

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet strojarstva i brodogradnje

Vedran Polović, univ. bacc. ing. str.

Mario Kozina, univ. bacc. ing. str.

Marko Dimnjašević, univ. bacc. ing. str.

Rasplinjavanje biomase

Zagreb, 2009.

Ovaj rad izrađen je na Fakultetu strojarstva i brodogradnje na zavodu za termodinamiku, toplinsku i procesnu tehniku u laboratoriju za toplinu i toplinske uređaje pod vodstvom Srećka Švaića, prof.dr.sc. i Ivanke Boras, prof.dr.sc. i predan je na natječaj za dodjelu rektorove nagrade u akademskoj godini 2008/2009.

Popis kratica i oznaka:

H_2	-vodik
CO	-ugljični monoksid
CH_4	-metan
CO_2	-ugljični dioksid
O_2	-kisik
H_2O	-voda
N_2	-dušik
c	-maseni udio ugljika u gorivu
h	- maseni udio vodika u gorivu
o	- maseni udio kisika u gorivu
s	- maseni udio sumpora u gorivu
w	- maseni udio vlage u gorivu
a	- maseni udio pepela u gorivu
K_B	-koeficijent Boudouardove reakcije
K_W	-koeficijent reakcije vodenog plina
K_M	-koeficijent stvaranja metana
T	-termodinamička temperatura

A	-koeficijent kisika
B	- koeficijent vodika
C	- koeficijent ugljika
λ	-pretičak zraka
O_{\min}	-minimalna potrebna količina kisika za izgaranje
H_d	-donja ogrjevnost vrijednost goriva
H_z	-entalpija zraka koji ulazi u ložište sa okolišnom temperaturom
H_{dp_iz}	-entalpija dimnih plinova na izlazu iz rasplinjača
H_{d_p}	-donja ogrjevnost vrijednost proizvedenog plina ili se može reći: gubitak zbog nepotpunog izgaranja u procesu rasplinjavanja
q_{n_z}	-protok zraka po kilogramu rasplinjenog goriva
q_p	-molni protok nastalog plina po kilogramu goriva
$C_{M_{N_2}}$	-specifični toplinski kapacitet dušika
$C_{M_{CO}}$	-specifični toplinski kapacitet ugljičnog monoksida
$C_{M_{CO_2}}$	-specifični toplinski kapacitet ugljičnog dioksida
$C_{M_{CH_4}}$	-specifični toplinski kapacitet metana
$C_{M_{H_2O}}$	-specifični toplinski kapacitet vode
C_{M_p}	-specifični toplinski kapacitet proizvedenog plina
T_{ok}	-temperatura okoliša
L_{\min}	-stehiometrijski protok zraka po kilogramu rasplinjenog goriva
H_{g_p}	-gornja ogrjevnost vrijednost proizvedenog plina
ch_4	-molni udio metana po kilogramu goriva

CO	-molni udio ugljičnog monoksida po kilogramu goriva
H_2	-molni udio vodika po kilogramu goriva
N_2	- molni udio dušika po kilogramu goriva
H_2O	- molni udio vode po kilogramu goriva
CO_2	- molni udio ugljičnog dioksida po kilogramu goriva
H_{CH_4}	-gornja ogrjevna vrijednost metana
H_{CO}	-gornja ogrjevna vrijednost ugljičnog monoksida
H_{H_2}	-gornja ogrjevna vrijednost vodika
S.V.	-sadržaj vlage

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Tehnologija rasplinjavanja	3
2.1. Uvod u tehnologiju rasplinjavanja	3
2.2. Aplikacija rasplinjavanja	6
2.2.1. Proizvodnja plina u toplinske svrhe	7
2.2.2. Korištenje rasplinjavanja u svrhu proizvodnje mehaničke ili električne energije	8
2.2.3. Zahtjevi za operativno osoblje	10
2.2.4. Ekološke posljedice korištenja tehnologije rasplinjavanja	11
2.3. Gorivo	12
2.3.1. Ogrjevna vrijednost goriva	13
2.3.2. Sadržaj vlage u gorivu	14
2.3.3. Udio ne gorivih tvari u gorivu	15
2.3.4. Reaktivnost goriva	16
2.3.5. Veličine čestice i homogenost goriva	17
2.3.6. Osnovne vrste goriva u upotrebi za rasplinjače	18
2.4. Tipovi rasplinjača	21
2.4.1. Protusmjerni rasplinjač	21
2.4.2. Istosmjerni tip rasplinjača	23
2.4.3. Unakrsni tip rasplinjača	24
2.4.4. Rasplinjač s fluidiziranim slojem	26
3. Teorija rasplinjavanja	28
3.1 Postupak proračuna	30

4. Konstrukcija rasplinjača za bio-masu	35
4.1. Komora za izgaranje s podnicom	38
4.2. Rešetka sa uškom tresača	39
4.3. Tresni mehanizam	41
4.4. Kućište rasplinjača	46
4.5. Spremnik goriva	50
4.6. Obujmica	55
4.7. Montaža rasplinjača	57
5. Opis rada rasplinjača	58
6. Rasplinjavanje bio-mase (sastav generiranog plina)	59
7. Zaključak	62
8. Popis literature	63
9. Sažetak	65
10. Summary	68
11. Prilog (sklopni crtež rasplinjača biomase)	

1. Uvod

Biomasa je obnovljivi izvor energije koji uključuje ogrjevno drvo i drveni otpad iz šumarstva, piljevinu, koru, drveni ostatak iz drvne industrije itd.. Između različitih vrsta biomase drvna ima najširu primjenu. Najstariji način korištenja drveta je izgaranje na otvorenom. Uz taj način postoje još niz načina iskorištenja energije sadržane u biomasi kao što su izgaranje u pećima i kaminima, rasplinjavanje, dobivanje tekućeg goriva, plina i topline pirolizom.

Kruta goriva se mogu oplemeniti ako ih pretvorimo u plinovita. O oplemenjivanju govorimo zato što se plinovi lakše i bolje mogu miješati sa zrakom za izgaranje, te se plin može dovesti cjevovodima baš ondje gdje je potreban.

Dva glavna procesa oplemenjivanja krutih goriva su: otplinjavanje i rasplinjavanje. Otplinjavanje je proces suhe destilacije krutog goriva bez dovodenja kisika gorivu, a u svrhu stvaranja plina bogatog s H_2 i CO za korištenje u kemijskoj industriji. Ovaj način oplemenjivanja krutog goriva nije predmet ovoga rada, već rasplinjavanje koje je puno interesantnije s toplinsko-tehničkog aspekta, pa će se ovaj rad posebno pozabaviti tim procesom [14].

Rasplinjavanje je proces izgaranja uz nedostatak kisika, te se zbog toga može govoriti o nepotpunom izgaranju. Produkt rasplinjavanja je generatorski plin bogat s CO , CH_4 i H_2 , kojega je moguće koristiti u raznim postrojenjima. Ovisno o mjestu korištenja plina različite su i prednosti korištenja ovakvog generatorskog plina u odnosu na kruta goriva.

Proces rasplinjavanja je zanimljiv iz raznih tehničkih aspekata. Puno je lakša i bolja regulacija snage u termoenergetskim postrojenjima. Predstavlja osnovnu za tehnologiju korištenja ugljena sa nultim emisijama, ali isto tako predstavlja mogućnost povećanja

energetske efikasnosti termoenergetskih blokova na kruta goriva. Zbog svih tih razloga je tehnologija rasplinjavanja veoma zanimljiva, te je potrebno provesti niz analiza da se dokaže ekonomska i tehnička isplativost korištenja ove tehnologije.

U ovom radu će biti dan povijesni pregled upotrebe i razvoja ove tehnologije, termodinamički proračun, te jednu od mogućih konstrukcijskih rješenja.

2. Tehnologija rasplinjavanja

2.1. Uvod u tehnologiju rasplinjavanja

Početak korištenja rasplinjavanja započinje krajem 18.-tog stoljeća u Europi, kada se uglavnom koristilo rasplinjavanje ugljena i treseta. Plin dobiven rasplinjavanjem se koristio za uličnu rasvjetu (gradski plin), za grijanje, rasvjetu kućanstava i kuhanje [4]. Pronalaskom velikih naftnih polja u Americi sredinom 19. stoljeća, i sigurnije opskrbe naftnim derivatima, uporaba rasplinjavanja polagano nestaje u razvijenijim industrijskim



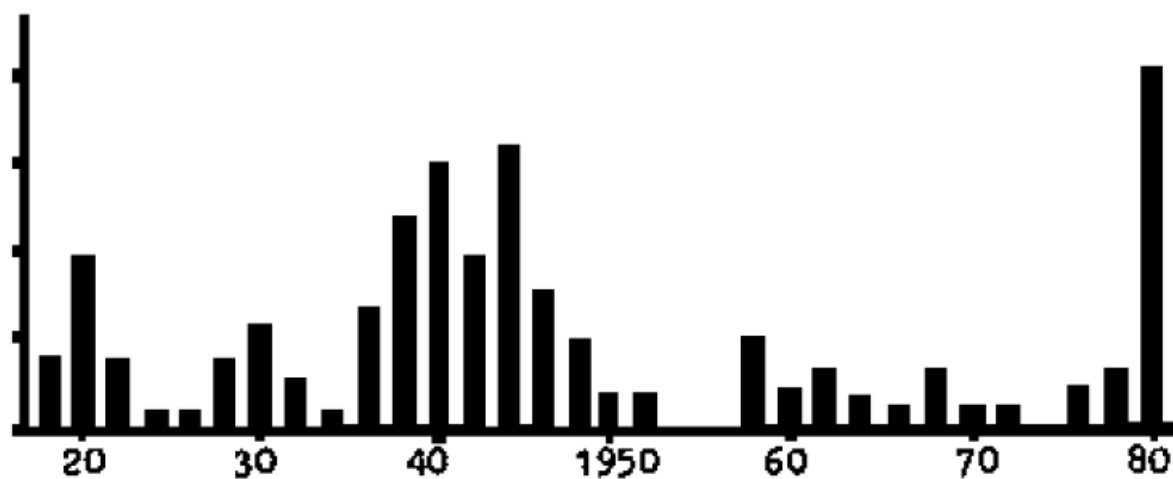
Slika 1. Primjer korištenja rasplinjača u 20. st.

državama, i zamjenjuje se jeftinijim i za uporabu prikladnijim i jednostavnijim gorivom, naftom.

Za vrijeme drugog svjetskog rata dolazi do nestašice nafte, te se proces rasplinjavanja ponovo vraća u upotrebu u razvijenije države zapadne Europe. Rasplinjavanje drveta koristi se za održavanje rada vitalnih dijelova ekonomije poput transporta, poljoprivrede i bolnica. U to se vrijeme koristi preko milijun jedinica s rasplinjačem po cijeloj Europi.

U državama koje nisu imale problem nestašice nafte u drugom svjetskom ratu, poput SAD-a, ova tehnologija se nije značajnije koristila i razvijala. Zbog ekonomskih razloga (jeftine uvozne nafte), relativno složene upotrebe, zdravstvene opasnosti uslijed otrovnih otpadnih plinova, tehnologija rasplinjavanja se nakon drugog svjetskog rata ubrzo napušta nakon što je opskrba nafte ponovo postala dostupna 1945.

Interes za tehnologijom rasplinjača je usko povezana sa cijenama i dostupnošću nafte, kao što je vidljivo na slici 2.



Slika 2. Korištenje rasplinjavanja tijekom 20. st.

Tijekom 1973. i ponovo 1979. godine, zbog rasta cijena nafte javlja se veliki interes za tehnologijom rasplinjavanja u razvijenim zemljama koje su bile ovisne o uvozu nafte, a imale su veće zalihe bio-mase [5].

Također danas, uslijed ponovne naftne krize postoji povećan interes za rasplinjavanjem. Zemlje u razvoju, zbog nedovoljno razvijene energetske infrastrukture, jeftine radne snage, i sa velikim izvorima jeftine biomase, poput Indije, Kine, južnoameričkih i afričkih država, danas prednjače u korištenju rasplinjavanja za podmirivanje svojih energetske potreba [4].

Činjenica je da zemlje u razvoju, pogotovo ruralne sredine, pretežno koriste motore s unutrašnjim izgaranjem u svrhu proizvodnje električne energije, pogon pumpi za navodnjavanje i za pogon mlinova. Tehnologija rasplinjavanja omogućuje korištenje drugih pogonskih goriva u tim motorima, kao što su ugljen i drvo. Zemlje poput Kine, Indije, Brazila, Indonezije, Filipina i Tajlanda imaju nacionalne projekte poticanja korištenja tehnologije rasplinjavanja.

Nadalje, karakteristika energetske sustava razvijenih država je ta da se motori s unutarnjim izgaranjem isključivo koriste u prometu, dok su stacionarni strojevi pretežno pokretani električnom energijom proizvedenoj u klasičnim elektranama.

Različita struktura energetske sustava objašnjava mali interes za tehnologijom rasplinjavanja u zapadnim zemljama, dok zemlje u razvoju, poput Kine i Indije, danas prednjače u korištenju tehnologije rasplinjavanja.

Tehnologija rasplinjavanja se može koristiti kako u transportu za pokretanje vozila, tako i za pokretanje stacionarnih motora kao što su električni generatori, pumpe i razna industrijska oprema. U transportu se najčešće koristi za pokretanje benzinskih motora, no moguće su i varijante gdje se koriste i dizelski motori sa manjim preinakama. Postoji mogućnost korištenja dobivenog plina u plinskim turbinama i Stirling motorima.

Plin dobiven rasplinjavanjem se može koristiti i u toplinske svrhe. Prvotnim korištenjem rasplinjavanja krutog goriva i naknadnog spaljivanja dobivenog plina može dosta povisiti efikasnost procesa dobivanja topline iz krutog goriva (bolja mogućnost regulacije, moguća viša temperatura izgaranja), nego samo sa klasičnim spaljivanjem tog krutog goriva.

Prednosti tehnologije rasplinjavanja:

- relativno jednostavan dizajn rasplinjača, što omogućuje laganu proizvodnju rasplinjača tijekom krize
- mogućnost opskrbe energijom za vrijeme naftnih nestašica
- visoka efikasnost korištenja energije iz krutih goriva
- mogućnost korištenja goriva koje se na druge načine ne mogu iskoristiti, kao biomasa i različit otpad
- smanjivanje ovisnosti o uvoznim gorivima

Nedostaci:

- relativno velike dimenzije rasplinjača
- dugo vrijeme starta
- velik udio proizvodnje ugljičnog monoksida, koji je otrovan i u malim količinama
- još uvijek nedovoljno razrađeni dizajn rasplinjača, posebno regulacije, što dovodi do poteškoća pri korištenju
- uporaba rasplinjača zahtjeva kvalificiranije radnike, što predstavlja veliki problem u zemljama u razvoju, zbog nedostatka kvalificiranog kadra u područjima gdje se tehnologija rasplinjača pretežno koristi

2.2. Aplikacije tehnologije rasplinjavanja

Plin dobiven u rasplinjačima se može koristiti u toplinske svrhe, odnosno za direktno spaljivanje i u motorima s unutrašnjim izgaranjem. Nadalje, postoji teoretska mogućnost korištenja tog plina i u plinskim turbinama, što bi zbog mogućnosti korištenja plina visoke temperature bilo veoma efikasno. No zbog nemogućnosti dobivanja potpuno

čistog plina i osjetljivosti plinske turbine na nečistoće pri visokim temperaturama, danas još nije moguće praktično iskoristiti ovu mogućnost. Također, teoretski je moguće koristiti ovaj plin i u Stirling motorima manjih snaga, no ova mogućnosti nije potpuno istražena.

Zbog ovih razloga, većina aplikacija tehnologije rasplinjavanja je u toplinske svrhe i u korištenju dobivenog plina u motorima s unutrašnjim izgaranjem.

2.2.1. Proizvodnja plina u toplinske svrhe

Velika većina današnjih rasplinjača radi u svrhu dobivanja plina koji se koristi za izravno spaljivanje. Razlog tomu su manji zahtjevi na čistoću plina, kao i na ogrjevnu vrijednost plina. Prednost korištenja rasplinjavanja i naknadnog spaljivanja dobivenog plina, u odnosu na direktno spaljivanje korištenog goriva u rasplinjačima, je u mogućnosti povećanja temperature izgaranja, boljem miješanju sa zrakom, te isto tako manjim potrebnim pretičkom zraka, što dovodi do povećanja efikasnosti izgaranja.

