaštitu okoliša, 4th Research/Expert Conference with International Participation Quality2005., Fojnica B&H, 2005.
- [7] Sahn L.: Getrenntes Sammeln von verwertbaren Stoffen aus Hausmüllabfällen und deren Wiederverwertung oder Vermarktung in T.J. Thome-Kozmiensky: Recycling von Haushaltsabfällen, S 10-17, 1987.
- [8] Čehajić A.: Stanje i pravci poboljšanja odlaganja otpada u Unsko-sanskom kantonu, 4th Research/Expert Conference with International Participation Quality2005., Fojnica B&H, 2005.