Svi tipovi rasplinjača se mogu koristiti za proizvodnju plina za potrebe direktnog spaljivanja, no radi jednostavnije konstrukcije najčešće se koriste protusmjerni rasplinjači za manje sustave (ispod 1 MW toplinske snage), a iznad te snage najčešće se koriste rasplinjači s fluidnim slojem. Većina sustava za spaljivanje konvencionalnih goriva može biti prenamijenjeno za korištenje plina dobivenog rasplinjavanjem.

Najčešća primjena ovog plina je u industrijama keramike, cementa, vapna i metalurškoj industriji. Također, velika je primjena ovih rasplinjača u industriji pića i začina.



Slika 3. Sušara keramike sa rasplinjačem biomase, Indija.

2.2.2. Korištenje rasplinjavanja u svrhu proizvodnje mehaničke ili električne energije

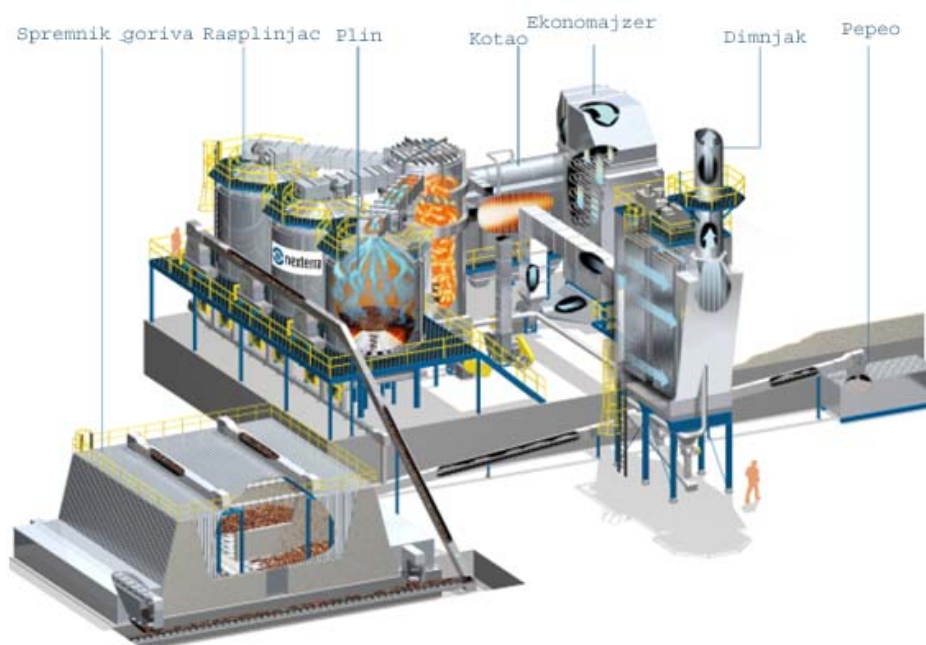
Kod korištenja plina dobivenog rasplinjavanjem u motorima s unutrašnjim izgaranjem, najvažniji faktor su zahtjevi na čistoću dobivenog plina. Plin mora imati udio nečistoća unutar slijedećih parametara [8]:

- čestice prašine: manje od 50 mg/m^3
- katran: manje od 500 mg/m^3
- kisele tvari: manje od 50 mg/m^3

Zbog ovih zahtjeva na čistoću plina, u aplikacijama rasplinjača za pogon motora, najčešće se koriste istosmjerni tipovi rasplinjača, radi mogućnosti dobivanja čisteg plina. Benzinski motori s unutarnjim izgaranjem mogu biti direktno pogonjeni s plinom iz

rasplinjača bez ikakvih modifikacija. Dizelski motori se moraju modificirati ugradnjom mehanizma za paljenje, ili mogu raditi u modu rada s dvije vrste goriva. Od ukupnog potrošenog goriva 90 % otpada na plin iz rasplinjača dok udio dizel goriva iznosi 10% [7], radi mogućnosti paljenja smjese goriva i zraka. Prednost ovakvog sustava je trenutna mogućnost prelaska rada u čisto dizelski rad prilikom kvara rasplinjača. Nedostatak je potreba za dvije vrste goriva.

Snaga koju će motor razvijati direktno ovisi o ogrjevnoj vrijednosti i kemijskom sastavu plina koja se dobiva u rasplinjaču. Uglavnom, zbog manje ogrjevnice moći dobivenog plina, dolazi do smanjenja snage kod korištenja plina iz rasplinjača. Također uslijed strujanja plina kroz različite slojeve goriva u rasplinjaču, dolazi do pada tlaka što isto doprinosi padu ukupne snage (troši se snaga ventilatora, ili usisna snaga klipa kod motora). Procjena je da rad motora s unutarnjim izgaranjem koji koristi plin dobiven iz rasplinjavanja dovodi do pada snage motora od 30% u odnosu na rad na naftno gorivo.



Slika 4. Shematski prikaz termoenergetskog bloka s rasplinjačem



Slika 5. Termoenergetski blok

2.2.3. Zahtjevi na osoblje

Sustav rasplinjača i motora s unutarnjim izgaranjem zahtjeva obrazovaniji kadar, nego što je potrebno kod korištenja dizelskih ili benzinskih motora. Zbog toga što je tehnologija rasplinjavanja u početnom stadiju razvoja, još ne postoji sustav automatske regulacije rada rasplinjača i motora, što postavlja zahtjev na osoblje koje upravlja sustavom rasplinjač – motor. Potrebno je stalno nadzirati temperaturu unutar rasplinjača i pad tlaka, u skladu s tim informacijama dodavati gorivo, tresti rešetku, prilagođavati protok zraka. Sustav rasplinjavanja postavlja zahtjev na redovito čišćenje reaktora i filtera plina od prašine i pepela. Također poslužitelj može biti zadužen za pripremu i kontrolu kvalitete goriva za rasplinjavanje. Ovi problemi kod korištenja rasplinjača u usporedbi sa relativno jednostavnom upotrebom dizel i benzinskih motora predstavljaju prepreku u većoj

upotrebi tehnologije rasplinjavanja za pogon motora. Ovo se naročito odnosi na zemlje u razvoju gdje postoji interes za tehnologijom rasplinjavanja i gdje nedostaje školovanog kadra za rukovanje rasplinjačem. Razvoj relativno jeftinih hardverskih i softverskih rješenja u automatskoj regulaciji u autoindustriji i prilagodba tih rješenja u tehnologiji rasplinjavanja bi uvelike moglo doprinijeti većoj upotrebi ove tehnologije eliminacijom potrebe za stručnim kadrom.

2.2.4. Ekološke posljedice korištenja tehnologije rasplinjavanja

Sustavi rasplinjavanja generiraju kruti, tekući i plinoviti otpad. Kruti otpad je pretežno pepeo koji se pretežno skuplja na dnu rasplinjača. Količine pepela variraju od 1 do 20% od ukupnog goriva, zavisno o vrsti goriva korištenog u rasplinjavanju.

Plinoviti otpad se odnosi na moguće ispuštanje plina CO koji je veoma otrovan i može predstavljati opasnost za osoblje koje rukuje s rasplinjačem. No pošto većina današnjih rasplinjača radi s podtlakom unutar reaktora ispuštanje CO - a su minimalne. Do većeg kontakta između osoblja i CO emisija može doći samo kod starta sustava. Nadalje, u usporedbi s motorima pogonjenim s fosilnim gorivima, goriva korištena u rasplinjavanju obično ne sadrže sumpor tako da nema emisija štetnih sumpornih oksida.

Najveći problem predstavlja generiranje većih količina tekućeg otpada, ponajviše kod protusmjernih tipova rasplinjača, npr. kod korištenja mokrih sustava za pročišćavanje plina. U većini slučajeva dobiveni tekući otpad je veoma otrovan i nekontrolirano ispuštanje istog u okoliš može dovesti do zagađenja pitke vode i ostalih negativnih posljedica. Kod istosmjernih i unakrsnih rasplinjača većinom se koriste suhi sustavi za

čišćenje plina što smanjuje količine tekućeg otpada. Također ovaj problem ne postoji kod aplikacija rasplinjača u toplinske svrhe jer tamo ne postoji zahtjev za čišćenjem plina, gdje se plin koristi zajedno sa svim nečistoćama.

2.3. Gorivo

Biomasa predstavlja gorivo koje je poznato čovjeku od pamtivijeka. Sve do prošlog stoljeća je bilo dominantno gorivo za grijanje i kuhanje u većini zemalja. Danas trećina svjetske populacije još ovisi o biomasi za grijanje [12]. Iako joj je važnost u industrijaliziranim zemljama opala, za zemlje u razvoju je još u dominantnoj ulozi. Biomasa, kao i fosilna goriva, predstavlja uskladištenu sunčevu energiju, no za razliku od fosilnih goriva proces nastajanja biomase je sumjerljiv životnom dobu čovjeka, dok se proces nastajanja fosilnog goriva mjeri u milijunima godina. Zbog te činjenice, kao i zbog činjenice da proces rasta biljaka troši CO₂, biomasa se smatra obnovljivim ekološkim izvorom energije. Također u usporedbi s fosilnim gorivima, biomasa gotovo ne sadrži sumpor, pa ne prouzrokuje zagađenje zraka sulfatima. Postoje 4 načina korištenja biomase kao goriva: biometanizacija, rasplinjavanje biomase, piroliza biomase i direktno spaljivanje biomase. Zadnji način korištenja je najjeftiniji, ali i najmanje efikasan.

Goriva koja potječu iz biomase, a koja su prikladna za rasplinjavanje, uključuju drveni ugljen, drvenu masu, kao i drveni otpad (granje, korijenje, kora, piljevina), kao i različite otpade iz poljoprivrede (klipovi kukuruza, ljuske kokosa, ljuska kave, slamu, žitarice) i treset.

Zbog različitog kemijskog i morfološkog sastava ta goriva imaju i posebne zahtjeve na metodu rasplinjavanja i zbog toga zahtijevaju različite konstrukcije rasplinjača. To znači

da „univerzalni“ rasplinjač, koji bi se mogao koristiti sa svim ovim vrstama goriva ne postoji. Tako razlikujemo: protusmjerni, istosmjerni, unakrsni i rasplinjač s fluidiziranim slojem. Svaka od ovih vrsta rasplinjača će raditi optimalno, uzeto u obzir stabilnost rada, efikasnost i gubitak tlaka, samo u određenim granicama svojstava goriva od kojih su najvažnija:

- ogrjevnost vrijednost
- količina vlage u gorivu
- količina hlapljivih tvari
- količina negorivih tvari i njihov kemijski sastav
- reaktivnost goriva
- veličina čestica goriva i homogenost goriva
- gustoća goriva

2.3.1. Ogrjevnost vrijednost goriva

Na izbor goriva za rasplinjavanje će u velikom djelu utjecati ogrjevnost vrijednost goriva. Točnost metode mjerenja ogrjevnost vrijednosti će utjecati na procjenu količine energije koju možemo dobiti iz jednog sustava rasplinjavanja. Postoje 3 različite ogrjevnost vrijednosti goriva, ovisno o korištenoj bazi:

- gornja ogrjevnost vrijednost goriva se dobiva mjerenjem u kalometrijskoj bombi. Ova vrijednost uključuje dobivenu toplinu kod kondenzacije vode, koju dobivamo tijekom izgaranja. Pošto je ovu toplinu teško iskoristiti tijekom procesa rasplinjavanja ne koristi se za procjenu količine energije koju možemo dobiti iz goriva.
- gornja ogrjevnost vrijednost na bazi goriva bez vlage, koja daje još više rezultate ogrjevnost vrijednosti

- gornja ogrjevnost na bazi goriva bez vlage i bez pepela, koja zanemaruje negorive sastojke u gorivu, i koja također daje prevelike rezultate ogrjevnosti za zadanu masu goriva, pogotovo u slučaju korištenja otpada u poljoprivredi kao goriva

Jedini realni rezultati mjerenja koji se mogu koristiti u izboru goriva za plinifikaciju su oni koji sadrže donju ogrjevnost goriva (bez topline dobivene kondenzacijom proizvedene pare), na bazi koja uzima u obzir količinu pepela (negorivih sastojaka) i vlage u gorivu.

Okvirne ogrjevnosti za drvo, drveni ugljen i treset su dani u tablici 1.

Tablica 1. Ogrjevnosti krutih goriva [8]

Gorivo	Udio vlage (%)	Donja ogrj. vrijednost (kJ/kg)
DRVO	20 - 25	13000 – 15000
DRVENI UGLJEN	2 – 7	29000– 30000
TRESET	35 – 50	12000 - 14000

2.3.2. Sadržaj vlage u gorivu

Važan utjecaj na ogrjevnost dobivenog plina u procesu rasplinjavanja ima sadržaj vlage u gorivu. Sadržaj vlage se može iskazati u odnosu na suhu ili vlažnu bazu [13]:

$$S.V. = \frac{\text{masa vlažnog goriva} - \text{masa suhog goriva}}{\text{masa vlažnog (ili suhog) goriva}} \times 100\%$$

Visok sadržaj vlage u gorivu smanjuje efikasnost zbog toga što se toplina troši na zagrijavanje vlage i manje topline ostaje za procese redukcije i ostale kemijske procese tijekom rasplinjavanja. Zbog toga visok udio vlage u gorivu rezultira niskom ogrjevnom vrijednošću dobivenog plina. Kada se plin koristi u čisto toplinske svrhe moguće je korištenje goriva sa čak do 40% vlage, pogotovo sa protusmjernim rasplinjačima. U istosmjernim rasplinjačima visok udio vlage u gorivu dovodi do male ogrjevne vrijednosti dobivenog plina, zbog smanjene temperature u oksidacijskom sloju koja dovodi do neučinkovite pretvorbe katrana i njegove povećane koncentracije u dobivenom plinu. Zbog toga istosmjerni rasplinjači zahtijevaju goriva do 25% udjela vlage (na suhoj bazi).

2.3.3. Udio negorivih tvari u gorivu

Udio negorivih tvari u gorivu određuje koji je sustav potreban za pročišćavanje dobivenog plina, ako se plin koristi za pogon motora na unutarnje izgaranje. U praksi jedino gorivo koje ne sadrži negorive sastojke je visokokvalitetni drveni ugljen. Kao pravilo se uzima da goriva s udjelom negorivih elemenata većim od 10 % se trebaju koristiti u istosmjernim rasplinjačima, jer u protusmjernom bi veliki dio pepela ostao u dobivenom plinu.

Također pepeo može uzrokovati niz problema u korištenju rasplinjača. Stvaranje šljake i začepljenje rasplinjača, zbog topljenja i okrupnjavanja pepela dovodi do dodatne količine utrošenog rada (povećani gubici tlaka), i ako se mjere čišćenja ne poduzmu mogu dovesti do prekomjernog taloženja katrana i do potpunog začepljivanja reaktora. U najgorem slučaju može dovesti do prodora zraka i eksplozije, pogotovo kod protusmjernih

rasplinjača. Da li će doći do prekomjernog taloženja pepela ovisi o kemijskom sastavu pepela, odnosno temperaturi topljenja pepela.

U pravilu taloženje se ne događa kod upotrebe goriva s udjelom pepela do 6 %, dok sa gorivom koji ima udio pepela iznad 12 % mogu očekivati znatnije taloženje. Za goriva s udjelima pepela od 6 – 12 % važno je poznavati temperature koje se postižu u reaktoru unutar rasplinjača. Ako su one više od temperature topljenja pepela dolazi do taloženja.

Istosmjerni i protusmjerni rasplinjači se mogu koristiti sa gorivima koja sadrže veće količine pepela uz dodatne preinake kao što su automatski sustavi za trešnju rešetke. Rasplinjači s fluidiziranim slojem zbog veće mogućnosti regulacije temperature u reaktoru nemaju velikih problema s topljenjem pepela.

2.3.4. Reaktivnost goriva

Reaktivnost goriva je važan faktor koji određuje brzinu pretvorbe CO_2 u CO u rasplinjaču. Reaktivnost utječe na dimenzije reaktora, pošto propisuje visinu potrebnu za redukcijsku zonu unutar reaktora. Također ono određuje dinamička svojstva rasplinjača, odnosno brzinu promjene snage. Reaktivnost ovisi o vrsti goriva. Goriva kao što su drvo, drveni ugljen i treset su reaktivnija od kamenog ugljena. Također oblik i veličina čestica goriva utječe na reaktivnost goriva.

Reaktivnost goriva se može poboljšati s par procesa, kao što je tretman parom ili vapnom i natrijevim karbonatom. Također neki elementi kao što su cink i natrij djeluju kao katalizatori, odnosno povećavaju reaktivnost.

2.3.5. Veličina čestica i homogenost goriva

Istosmjerni i protusmjerni rasplinjači su ograničeni veličinom čestica goriva. Presitne čestice goriva mogu dovesti do povećanog otpora strujanju u redukcijskoj zoni i nedopustivog pada tlaka. Zbog toga dolazi do pada temperature i povećanog udjela katrana u plinu. S druge strane, prevelike čestice dovode do smanjenja reaktivnosti goriva, što dovodi do problema u startu rasplinjača i loše kvalitete plina.

Okvirne veličine čestica goriva su:

- za drvenu masu: od 8 x 4 x 4 cm do 1 x 0.5 x 0.5 cm
- drveni ugljen: 1 x 1 x 1 cm do 3 x 3 x 3 cm
- rasplinjači s fluidnim slojem: 0.1 do 20 mm

Važan faktor predstavlja i gustoća goriva, s povećanjem gustoće goriva smanjujemo dimenzije reaktora za zadanu snagu rasplinjača. Također goriva s manjom gustoćom imaju problema s strujanjem prema dolje uslijed manje težine goriva što dovodi do dobivanja plina s manjom ogrjevnom vrijednošću.

Srednje nasipne gustoće goriva su prikazane u tablici 2.

Tablica 2. Nasipne vrijednosti goriva

Gorivo	Gustoća (kg/m ³)
Drvo	300 – 550
Drveni ugljen	200 – 300
Treset	300 – 400

Nedovoljnu nasipnu gustoću goriva je moguće poboljšati briketiranjem i paletizacijom goriva.

2.3.6. Osnovne vrste goriva u upotrebi za rasplinjače

Drveni ugljen:

Zbog toga što ne sadrži katran, kvalitetni drveni ugljen se može koristiti u svim tipovima rasplinjača. Kvalitetan drveni ugljen ne sadrži velike količine mineralnih tvari i ne mrvi se lagano.

Najveći nedostatak drvenog ugljena je relativno velika cijena, koja je visoka u usporedbi s fosilnim gorivima i također su veliki gubici energije tijekom procesa proizvodnje drvenog ugljena (gubi se do 70% energije iz drveta).

Iskustva pokazuju da se iz većine vrsta drveta, kao i nekih tipova otpada iz poljoprivrede (kao kokosove ljuske) može dobiti kvalitetan drveni ugljen.

Drvo:

Većina drvnih vrsta imaju udio pepela do 2%, pa mogu poslužiti kao gorivo u rasplinjačima sa stacionarnom rešetkom.

Zbog visokog udjela hlapljivih elemenata u drvetu protusmjerni rasplinjači proizvode plin s velikim postotkom prašine i katrana, koji je prikladan samo za spaljivanje u toplinske svrhe. Istosmjerni rasplinjači loženi drvom mogu proizvesti gotovo potpuno čisti plin od prašine i katrana u određenim granicama opterećenja. Takav plin se uz relativno lagano čišćenje može koristiti i u motorima s unutrašnjim izgaranjem.



Slika 6. Primjena rasplinjača u drвноj industriji

Drvena piljevina:

Većina tipova rasplinjača nije pogodna za korištenje piljevine kao goriva. Javljaju se problemi kao povećana proizvodnja katrana, veliki padovi tlaka i otežan protok goriva uslijed težine prema doljnjem dijelu rasplinjača.

Rasplinjači s fluidiziranim slojem su pogodni za korištenje piljevine s malim veličinama čestica i mogu proizvoditi plin za direktno spaljivanje u toplinske svrhe. Za uporabu u motorima potreban je sustav za čišćenje plina.

Treset:

Tijekom drugog svjetskog rata, veliki broj rasplinjača je koristio treset kao gorivo. Protusmjerni rasplinjači koji koriste treset sa udjelom vlage od 30 do 40% se trenutno najviše koriste u Finskoj za loženje kotlova područnog grijanja. Također postoje primjeri korištenja suhog treseta u istosmjernim rasplinjačima za pogon motora s unutarnjim izgaranjem. Najveći problem u uporabi treseta kao goriva u rasplinjačima je visok udio vlage i pepela.

Poljoprivredni otpad:

Najveći potencijal kao gorivo za rasplinjače u zemljama u razvoju predstavlja poljoprivredni otpad. Iz dosadašnjih iskustava, najbolji rezultat postignut je sa ljuskama kokosa i klipovima kukuruza koji nisu postavljali probleme u uporabi rasplinjača sa fiksnom rešetkom. Slama žitarica većinom posjeduje preko 10 % pepela, što dovodi do taloženja šljake u istosmjernim rasplinjačima. Ljuske riže imaju udjel preko 20 % pepela i zbog toga se do sada nije pokazalo kao povoljno gorivo za rasplinjače.

Najveći potencijal kod poljoprivrednog otpada predstavljaju rasplinjači s fluidiziranim slojem.

Prikaz jedne moderne aplikacije rasplinjača:



Slika 7. Primjena u suvremenoj autoindustriji

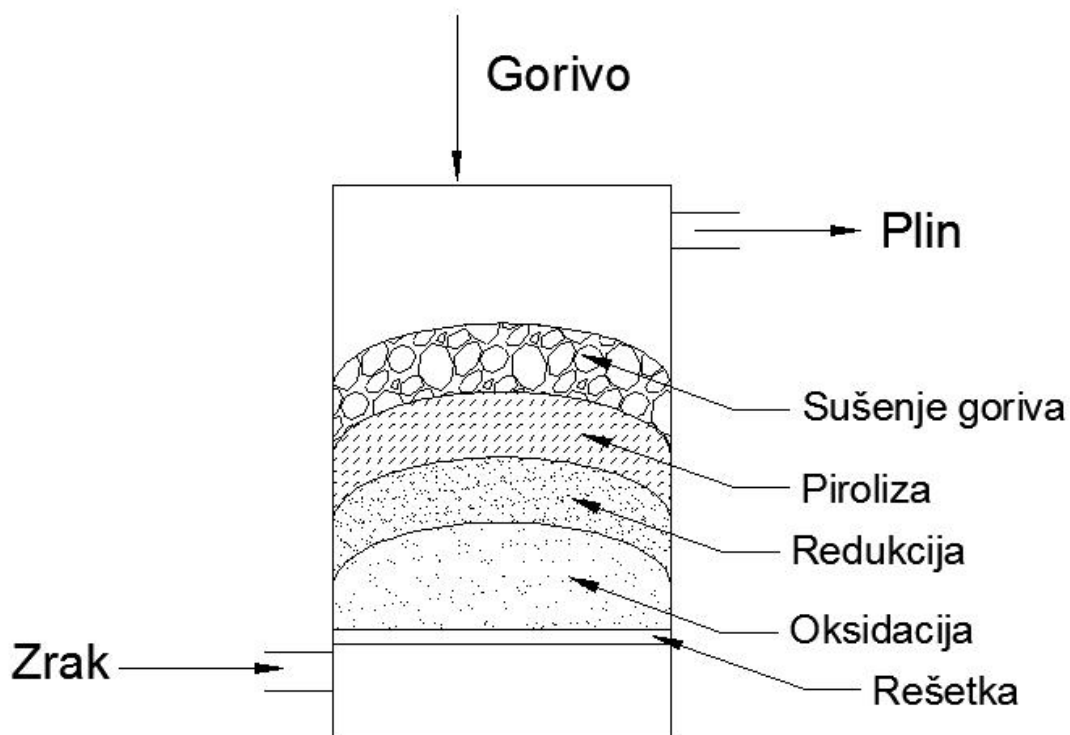
2.4. Tipovi rasplinjača

Tipovi rasplinjača koji se danas koriste se mogu podijeliti u 4 skupine u odnosu na smjer dodavanja goriva i smjera strujanja dobivenog plina:

- protusmjerni rasplinjači
- istosmjerni rasplinjači
- unakrsni rasplinjači
- rasplinjači s fluidiziranim slojem

2.4.1. Protusmjerni rasplinjači

Najstariji i najjednostavniji tip rasplinjača je protusmjerni tip rasplinjača prikazan na slici 8.



Slika 8. Shematski prikaz protusmjernog rasplinjača

Usis zraka se nalazi na dnu a dobiveni plin se ispušta na vrhu rasplinjača. Na dnu kod rešetke se nalazi zona izgaranja, a iznad nje zona redukcije. U gornjem dijelu rasplinjača odvija se zagrijavanje i piroliza goriva, kao rezultat prijenosa topline prisilnom konvekcijom i zračenjem iz donjih slojeva. Katran i hlapljivi spojevi nastali u ovom dijelu bivaju odnošeni strujom plina. Pepeo se nakuplja na dnu rasplinjača.

Najveća prednost protusmjernog rasplinjača je njegova jednostavnost i unutarnja izmjena topline između plina i goriva, što dovodi do relativno niske izlazne temperature dobivenog plina, dakle nije potrebno njegovo dodatno hlađenje izvan rasplinjača. Ovo doprinosi visokoj toplinskoj efikasnosti ovakvog tipa rasplinjača. Ovaj tip rasplinjača može koristiti širok raspon kvaliteta goriva.

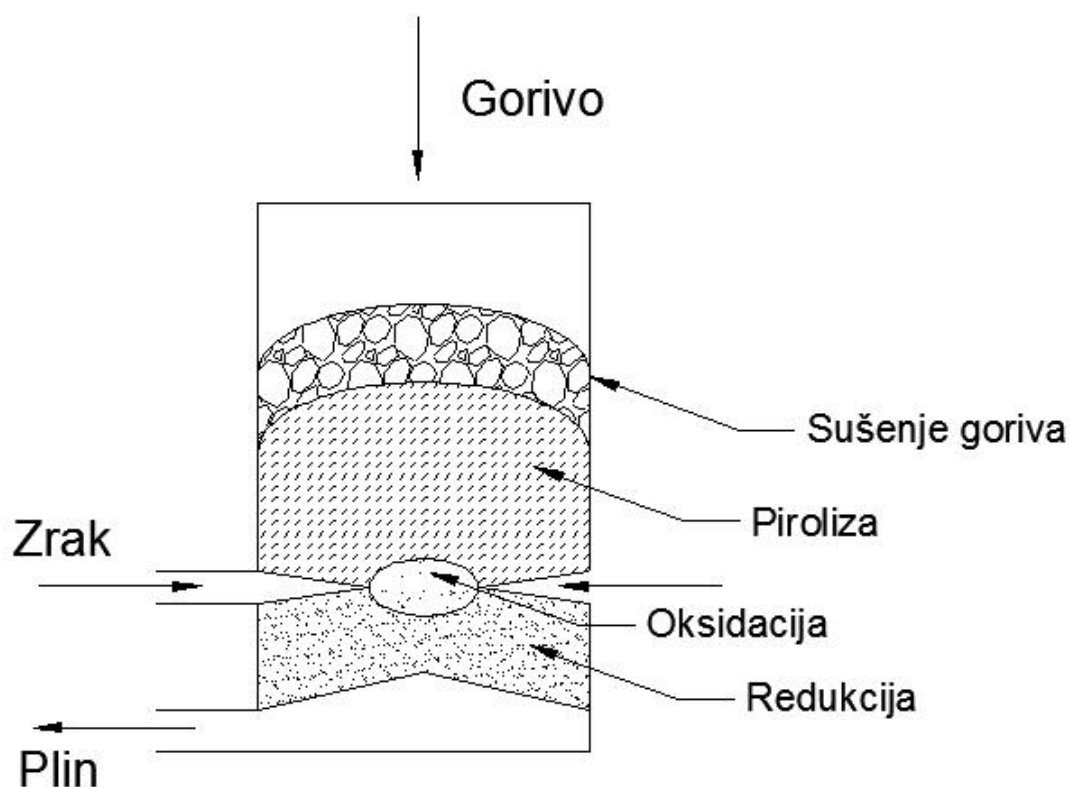
Najveći nedostaci ovog tipa su mogućnost pojave kanala u slojevima, što može dovesti do prolaza kisika kroz različite slojeve i eksplozije. Zbog ovih nedostataka postoji

potreba za ugradnjom mehanizma za trešnju rešetke radi sprečavanja stvaranja kanala kroz slojeve.

Također zbog visokog udjela katrana u dobivenom plinu potreban je složeniji sustav za čišćenje plina u slučaju korištenja plina u motorima s unutrašnjim izgaranjem.

2.4.2. Istosmjerni tip rasplinjača

Istosmjerni tip rasplinjača je razvijen radi potrebe za dobivanjem čisteg plina u odnosu na protusmjerni tip rasplinjača. Kod ovog tipa rasplinjača primarni zrak za rasplinjavanje se uvodi iznad ili u zoni oksidacije goriva u rasplinjaču. Dobiveni plin se ispušta na dno rasplinjača tako da i gorivo i plin imaju isti smjer, kako je prikazano na slici 9.



Slika 9. Shematski prikaz istosmjernog rasplinjača

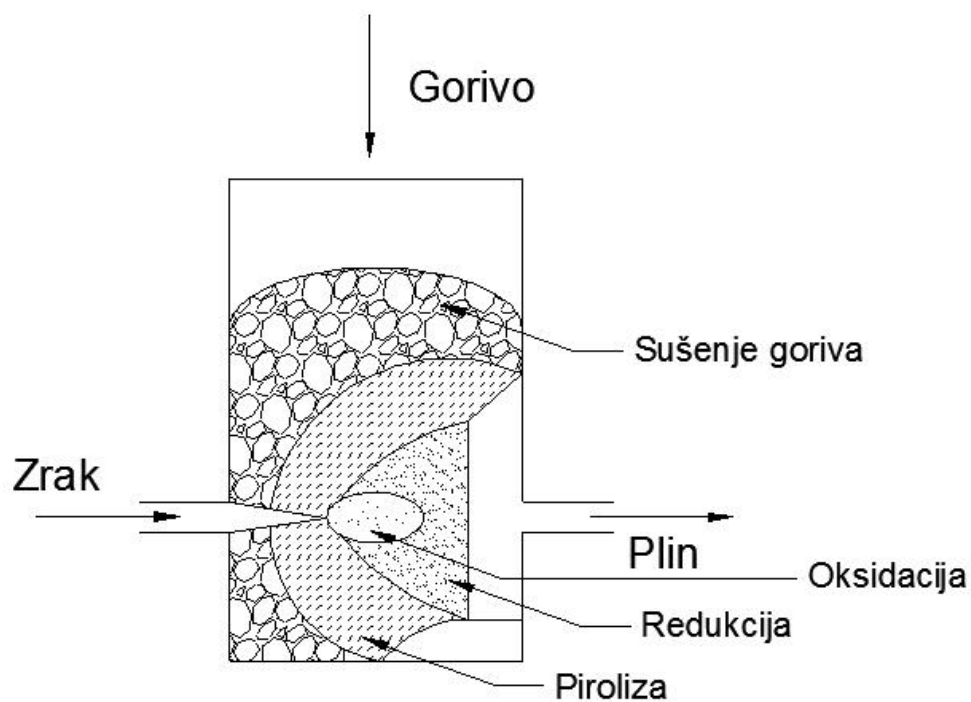
Katran i kiseline, produkti pirolize goriva, moraju proći kroz užareni sloj ugljena gdje se prevode u vodik, ugljični dioksid, ugljični monoksid i metan [15]. Ovisno o temperaturi u tom sloju i o vremenu provedenom u oksidacijskom sloju može se dobiti potpuni raspad katrana u plin. Mogućnost dobivanja gotovo potpuno čistog plina od katrana je najveća prednost istosmjernog tipa rasplinjača. Dobiveni plin se može koristiti bez naknadnog pročišćavanja u motorima s unutrašnjim izgaranjem.

Najveća mana ovog tipa rasplinjača leži u nemogućnosti korištenja niza vrsta goriva bez prijašnje obrade. Goriva s malom nasipnom gustoćom dovode do problema s protokom i do povećanog pada tlaka, zbog toga što plin prolazi kroz gorivo, tako da ta goriva moraju biti paletizirana ili briketizirana prije upotrebe. Također istosmjerni rasplinjači imaju više problema s gorivima sa velikim udjelom pepela nego protusmjerni, što dovodi do taloženja pepela.

Istosmjerni rasplinjači imaju nešto slabiju toplinsku efikasnost pošto nemaju unutarnju izmjenu topline između plina i goriva, pa zbog toga plin izlazi iz rasplinjača sa relativno visokom temperaturom. Dobiveni plin ima obično nižu ogrjevnu vrijednost.

2.4.3. Unakrsni tip rasplinjača

Unakrsni tip rasplinjača je razvijen za korištenje s drvenim ugljenom kao gorivom. Korištenje drvenog ugljena kao goriva rezultira s visokom temperaturom (1500 °C) u oksidacijskoj zoni, što može dovesti do problema s materijalom stjenke kod ostalih tipova rasplinjača. U unakrsnom tipu rasplinjača kao toplinski izolator od tih visokih temperatura služi samo gorivo drvenog ugljena.



Slika 10. Shematski prikaz unakrsnog rasplinjača

Prednost ovog tipa rasplinjača leži u mogućnosti postizanja rasplinjača veoma malih snaga.

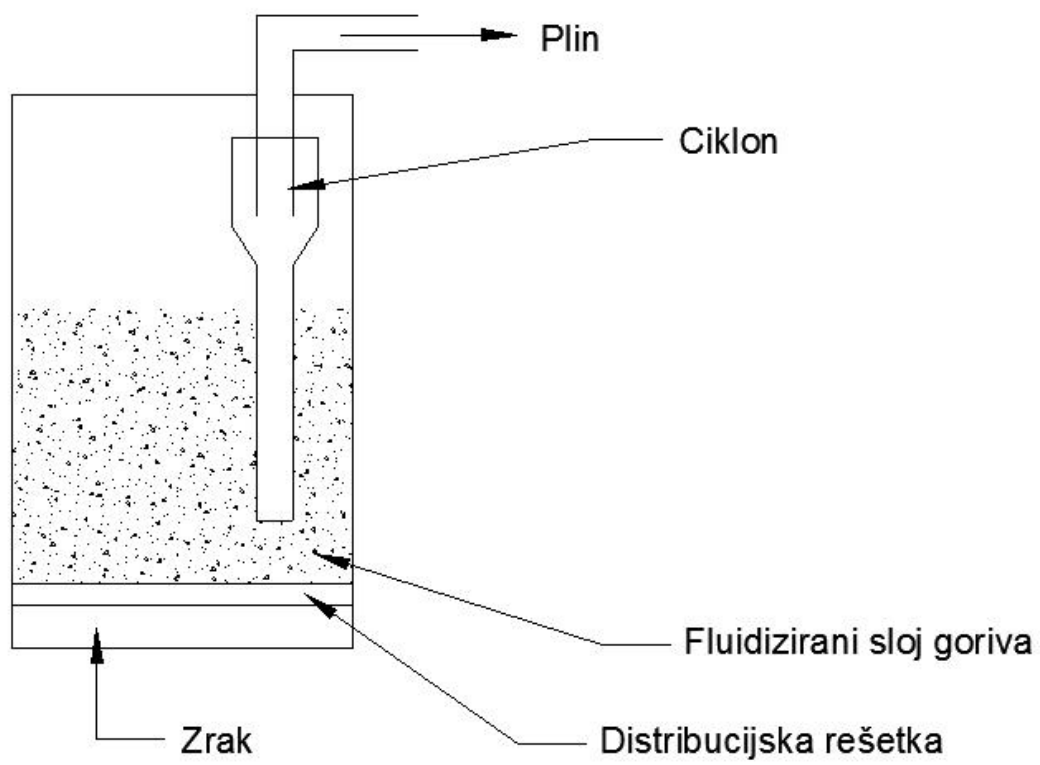
Nedostatak je mala mogućnost pretvorbe katrana u ovom tipu rasplinjača i zahtjev na višu kvalitetu drvenog ugljena korištenog kao gorivo (s manjim udjelom hlapljivih tvari).

2.4.4. Rasplinjač s fluidiziranim slojem

Istosmjerni i protusmjerni tip rasplinjača imaju kao nedostatak zahtjeve na morfološka, fizička i kemijska svojstva goriva. To dovodi do problema s protokom goriva, taloženjem pepela i velikim padovima tlaka unutar rasplinjača protustrujnog i istosmjernog tipa.

Zbog ovih nedostataka je razvijen tip rasplinjača s fluidiziranim slojem. Zrak se upuhuje na dnu kroz sloj krutih čestica goriva dovoljnom brzinom da se stvori fluidizirani sloj od krutih čestica i zraka. Čestice goriva se uvode na dnu reaktora na distribucijskoj rešetci i zbog struje zraka se vrlo brzo miješaju s sadržajem u fluidiziranom sloju što dovodi do vrlo brze pirolize goriva. To dovodi do velikog udjela plina u fluidiziranom sloju. Većina ovih rasplinjača imaju unutrašnje ciklone za uklanjanje ugljena iz plina za slučaj korištenja plina u motorima s unutrašnjim izgaranjem.

Najveća prednost ovog tipa rasplinjača leži u fleksibilnosti u odnosu na vrstu i tip korištenog goriva. To je rezultat lagane regulacije temperature unutar rasplinjača, koja se može držati ispod temperature taljenja pepela. Postoji mogućnost korištenja goriva male gustoće bez potrebe prethodne obrade. Nedostatak je u povećanom udjelu katrana u dobivenom plinu, nepotpuno izgaranje ugljika i spor odaziv na promjenu opterećenja. Ove vrste rasplinjača se koriste u aplikacijama koje zahtijevaju veće snage.



Slika 11. Shematski prikaz rasplinjača s fluidiziranim slojem

3. Teorija rasplinjavanja

Zadatak plinskog generatora je da potpuno rasplini zadano gorivo. Zahtjevi koji se postavljaju na proizvedeni plin su različiti ovisno o tome kojoj je svrzi plin namijenjen. Za potrebe ovog razmatranja potrebno je proizvesti plin za upotrebu u strojevima za stvaranje snage. Glavni zahtjev koji se postavlja pred plin proizveden za takovu upotrebu je što veća ogrjevnost.

Tvari koje sudjeluju u općem slučaju rasplinjavanja su:

- gorivo (c, h, o, n, s, w,a)
- zrak ili čisti kisik (O_2 , N_2)
- voda (H_2O)
- troska (pepeo)

Produkt rasplinjavanja u općem slučaju je generatorski plin sastava: H_2O , CO_2 , CO , H_2 , CH_4 , N_2 .

Rasplinjavanje se može promatrati kao proces bez stvaranja metana i sa stvaranjem metana. Procesi bez stvaranja metana podrazumijevaju rasplinjavanje čistog ugljika, što se praktički poklapa s rasplinjavanjem koksa, dok su procesi sa stvaranjem metana upotrebljivi za rasplinjavanje bilo kojeg goriva.

U ovom radu se promatra rasplinjavanje biomase, odnosno drveta zadanog sastava i vlažnosti. Shodno tome potrebno je razmatrati rasplinjavanje bilo kojeg goriva sa stvaranjem metana.

Pretpostavit ćemo da se kisik pri procesu u potpunosti utroši, te da se osim metana ne stvaraju drugi ugljikovodici. To je bez sumnje stanovito pojednostavljenje. Ono je međutim dopustivo, jer se zanemareni plinovi pojavljuju kao produkti suhe destilacije a

ne rasplinjavanja. Kisik, ako se uopće i pojavljuje, nalazi se u zanemarivim količinama zbog ne savršenosti vođenja procesa [3].

Temperatura pliništa je od posebne važnosti za sastav plina. O ovoj temperaturi ovisi do koje će se mjere ugljični dioksid CO_2 reducirati na gorivi CO, te koji će se udio vodene pare H_2O rastvoriti na kisik i vodik. Što je viša temperatura pliništa to će u pravilu generatorski plin sadržati više vodika H_2 ali i ugljičnog monoksida CO. Zbog toga se u razmatranju nastoji odrediti upravo ta temperatura [3].

Sastav plina koji ulazi u generator plina po težinskim udjelima je:

$$c + h + o + w + a + n = 1$$

Gdje je:

c –ugljik

h –vodik

o –kisik

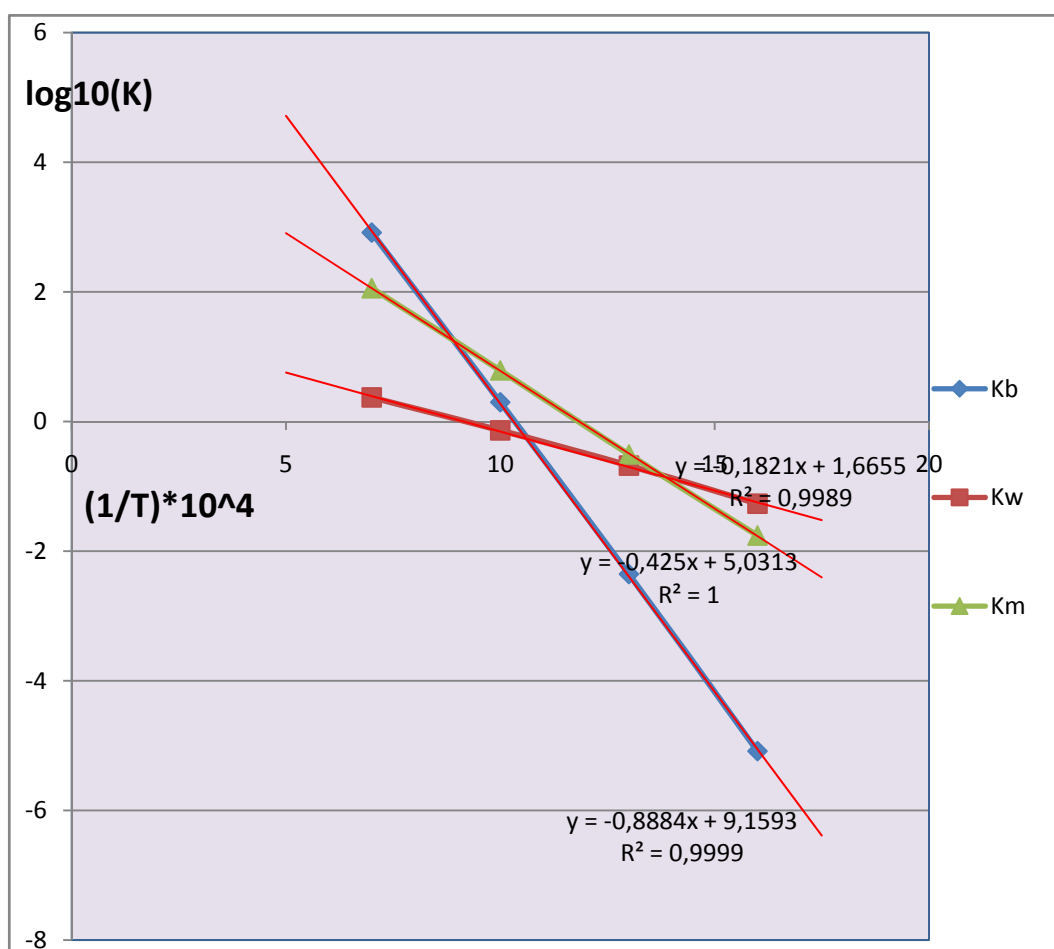
w –vlaga

a –pepeo (negorivi sastojci goriva)

Ovdje je zanemaren sumpor (s) u gorivu jer je za takvo razmatranje beznačajan.

3.1. Postupak proračuna

Potrebno je pretpostaviti udio vodika (H_2) u nastalom plinu i temperaturu pliništa. Pomoću predpostavljene temperature potrebno je očitati koeficijente K_B , K_W , K_M iz slike 12.



Slika 12. Prikaz koeficijenata u zavisnosti o termodinamičkoj temperaturi

Koeficijenti predstavljaju omjere pojedinih elemenata generatorskog plina kako slijedi [3]:

$$K_B = \frac{[CO][CO]}{[CO_2]}$$

$$K_W = \frac{[CO][H_2O]}{[CO_2][H_2]}$$

$$K_M = \frac{[H_2][H_2]}{[CH_4]}$$

Gore navedene koeficijente moguće je izračunati iz jednadžbi pravaca koji su prikazani na prethodnoj slici:

$$\text{Log}_{10}K_B = -0,8884 * \left(\frac{10^4}{T}\right) + 9,1593$$

$$\text{Log}_{10}K_W = -0,1821 * \left(\frac{10^4}{T}\right) + 1,6655$$

$$\text{Log}_{10}K_M = -0,425 * \left(\frac{10^4}{T}\right) + 5,0313$$

Moguće je preko koeficijenta K_M izračunati udio CH_4 u generatorskom plinu iz već gore navedene jednadžbe. Tada je potrebno izračunati udio vodene pare u plinu pomoću bilance vodika [2]:

$$[H_2O] = B - [H_2] - 2 * [CH_4]$$

Iz bilanci kisika i vodika se dobije [2]:

$$[CO] = 2 * \{C - A + 0,5 * [H_2O] - [CH_4]\}$$

$$[CO_2] = A - 0,5 * ([H_2O][CO])$$

Koeficijenti a, b, c se dobiju iz bilanci vodika, kisika i vodika preko sudionika koju ulaze u reakciju kako slijedi [2]:

$$A = \frac{o}{32} + \frac{w}{36} + \lambda * O_{min}$$

$$B = \frac{h}{2} + \frac{w}{18}$$

$$C = \frac{c}{12}$$

Preko koeficijenta K_W se izračuna novi udio vodika u generatorskom plinu te je potrebno ponoviti postupak toliko puta dok se ne postigne zadana točnost.

Pomoću dobivenih udjela u vlažnim dimnim plinovima izračuna se koeficijent K_B , pa se pomoću njega korigira temperatura pliništa preko jednadžbe:

$$\frac{1}{T} * 10^4 = 10,3011 - 1,12918 * \log_{10} K_B$$

Potrebno je provjeriti temperaturu pliništa preko bilance rasplinjača (ložišta) kako slijedi [1]:

$$H_d + H_z = H_{dp_{iz}} + H_{d_p}$$

Gornja jednadžba u principu predstavlja energetska jednadžbu uz zanemarenje entalpije goriva koje ulazi u rasplinjač, dok ostale oznake predstavljaju:

H_d - donja ogrjevnost goriva

H_z - entalpija zraka koji ulazi u ložište sa okolišnom temperaturom

$H_{dp_{iz}}$ - entalpija dimnih plinova na izlazu iz rasplinjača

H_{d_p} - donja ogrjevnost proizvedenog plina ili

se može reći: gubitak zbog nepotpunog izgaranja u procesu rasplinjavanja

Donja ogrjevna vrijednost goriva se može očitati iz tablica, dok je entalpija zraka određena [1]:

$$H_z = q_{n_z} * C_{M_z} * T_{ok}$$

$$q_{n_z} = L_{min} * \lambda$$

Gdje je:

q_{n_z} -protok zraka po kilogramu rasplinjenog goriva

C_M -specifični toplinski kapacitet (pojedinih sudionika)

T_{ok} -temperatura okoliša

L_{min} -stehiometrijski protok zraka po kilogramu rasplinjenog goriva

λ -pretičak zraka

Gubitak zbog nepotpunog izgaranja se dobije iz količine produkata nepotpunog izgaranja i ogrjevnih vrijednosti pojedinih produkata, kako slijedi:

$$H_{d_p} = H_{g_p} - 45 * 10^3 * H_2O$$

$$H_{g_p} = ch_4 * H_{CH_4} + co * H_{CO} + h_2 * H_{H_2}$$

Preko gore prikazanih jednadžbi možemo izračunati sve vrijednosti koje su nam potrebne da bi iz donje jednadžbe mogli izračunati novu temperaturu rasplinjavanja te korigirati pretpostavljenu temperaturu.

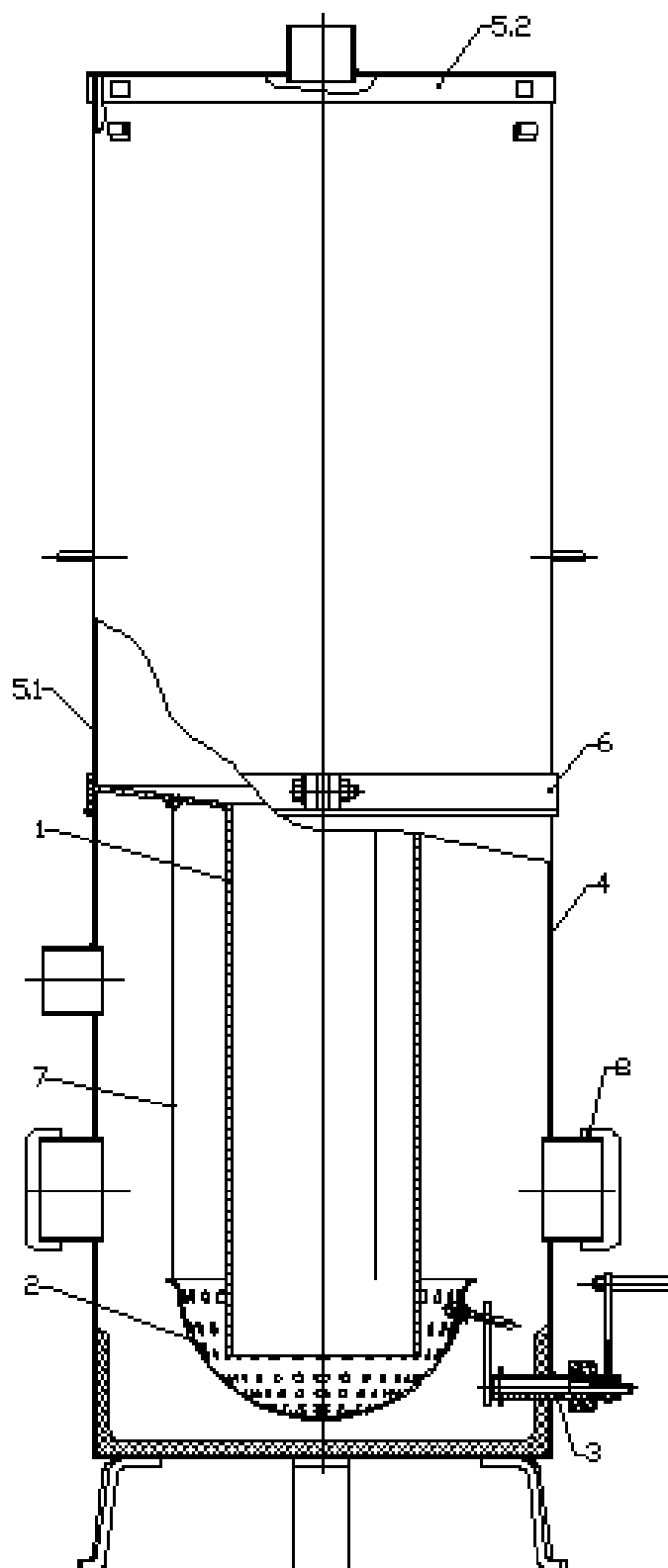
$$H_{dp_{iz}} = q_p * C_{M_p} * T_p$$

$$q_p = n_2 + co + co_2 + ch_4 + h_2 + h_2o$$

$$C_{M_p} = n_2 * C_{M_{N_2}} + co * C_{M_{CO}} + co_2 * C_{M_{CO_2}} + ch_4 * C_{M_{CH_4}} + h * C_{M_{H_2}} + h_2o * C_{M_{H_2O}}$$

Postupak je potrebno iterativno ponavljati dok se ne zadovolji željena točnost proračuna.

4. Konstrukcija rasplinjača za bio-masu:



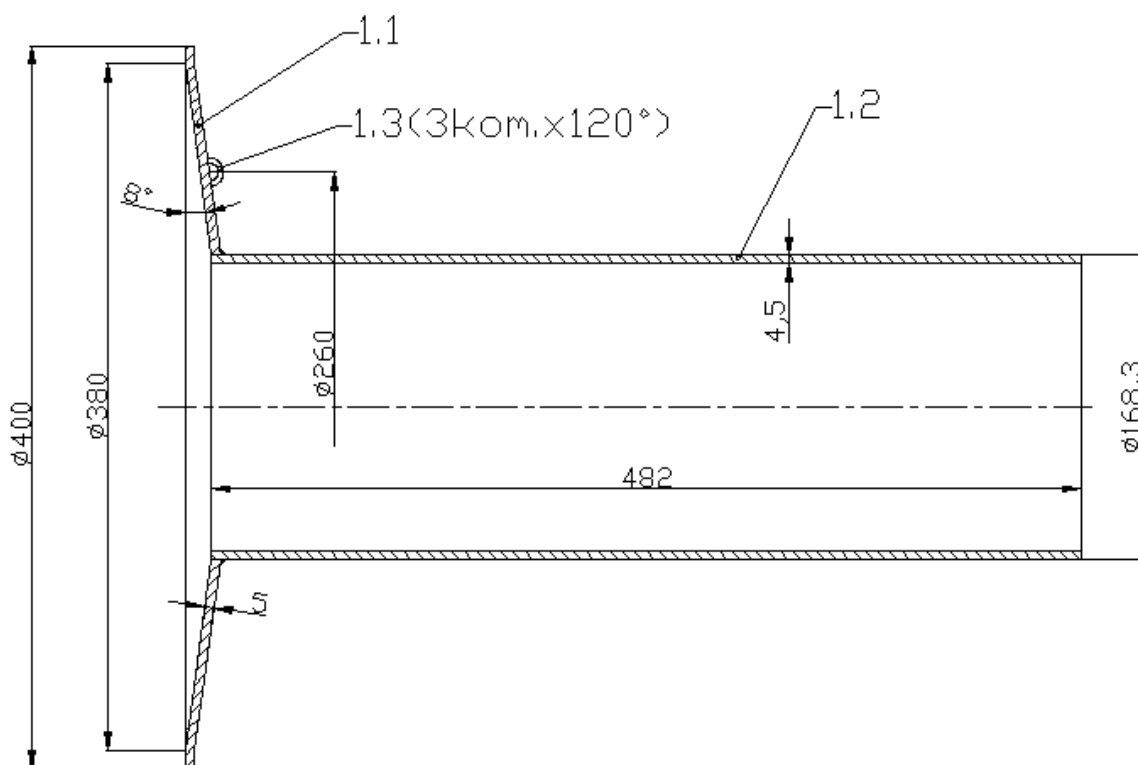
Slika 13. Rasplinjač

Tablica 3. Popis dijelova rasplinjača

Pozicija:	Naziv:	Komada:
1.1.	Podnica	1
1.2.	Komora izgaranja	1
1.3.	Uška	3
2.1.	Rešetka	1
2.2.	Uška	1
2.3.	Matica M6	2
2.4.	Podloška M6	2
3.1	Vratilo	1
3.2.	Tresna poluga	1
3.3.	Noseća čahura	1
3.4.	Brtvena kapica	1
3.5.	Pološka M12	1
3.6.	Matica M12	2
3.7.	Poluga ručke	1
3.8.	Ručka	1
3.9.	Matica M8	1
3.10.	Pološka M8	1
4.1.	Plast	1
4.2.	Cijev za čišćenje pepela	1
4.3	Cijev kontrolnog otvora	2
4.4.	Cijev za odvod plina	1
4.5	Podna ploča	1

4.6.	Temp. –otporni hid. cement	1
4.7.	Prsten	1
4.8.	Poklopac R4"	1
4.9	Noga	3
5.1.1.	Plajt	1
5.1.2.	Kvačica kopče	3
5.1.3.	Ručka	2
5.2.1.	Obod poklopca	1
5.2.2.	Kopča	1
5.2.3.	Tjeme poklopca	1
5.2.4.	Cijev za dovod zraka	1
6.1.	Stezni prsten	1
6.2.	Stezne čeljusti	2
6.3.	Pritezni vijak M10x40	1
6.4.	Matica M10	1
6.5.	Podloška M10	1
7.	Lanac	3
8.	Kapica R3"	2

4.1. Komora za izgaranje s podnicom



Slika 14. Komora izgaranja s podnicom

Podnica (poz.1.1):

Vanjski promjer podnice jednak je vanjskom promjeru kućišta generatora plina (poz.4.1).

U podnici je izveden centralni provrt čiji je promjer jednak vanjskom promjeru komore izgaranja (poz.1.2). Izrađuje se tako da se ocrta razvijeni oblik krnjeg stošca, izreže, savije na oblik prema slici i zavari [6].

Komora izgaranja (poz.1.2):

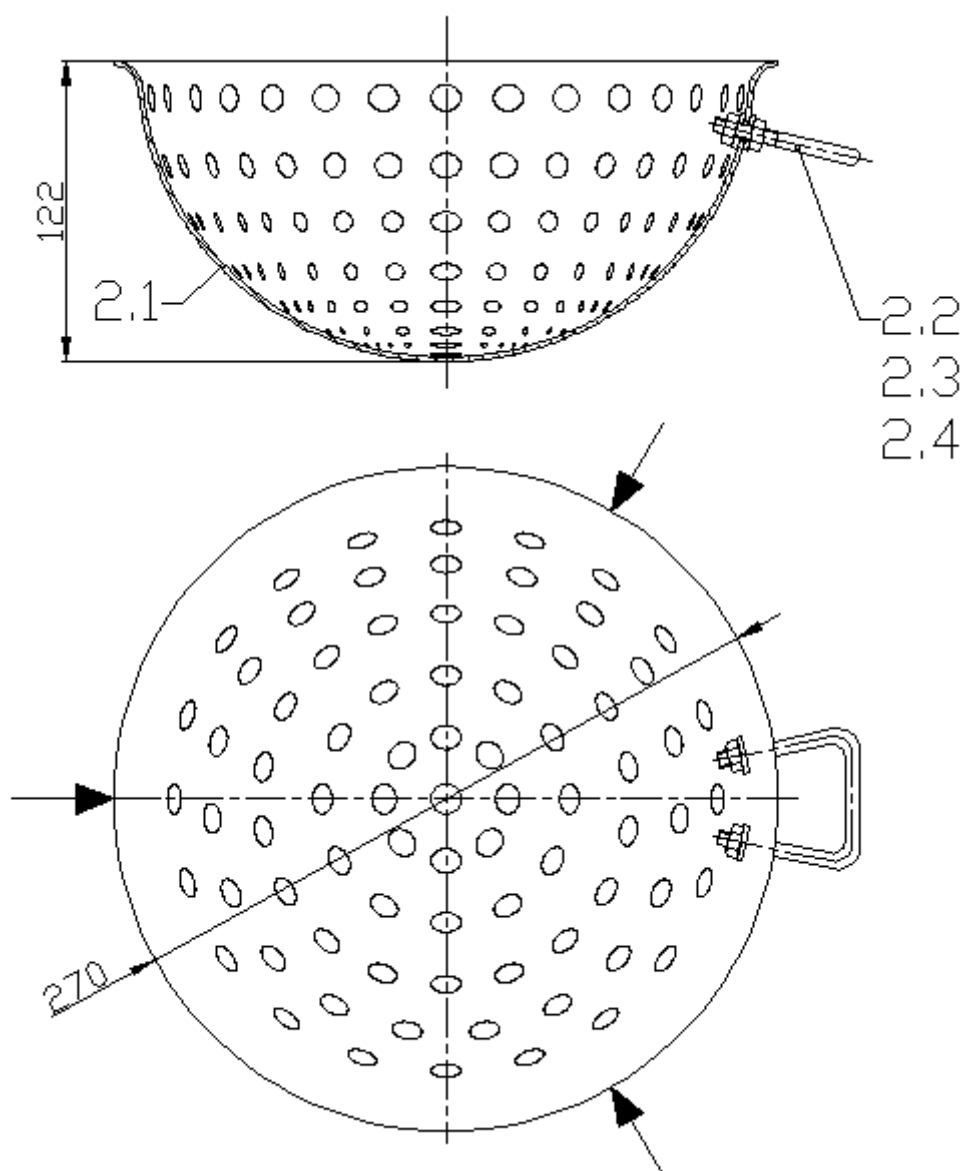
Reže se iz cijevi promjera 164 mm x 6.3 mm na dužinu 482 mm [9],[10].

Uška (3 kom.) (poz.1.3):

Izrađuje se iz šipke promjera 4 mm. veličinu uške određuje veličina kukice na lancu.

Poz.1.1 i poz.1.2 se međusobno spoje i zavare. Uške (poz.1.3) se pravilno rasporede pod kutem 120 stupnjeva na diobenom promjeru i zavare [6].

4.2. Rešetka sa uškom tresača (ložište)



Slika 15. Rešetka s uškom tresača

Rešetka (poz.2.1):

Izrađuje se iz nehrđajućeg lima u obliku kalote. Oblik kalote se dobije dubokim izvlačenjem lima na preši. Dobivena kalota se buši po cijelom plaštu. Promjer izbušenih rupa je 8 mm. Dodatno se buše rupe za ušku (poz.2.2) te tri rupe po obodu ruba za kačenje lanaca. Raspored rupa za kvačenje lanaca prikazan je strelicama na slici 15. [6].

Uška (poz.2.2):

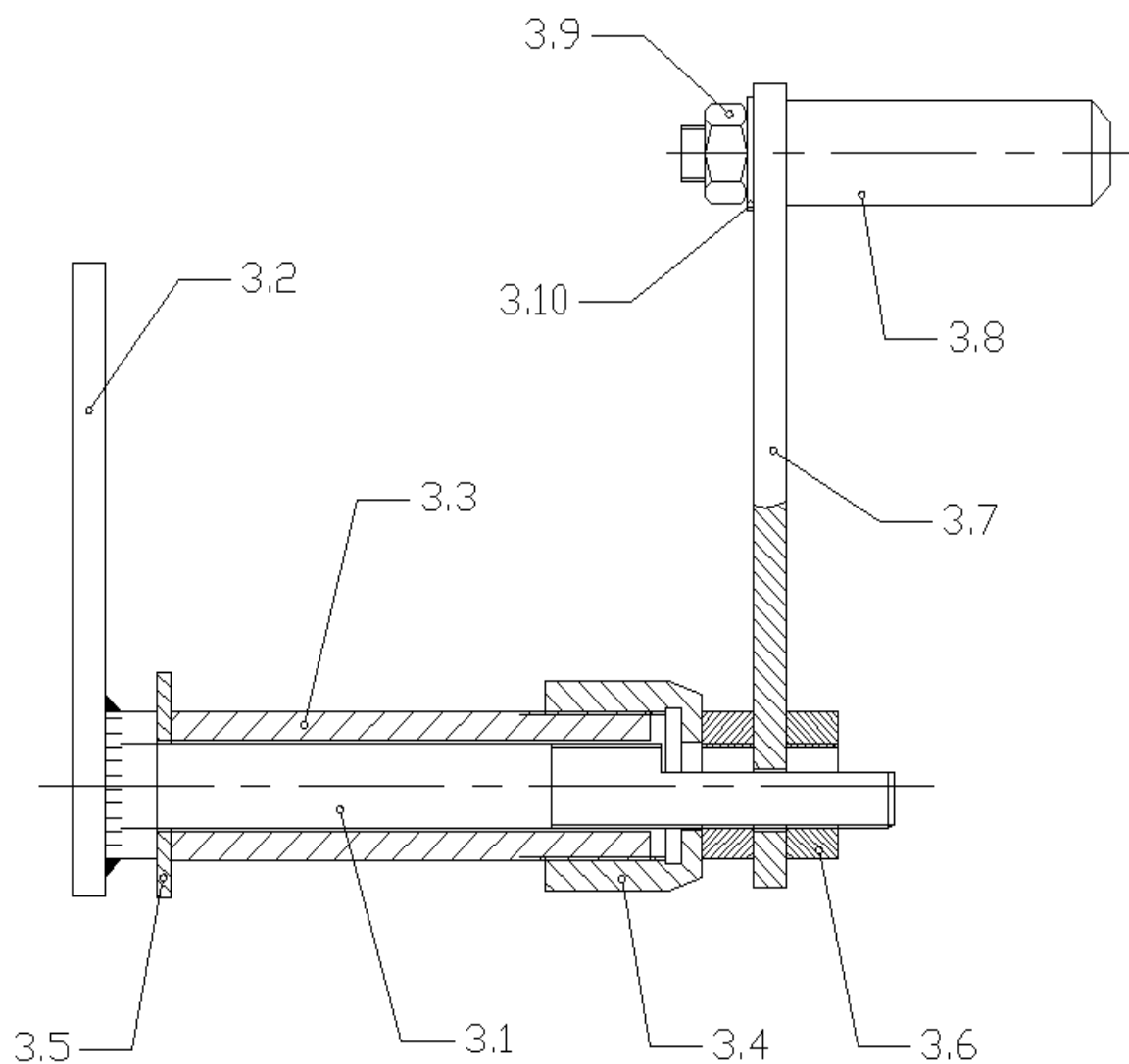
Uška se izrađuje savijanjem šipke promjera 6 mm. Na krajevima šipke nareže se navoj.

Matica M6 (DIN 934), (poz.2.3), 2 kom.

Podloška M6 (DIN 125), (poz.2.4), 2 kom.

Uška se spaja sa kalotom pomoću dvije matice (poz.2.3) i dvije podloške (poz.2.4) sa svake strane šipke na udaljenosti 90 mm od njezinog dna. Oblik, način spajanja i položaj uške prikazani su na slici 15 [10]. Ona služi za povezivanje rešetke sa tresnim mehanizmom.

4.3. Tresni mehanizam

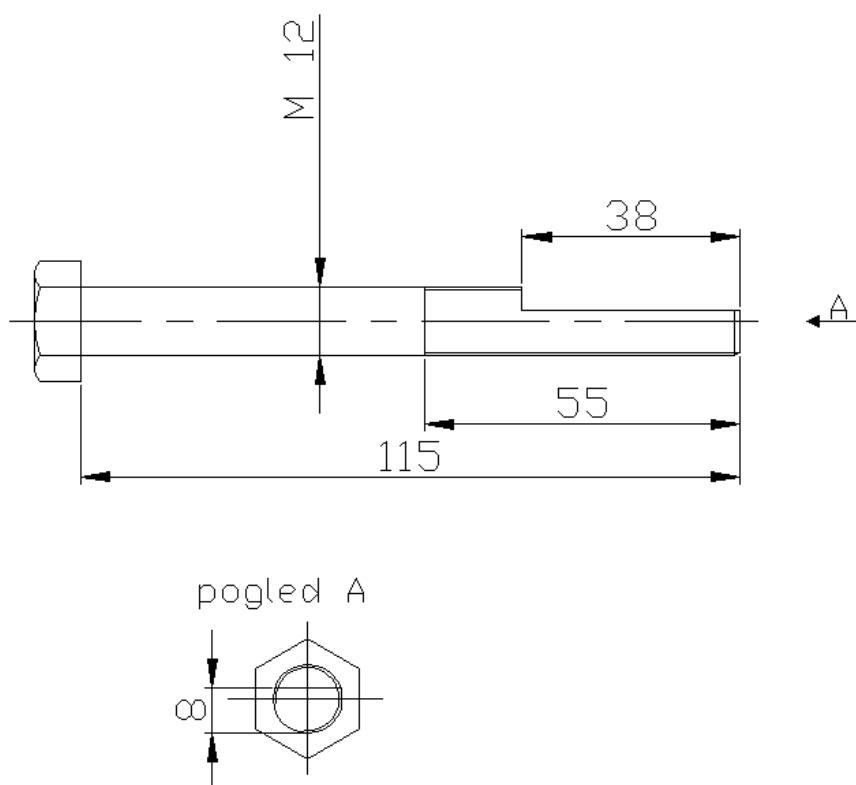


Slika 16. Tresni mehanizam

Tresni mehanizam na slici 16. je sklopni prikaz tresnog mehanizma. Sam naziv govori da se radi o mehanizmu koji služi za trešnju pepela iz rešetke (poz.2).

Radioničke slike i opis elemenata koji čine tresni mehanizam:

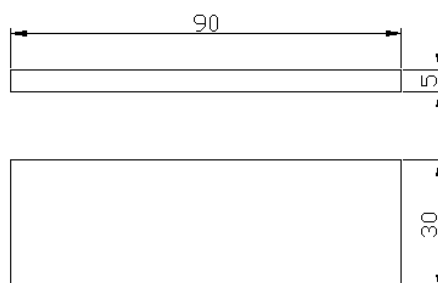
Vratilo (poz.3.1):



Slika 17. Vratilo

Izrađuje se iz standardnog vijka M12 x 115 (DIN 931). Na postojećem vijku treba glodati profil na mjeru 38x8 mm.

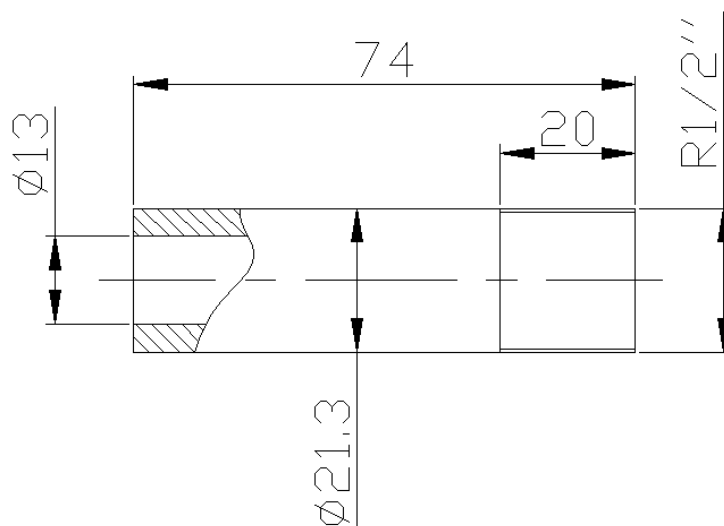
Poluga (poz.3.2):



Slika 18. Poluga

Izrađuje se tako da od postojećeg plosnog željeza 30x5 mm odrežemo komad dužine 90mm. Nakon rezanja treba skinuti oštre bridove.

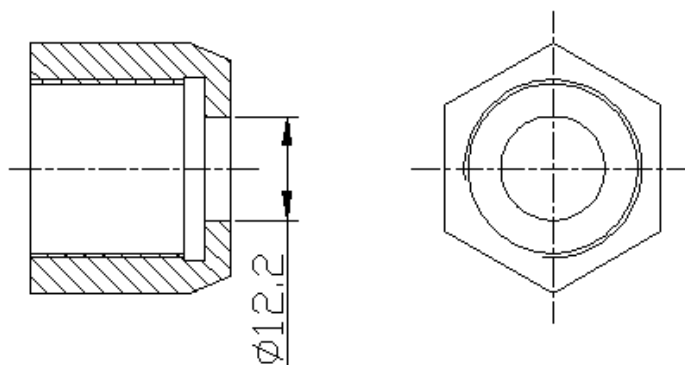
Noseća čahura (poz.3.3):



Slika 19. Noseća čahura

Izrađuje se iz cijevi promjera 21.3 mm. Odrezani komad cijevi se poravnava tokarenjem na dužinu 74 mm. Na čahuri se nareže navoj R ½ x20 mm prema slici 19.

Brtvena kapica (poz.3.4):



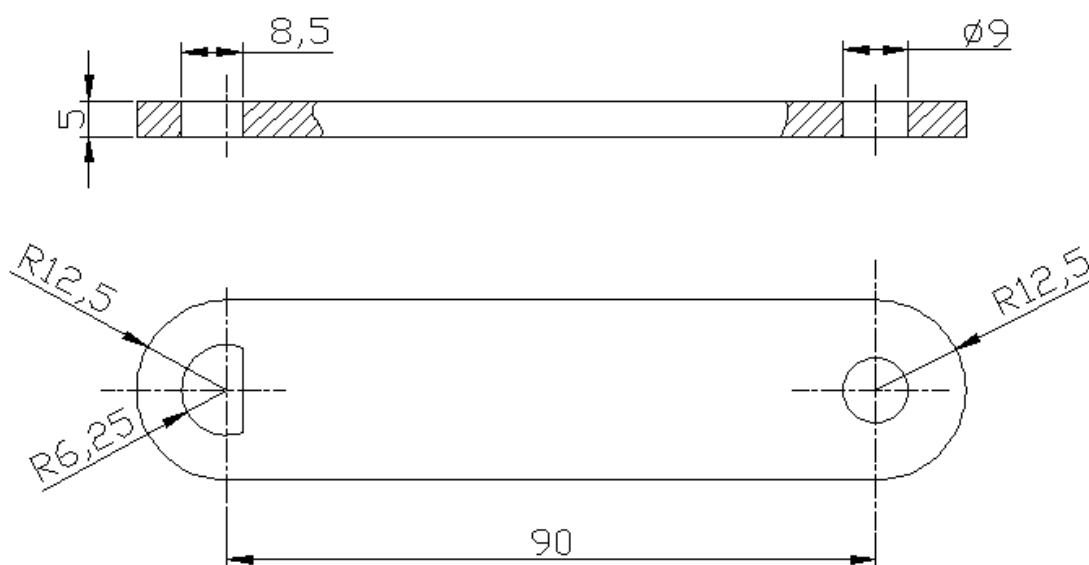
Slika 20. Brtvena kapica

Na postojećoj standardnoj kapici R1/2" (300 / ISOT1) izvedemo provrt promjera 12.2 mm prema slici 20. Treba težiti da navedeni promjer bude što bliži promjeru (poz.3.1) radi boljeg brtvljenja.

Podloška M12 (DIN 125), (poz.3.5)

Matica M12 (DIN 934), (poz.3.6), 2 kom.

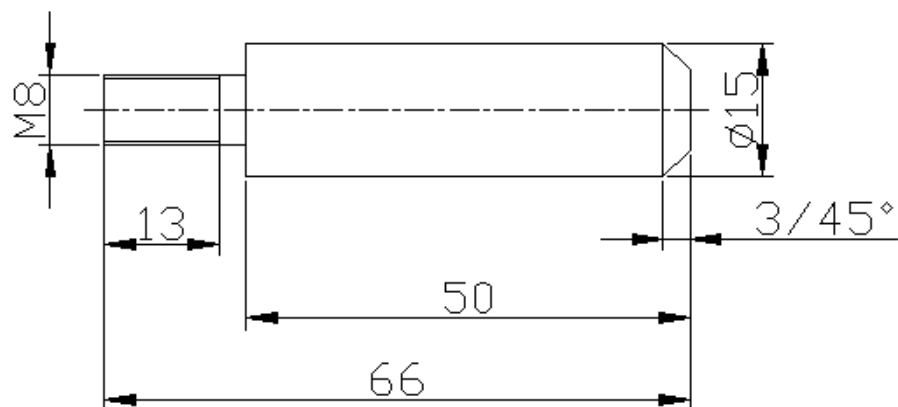
Poluga ručke (poz.3.7):



Slika 21. Poluga ručke

Poluga se izrađuje iz plosnog željeza. Krajevi se zaobljuju na mjere prema slici 21. ručno. Ocrtava se i buši provrt promjera 9 mm [9]. Na stroju za erodiranje (erozimati) treba izvesti profil R 6.25x 8.5 mm prema slici 21.

Ručka (poz.3.8):



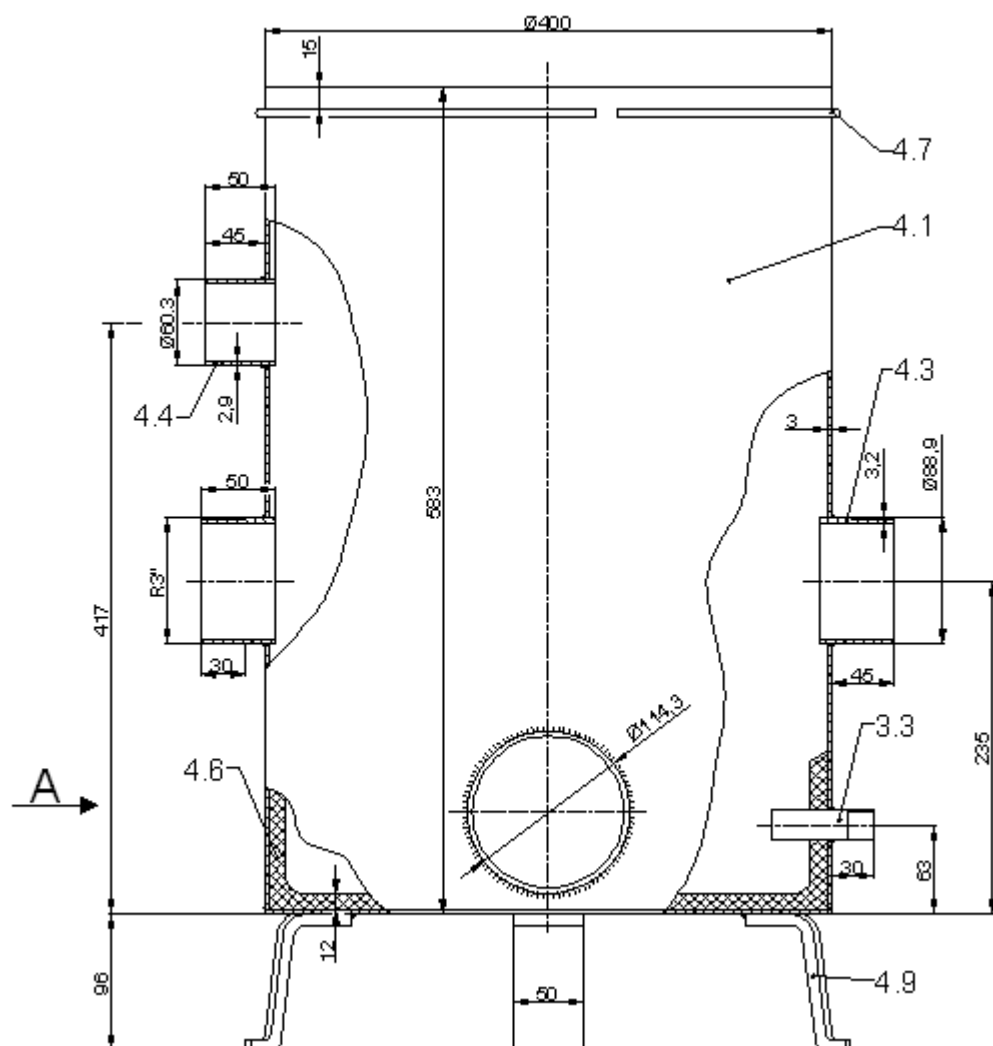
Slika 22. Ručka

Ručka se izrađuje iz šipke promjera 16 mm. Tokari se na mjere prema slici.

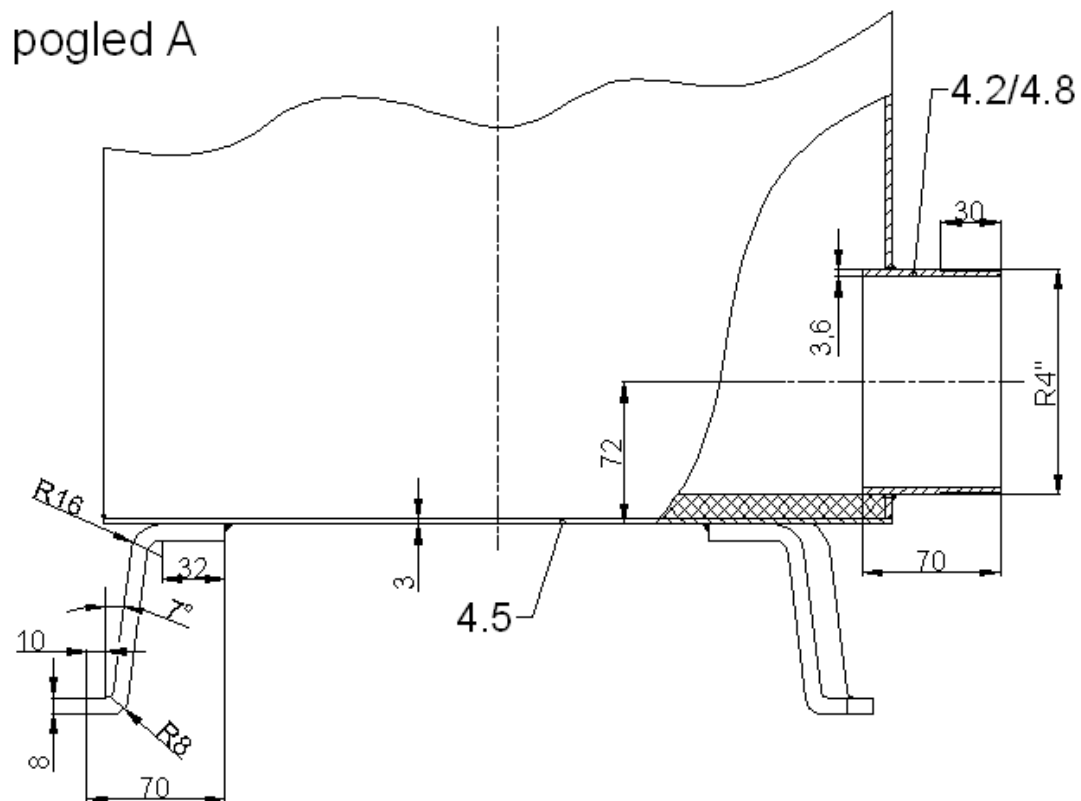
Matica M8 (DIN 934) (poz.3.9)

Podloška M8 (DIN 125) (poz.3.10)

4.4. Kućište rasplinjača



Slika 23. Kućište rasplinjača



Slika 24. Kućište rasplinjača pogled „A“

Plast (poz.4.1):

Izrađuje se iz lima 3 mm provaljivanjem na valjcima [6]. Spoj savijanja popunjava se V-varom sa vanjske strane [9].

Cijev za vađenje pepela (poz.4.2):

Izrađuje se na mjere prema slici. Ugrađuje se zavarivanjem. Cijev je u horizontalnom položaju i viri 10-12 mm sa unutrašnje strane plašta (poz.4.1). Veličina kutnog vara je 3 mm. Cijev je na visini 72 mm od dna (poz.4.5).

Cijev kontrolnog otvora (2 kom.) (poz.4.3):

Izrađuje se na mjere prema slici. Ugrađuje se zavarivanjem. Cijev je u horizontalnom položaju na visini 235 mm. Cijev viri 2 mm sa unutrašnje strane plašta. Var je kutni veličine 3 mm.

Cijev za odvod plina (poz.4.4):

Izrađuje se na mjere prema slici. Ugrađuje se kutnim varom veličine 3 mm na visini 417 mm u horizontalnom položaju. Cijev viri max. 2 mm sa unutrašnje strane plašta.

Podna ploča (poz.4.5):

Izrađuje se iz lima debljine 3 mm izrezivanjem na kružnim škarama. Promjer ploče jednak je vanjskom promjeru plašta. Prije zavarivanja donji rub plašta treba skositi sa $2/45^\circ$.

Noseća čahura (poz.3.3):

Izrada ove pozicije je opisana kod razrade tresnog mehanizma. Ugrađuje se kao i ostale cijevi kutnim varom 3 mm u horizontalnom položaju na visini 63 mm. Ugrađena cijev viri 30 mm sa vanjske strane plašta.

Temperaturno-otporni hidraulički cement (poz.4.6):

Unutarnje dno kućišta generatora potpuno se prekrije sa 10-12 mm debelim hidrauličkim cementom. Također se nanosi i na unutarnje bočne strane kućišta do visine 100 mm od dna. Cementirani rubovi se zaobljuju radi lakšeg čišćenja pepela.

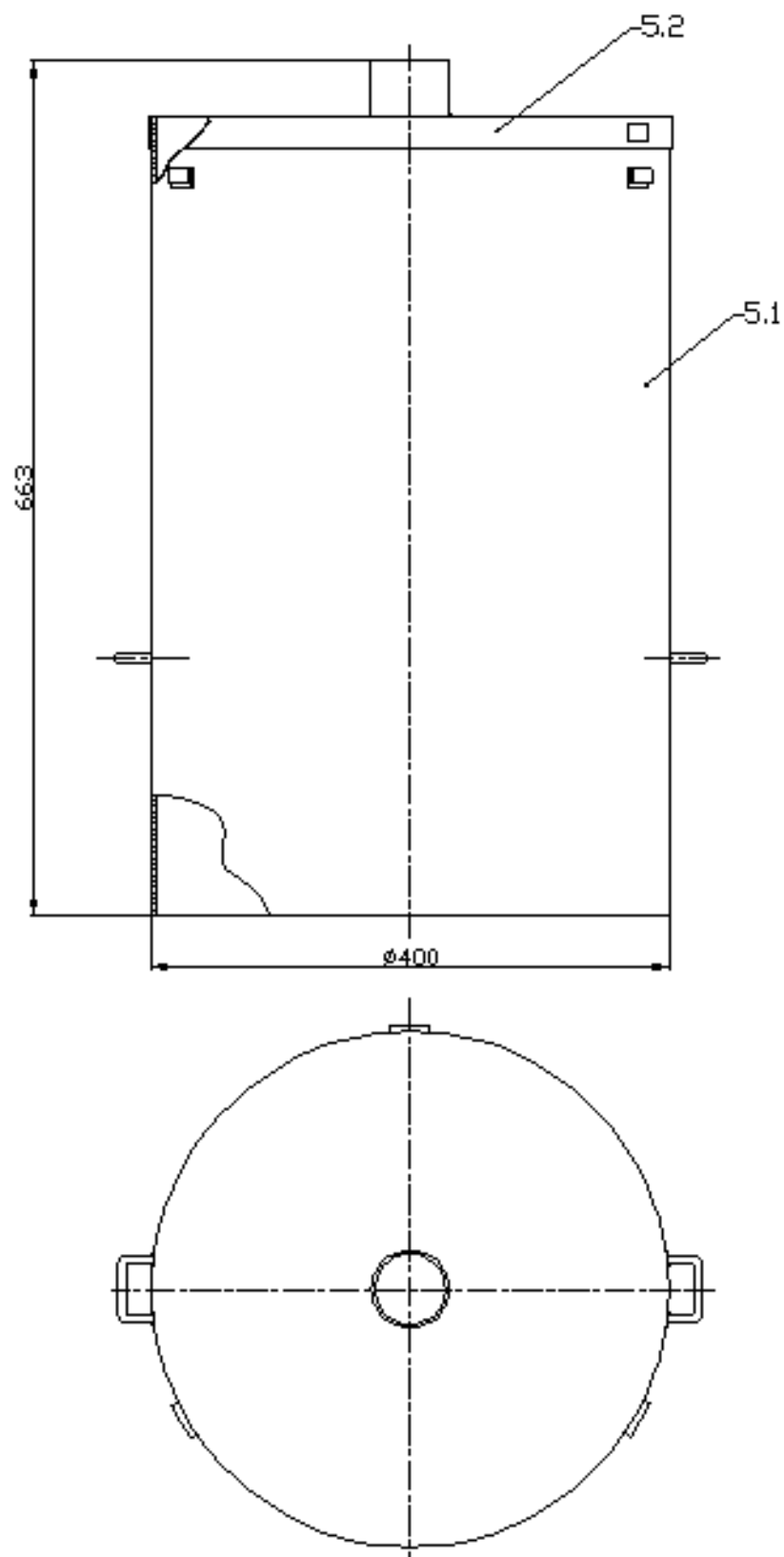
Prsten (poz.4.7):

Izrađuje se iz šipke promjera 6 mm. Razvijena dužina za savijanje je 1275 mm. Prsten se postavi na plašt kućišta na visini 15 mm od ruba te mjestimično pripoji varom sa donje strane.

Noga (3 kom.) (poz.4.9):

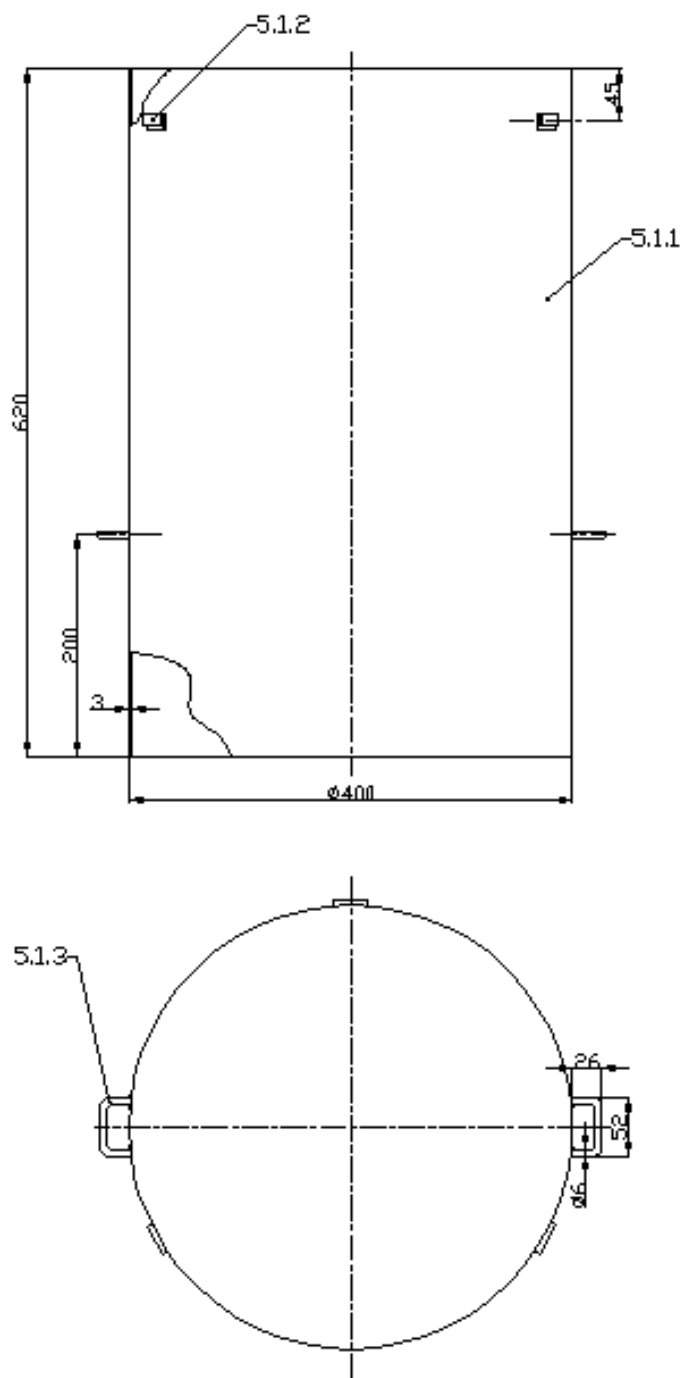
Izrađuje se iz plosnatog željeza 50x8 mm prema dimenzijama na slici. Spaja se sa podnom pločom (poz.4.5) kutnim zavarom veličine 4 mm.

4.5. Spremnik goriva



Slika 25. Spremnik goriva

Plášť spremnika (pod-sklop 5.1):



Slika 26. Plášť spremnika

Plast (poz.5.1.1):

Izrađuje se iz lima 3 mm provaljivanjem na valjcima. Spoj savijanja popunjava se V-varom sa vanjske strane. Na vanjsku stranu plašta zavaruju se dvije ručke (poz.5.1.3) prema slici. Na gornjoj strani plašta ugrađuju se tri kvačice za kopče (poz.5.1.2).

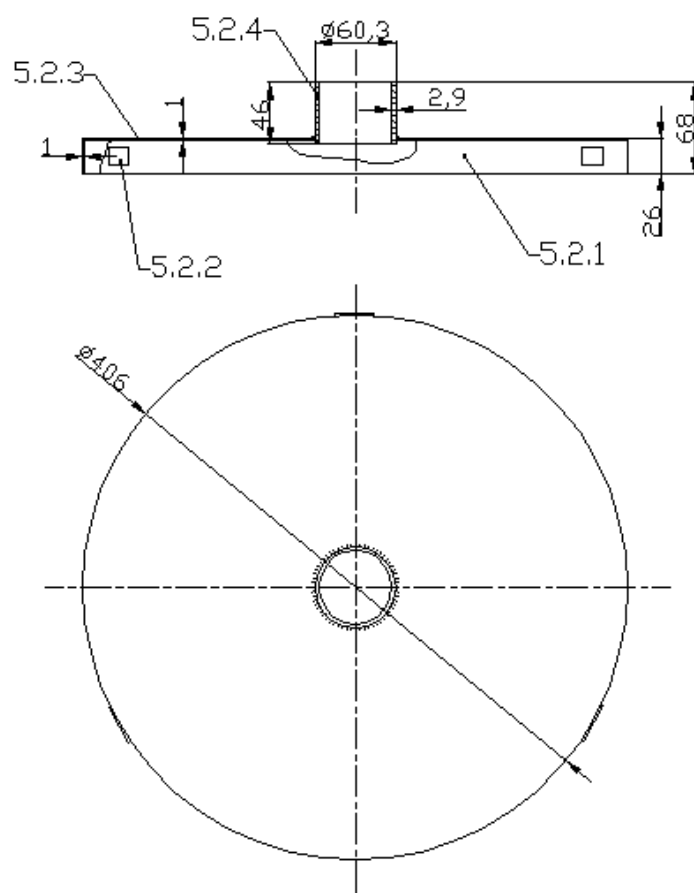
Kvačica kopče (poz.5.1.2):

Kvačica kopče je predviđena kao gotov dio koji se kupuje u odgovarajućem obliku, veličini i verziji.

Ručka (poz.5.1.3):

Izrađuje se savijanjem iz šipke promjera 6 mm na mjere prema slici.

Poklopac spremnika (pod-sklop 5.2):



Slika27. Poklopac spremnika

Obod poklopca (poz.5.2.1):

Izrađuje se iz trake lima 25x1 provaljivanjem na promjer 406 mm prema slici. Krajevi se spajaju tvrdim lemljenjem.

Kopča (poz.5.2.2):

Kopča se uzima kao gotov dio.

Tjeme poklopca (poz.5.2.3):

Izrađuje se iz lima debljine 1 mm izrezivanjem na kružnim škarama. Vanjski promjer je 406 mm a unutarnji 61 mm.

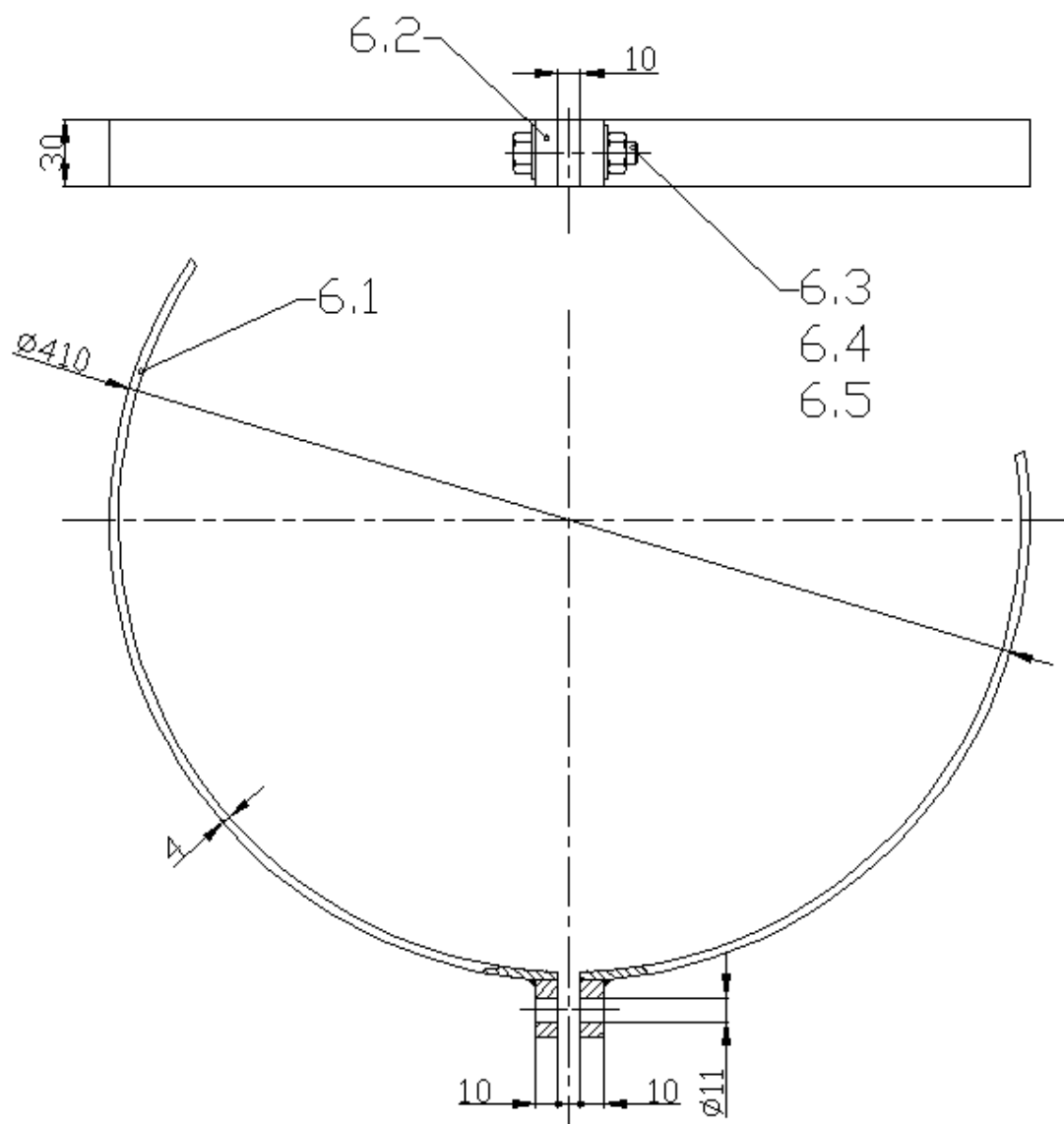
Cijev za dovod zraka (poz.5.2.4):

Izrađuje se iz cijevi promjera 60,3x2,9 mm na dužinu 46 mm.

Obod poklopca, tjeme i cijev za dovod zraka međusobno se spajaju tvrdim lemljenjem.

Nakon toga se ugrađuju kopče (3 kom.) pravilno raspoređene po obodu.

4.6. Obujmica



Slika 28. Obujmica

Stezni prsten (poz.6.1):

Izrađuje se iz trake lima profila 30x4 mm. Razvijeni oblik je dužine 1290 mm.

Stezne čeljusti (poz.6.2):

Od plosnog željeza 30x10 mm odrežu se dva kom. dužine 25 mm. U njihovim središtima se otočkaju i izbuše provrti promjera 11 mm.

Poz.6.2 (2 kom.) navaruje se na poz.6.1.

Pritezni vijak M 10x40 (DIN 931) (poz.6.3)

Matica M 10 (DIN 934) (poz.6.4)

Podloška za M 10 (DIN 125), 2 kom. (poz.6.5)

4.7. Montaža rasplinjača [6]

Kada su svi dijelovi generatora plina izrađeni treba pristupiti njegovoj montaži. Montaža treba ići po sljedećem redoslijedu:

1. Na rešetku sa uškom (poz.2) kače se tri lanca (poz.7) koji ju povezuju sa komorom izgaranja (poz.1). Taj podsklop se ulaže u kućište generatora (poz.4).
 2. Tresni mehanizam ugrađuje se postupno. Tresna poluga (poz.3.2) se zavaruje za vratilo (poz.3.1) koje ulazi u noseću čahuru (poz.3.3). Na vanjsko čelo noseće čahure navrće se brtvena kapica (poz.3.4). Radi boljeg brtvljenja prije ulaganja vratilo se namaže temperaturno-otpornim silikonom. Na vratilo se montira zakretna poluga s ručkom (poz.3.7 i poz.3.8).
- Napomena: prilikom ugradnje paziti da tresna poluga dođe u zahvat sa uškom rešetke (poz.2.2).
3. Na gornji dio kućišta navlači se obujmica u otpuštenom stanju.
 4. Spremnik goriva se ulaže u obujmicu. Obujmica se zateže na čvrsto. Poklopac spremnika stavlja se nakon punjenja gorivom.
 5. Kapice (poz.8) na otvorima kućišta navrnu se neposredno prije puštanja u rad.

5. Opis rada rasplinjača [6]

Prije svakog pokretanja rasplinjača potrebno je provesti čišćenje prostora za pepeo.

Na dno komore izgaranja (rešetku) potrebno je nasuti do 100 mm drvenog ugljena, potom je potrebno napuniti komoru izgaranja i spremnik biomase sa gorivom (drvetom). Drveni ugljen se nasipava zbog lakšeg zapaljenja drveta koje je vlažno i sadrži 25% vlage.

Kada napunimo spremnik goriva do odgovarajuće visine (desetak centimetara od vrha spremnika), potrebno je zatvoriti spremnik s njegovim poklopcem. Na otvor poklopca se spaja fleksibilno crijevo kojim se dovodi zrak pomoću kompresora.

Kroz kontrolni otvor se prinese otvoreni plamen te se zapali nasuti ugljen. Tada je potrebno uključiti kompresor da počne dobavljati potrebni zrak (kisik) za izgaranje, nakon čega zatvaramo kontrolni otvor. Na izlaznom otvoru rasplinjača promatramo da li izlaze dimni plinovi, ako se to ne dogodi tada je potrebno ponoviti proces paljenja.

6. Rasplinjavanje bio-mase (sastav generiranog plina)

U poglavlju „Teorija rasplinjavanja“ objašnjen je postupak termodinamičkog proračuna rasplinjača. S tim proračunom se određuje sastav nastalog plina ali i temperatura pliništa.

U ovom radu se posebno bavimo rasplinjavanjem bio-mase. Kako je već ranije spomenuto potrebno je promatrati rasplinjavanje bilo kojeg goriva što znači da moramo uzeti u obzir stvaranje metana.

Sastav bio-mase (drveta) za koji je proveden proračun je:

$$c=37,51\%$$

$$h=4,5\%$$

$$o=32,92\%$$

$$n=0,07\%$$

$$w=25\%$$

Ogrjevna vrijednost goriva takvog sastava iznosi: $H_d=13475 \text{ kJ/kg}$.

Toplinski kapaciteti pojedinih sudionika u rasplinjavanju su uzeti iz toplinskih tablica [11].

Sastav nastalog plina je proračunat uz pretičak zraka u iznosu od: $\lambda=0,3$, iz čega se dobiva potrebna količina kisika i zraka za rasplinjavanje u iznosu:

$$O_{\min}=0,032221 \text{ kmol}_{O_2}/\text{kg}_g$$

$$L_{\min}=0,153433 \text{ kmol}_z/\text{kg}_g$$

Proces rasplinjavanja je promatran kao adijabatski proces bez odvođenja topline iz rasplinjača.

Očekivani sastav plina dobivenog na taj način prikazan preko udjela po kilogramu goriva:

$$\text{H}_2 = 0,02474289 \text{ kmol_H}_2/\text{kg_g}$$

$$\text{CH}_4 = 0,00223874 \text{ kmol_CH}_4/\text{kg_g}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0,00716853 \text{ kmol_H}_2\text{O}/\text{kg_g}$$

$$\text{CO} = 0,01141134 \text{ kmol_CO}/\text{kg_g}$$

$$\text{CO}_2 = 0,01760826 \text{ kmol_CO}_2/\text{kg_g}$$

$$\text{N}_2 = 0,03638851 \text{ kmol_N}_2/\text{kg_g}$$

Ukupna količina plina nastala iz kilograma goriva iznosi: 0,09955826 kmol_pl/kg_g.

Sastav plina u postotnim udjelima svedenih na količinu nastalog plina iznosi:

$$\text{H}_2 = 24,85\% \text{ kmol_H}_2/\text{kmol_pl}$$

$$\text{CH}_4 = 2,25\% \text{ kmol_CH}_4/\text{kmol_pl}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 7,2\% \text{ kmol_H}_2\text{O}/\text{kmol_pl}$$

$$\text{CO} = 11,46\% \text{ kmol_CO}/\text{kmol_pl}$$

$$\text{CO}_2 = 17,69\% \text{ kmol_CO}_2/\text{kmol_pl}$$

$$\text{N}_2 = 36,55\% \text{ kmol_N}_2/\text{kmol_pl}$$

Adijabatska temperatura pliništa iznosi 489,28 °C.

Gubici zbog nepotpunog izgaranja iznose: 10991,276 kJ/kg_g.

Donja ogrjevna vrijednost tako dobivenog plina je jednaka gubicima nepotpunog izgaranja.

Donja ogrjevna vrijednost dobivenog generatorskog plina može se prikazati i na sljedeći način:

$H_d = 110,4$ MJ/kmol

$H_d = 4926,392$ kJ/m_n³

7. Zaključak

Glavna prednost korištenja sustava rasplinjača je niža emisija štetnih plinova i čestica. To je posljedica korištenja filtera koji pročišćava nastali plin u rasplinjaču. Uz takovo korištenje rasplinjača moguće je koristiti kombinirani proces s kogeneracijom što dovodi do značajnog povećanja iskoristivosti tako korištenog krutog goriva. Problem koji se javlja je visoka cijena sustava filtera za pročišćavanje nastalog plina prije ulaska u komoru izgaranja. Zbog toga je u današnje vrijeme upitna isplativost takvog procesa.

Zbog nedostatka fosilnih goriva i sve većeg onečišćenja okoliša potrebno je pronaći novu tehnologiju koja može zamijeniti konvencionalne izvore i to na ekološki prihvatljiv način. Jedan od načina na koji je to moguće postići je korištenje rasplinjača.

Rasplinjač se može koristiti za rasplinjavanje bio-mase, gradskog otpada i ugljena. Sustav rasplinjavanja omogućuje korištenje tehnologije čistog ugljena. Tehnologija čistog ugljena se temelji ponajprije na rasplinjavanju i pročišćavanju nastalog plina te njegovo korištenje u raznim energetske postrojenjima. Nakon toga je potrebno odvojiti CO₂ iz dimnih plinova te ga skladištiti.

Zbog sve veće svijesti ljudi prema okolišu i njegovom očuvanju, ekonomska isplativost ovakvih postrojenja je sve manje bitna.

8. Popis literature

[1] A. Galović: „Termodinamika 1“

[2] A. Galović: „Termodinamika 2“

[3] F. Bošnjaković: „Rasplinjavanje i čađenje“

[4] Hubert E. Stassen: „Small-scale biomass gasifiers for heat and power“

[5] Eric D. Larson: „Small- scale gasification-based biomass power generation“

[6] H. LaFontaine, Biomass Energy Foundation, Inc. And F.P.Zimmerman, Oak Ridge National Laboratory, Energy Division : „Construction of a simplified wood gas generator for fueling internal combustion engines in a petroleum emergency“

[7] Hongmei Zhang, Jun Wang: „Combustion characteristics of a diesel engine operated with diesel and burning oil of biomass

[8] FAO (Food and agriculture organization of the United Nations): „Wood gas as engine fuel“

[9] B. Kraut: „Strojarski priručnik“

[10] K. H. Decker: „Elementi strojeva“

[11] B. Halas, A. Galović, I. Boras: „Toplinske tablice“

[12] A. Debdoubi, A. El amarti, E. Colacio: „Production of fuel briquettes from esparto partially pyrolyzed“

[13] V. Plevnik: „Izbor tehnologije za izgaranje šumskog drvnog otpada“

[14] Ž. Bogdan: „Termoenergetska postrojenja“, interna skripta

[15] L. Jaeger: „Holzgasanlagen“

[16] Andrea Corti, Lidia Lombardi: „Biomass integrated gasification combined cycle with reduced CO₂ emissions: Performance analysis and life cycle assessment (LCA)“

Rasplinjavanje biomase

Vedran Polović, univ. bacc. ing. str.

Mario Kozina, univ. bacc. ing. str.

Marko Dimnjašević, univ. bacc. ing. str.

KLJUČNE RIJEČI

rasplinjavanje, biomasa, ogrjevna vrijednost, generatorski plin

SAŽETAK

Biomasa je obnovljivi izvor energije koji uključuje ogrjevno drvo i drvni otpad iz šumarstva, piljevinu, koru, drvni ostatak iz drvne industrije itd.. Između različitih vrsta biomase drvna ima najširu primjenu. Najstariji način korištenja drveta je izgaranje na otvorenom. Uz taj način postoje još niz načina iskorištenja energije sadržane u biomasi kao što su izgaranje u pećima i kaminima, rasplinjavanje, dobivanje tekućeg goriva, plina i topline pirolizom.

Kruta goriva se mogu oplemeniti ako ih pretvorimo u plinovita. O oplemenjivanju govorimo zato što se plinovi lakše i bolje mogu miješati sa zrakom za izgaranje, te se plin može dovesti cjevovodima baš ondje gdje je potreban.

Dva glavna procesa oplemenjivanja krutih goriva su: otplinjavanje i rasplinjavanje. Otplinjavanje je proces suhe destilacije krutog goriva bez dovodenja kisika gorivu, a u svrhu stvaranja plina bogatog s H_2 i CO za korištenje u kemijskoj industriji. Ovaj način

oplemenjivanja krutog goriva nije predmet ovoga rada, već rasplinjavanje koje je puno interesantnije s toplinsko-tehničkog aspekta, pa će se ovaj rad posebno pozabaviti tim procesom.

Rasplinjavanje je proces izgaranja uz manjak kisika, te se zbog toga može govoriti o nepotpunom izgaranju. Produkt rasplinjavanja je generatorski plin bogat s CO, CH₄ i H₂, kojega je moguće koristiti u raznim postrojenjima. Ovisno o mjestu korištenja plina različite su i prednosti korištenja ovakvog generatorskog plina u odnosu na kruta goriva.

Proces rasplinjavanja je zanimljiv iz raznih tehničkih aspekata. Puno je lakša i bolja regulacija snage u termoenergetskim postrojenjima. Predstavlja osnovu za tehnologiju korištenja ugljena sa nultim emisijama, ali isto tako predstavlja mogućnost povećanja energetske efikasnosti termoenergetskih blokova na kruta goriva. Zbog svih tih razloga je tehnologija rasplinjavanja veoma zanimljiva, te je potrebno provesti niz analiza da se dokaže ekonomska i tehnička isplativost korištenja ove tehnologije.

U ovom radu će biti dan povijesni pregled upotrebe i razvoja ove tehnologije, termodinamički proračun, te jedno od mogućih konstrukcijskih rješenja rasplinjavanja u svrhu dobivanja generatorskog plina za loženje toplovodnih kotlova.

Glavna prednost korištenja sustava rasplinjača je niža emisija štetnih plinova i čestica. To je posljedica korištenja filtera koji pročišćava nastali plin u rasplinjaču. Uz takovo korištenje rasplinjača moguće je koristiti kombinirani proces s kogeneracijom što dovodi do značajnog povećanja iskoristivosti tako korištenog krutog goriva. Problem koji se javlja je visoka cijena sustava filtera za pročišćavanje nastalog plina prije ulaska u komoru izgaranja. Zbog toga je u današnje vrijeme upitna isplativost takvog procesa.

Zbog nedostatka fosilnih goriva i sve većeg onečišćenja okoliša potrebno je pronaći novu tehnologiju koja može zamijeniti konvencionalne izvore i to na ekološki prihvatljiv način.

Jedan od načina na koji je to moguće postići je korištenje rasplinjača za dobivanje generatorskog plina.

Rasplinjač se može koristiti za rasplinjavanje bio-mase, gradskog otpada i ugljena. Sustav rasplinjavanja omogućuje korištenje tehnologije čistog ugljena. Tehnologija čistog ugljena se temelji ponajprije na otplinjavanju i pročišćavanju nastalog plina te njegovo korištenje u raznim energetske postrojenjima. Nakon toga je potrebno odvojiti CO₂ iz dimnih plinova te ga skladištiti.

Zbog sve veće svijesti ljudi prema okolišu i njegovom očuvanju, ekonomska isplativost ovakvih postrojenja je sve manje bitna.

Biomass gasification

Vedran Polović, univ. bacc. ing. str.

Mario Kozina, univ. bacc. ing. str.

Marko Dimnjašević, univ. bacc. ing. str.

Key words:

gasification, biomass, heating value, generated gas

Summary:

Biomass is a renewable energy source which consists of firewood, wooden scraps from wood industry, sawdust, etc... Biomass is available in many different forms, but wood is the most implemented and generally used type. The oldest method of using wood for heating is burning in open fires. Besides from that, there are numerous ways of using biomass, such as burning in fireplaces or furnaces, gasification or pyrolysis in order to obtain liquified or gassified fuel or heat.

Solid fuels can be refined if turned to gaseous state. Gases are better fuels because they can be transported through pipelines or mixed with air and easily lit.

Two main means of refining solid fuels are degassing and gasification. Degassing is dry distillation of solid fuel in absence of oxygen in order to obtain gases rich with H_2 i CO so that they can be used in chemical industry. Idea of degassing is not much elaborated in this paper because the process of gasification is, from a heat-technician's point of view, much more interesting.

Gasification is a process of incomplete combustion because of insufficient oxygen. Product of such combustion is gas rich with CO, CH₄ i H₂, which can be used in various facilities. Of course, usage effectiveness of gas over solid fuels depends greatly on the place of demand and utilisation.

Gasification can be very interesting in many technical aspects. Power regulation of thermoenergetic plants can be simplified and enhanced. Technology of gasification represents basic knowledge for using zero-emission coal technologies, and can also increase energy efficiency of solid fuel energy units. Those facts make gasification technology very interesting and innovative, and analyses are to be made concerning economical and technical feasibility of this technology.

This paper will give historical review of utilisation and development of this technology, thermodynamic calculation as well as one of possible gasification design solutions in order to obtain fuel gasses for combustion in heat boilers.

The main advantage of using gasification systems is lower carbon and particle emission. That is a consequence of using gas purification filters in front of the combustion chamber. Such usage of gasification can be utilised with cogeneration units which leads to notable increase in efficiency of used solid fuel. Problem which can occur is high price of gas purification filters which is to day the main reason for lower feasibility of the process.

Because of fossil fuel shortage and high pollution levels a new, ecologically aware technology is urgently required in order to replace conventional energy sources. One of nearly – feasible means for achieving such goal is using gasification technologies.

A gasificator may be used to gasify biomass, public waste or coal. Process of gasification enables usage of zero – emission coal technologies. Zero – emission coal technology is

based upon purification of created gas and its usage in various energy units. Afterwards, CO₂ is to be removed from flue gases.

Increased ecology awareness in the world makes economical feasibility of such units less important then before.