

3.4 ТОПЛОТНА МОЋ

3.4.1 Значај и дефиниција

Количина топлоте која се ослобађа сагоревањем неког горива и која представља ону неопходну полазну величину за низ прорачуна, представља једну од најзначајнијих карактеристика горива. Ова величина, дефинисана односом настале количине топлоте при потпуном сагоревању и јединице количине горива, од које је топлота добијена, назива се топлотна моћ.

С обзиром на услове у којима се процес сагоревања одвија, разликује се:

- топлотна моћ при константном притиску, и
- топлотна моћ при константној запремини,

а с обзиром на топлотни ниво продуката сагоревања насталих приликом одређивања топлотне моћи:

- горња, и
- доња топлотна моћ.

Како је разлика између топлотних моћи одређених при константној запремини и при константном притиску врло мала – мања од грешке која се чини приликом експерименталног одређивања, у техничким прорачунима она се занемарује и не наглашава се под којим је условима одређена.

Стриктне дефиниција горње и доње топлотне моћи гласе:

Горња топлотна моћ је количина топлоте која се добија потпуним сагоревањем јединице масе горива под следећим условима:

- угљеник и сумпор из гориве материје налазе се у облику својих диоксида (CO_2 и SO_2) у гасовитом стању, док до оксидације азота није дошло;
- продукти сагоревања доведени су на температуру коју је гориво имало на почетку (20°C); и
- вода, која у продуктима сагоревања потиче од влаге из горива и од сагорелог водоника, преведена је у течно стање, што је условљено и претходним условима – хлађењем продуката сагоревања до 20°C .

Доња топлотна моћ представља количину топлоте која се ослободи потпуним сагоревањем јединице масе горива под следећим условима:

- угљеник и сумпор из горива налазе се у облику својих диоксида (CO_2 и SO_2) док до оксидације азота није дошло;
- продукти сагоревања доведени су на температуру коју је гориво имало на улазу у процес сагоревања (20°C); и
- вода у продуктима сагоревања остаје у парном стању.

Топлотна моћ се обележава словом „Н“: горња са H_g , а доња са H_d , при чему се индекси „g“ и „d“, односе на горњу и доњу топлотну моћ. Димензија топлотне моћи проистиче из њене дефиниције – односа количине топлоте и количине материје из које је сагоревањем топлота настала. Топлотна моћ се изражава у kJ/kg или MJ/kg за чврста и течна горива и у kJ/m^3 за гасовита горива. Код течних горива користи се kJ/dm^3 или MJ/dm^3 . Прерачунавање „запреминске“ на „масену“ топлотну моћ врши се помоћу израза:

$$H = \frac{H(\text{kJ} / \text{m}^3)}{\rho(\text{kg} / \text{m}^3)}, \quad \text{kJ} / \text{kg}$$

где је ρ густина течног или гасовитог горива.

Разлика између горње и доње топлотне моћи се дефинише као разлика у количини топлоте која се добија ако се вода, настала сагоревањем водоника и испаравањем влаге, преведе из парног у течно стање, односно, која се губи, ако вода, која се налази у продуктима сагоревања остане у парном стању, добија се општа веза између горње и доње топлотне моћи:

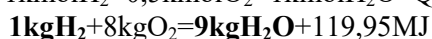
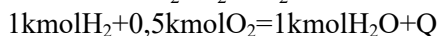
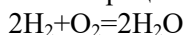
$$H_g = H_d + 25 (9H + W), \quad \text{kJ/kg}$$

где су:

H – масени проценат водоника у гориву,

W – масени проценат влаге у гориву,

$9H$ – масени проценат воде, настао сагоревањем H процената водоника из горива (Из стехиометријске једначине сагоревања водоника следи да сагоревањем 1 kg водоника са 8 kg кисеоника настаје 9 kg воде. Сагоревањем H процената водоника добија се $9H$ процената воде.



25 – стоти део топлоте испаравања воде (За испаравање једног килограма воде температуре 20°C и њено превођење у парно стање на атмосферском притиску потребно је око 2450 kJ/kg, а стоти део – 25).

Материје које у себи не садрже водоник и влагу (чист угљеник, на пример) немају горњу и доњу топлотну моћ – обе вредности су међусобно једнаке: $H_g = H_d$

3.4.2 Одређивање топлотне моћи

Топлотна моћ се може одредити експериментално – сагоревањем припремљеног узорка, и рачунски – на основу података елементарне или техничке анализе горива.

Експериментално одређивање топлотне моћи

Одређивање топлотне моћи експерименталним путем омогућава добијање најтачнијих резултата. За одређивање топлотних моћи користе се специјални уређаји – калориметри. Одређивање топлотних моћи чврстих и течних горива врши се у такозваним калориметрима са бомбом, а гасовитих – у проточним калориметрима. Суштинска разлика између ова два калориметра је, што се у калориметру са бомбом процес сагоревања одвија при константној запремини, па се добија топлотна моћ при константној запремини, а код проточног калориметра – при константном притиску.

Одређивање топлотне моћи гасовитих, а ређе и течних горива проточним калориметром, заснива се на истом принципу, с том разликом, што се процес сагоревања одвија са ваздухом и на атмосферском притиску.

Рачунско одређивање топлотне моћи

Одређивање топлотне моћи рачунским путем врши се из низа познатих података: елементарног састава, техничке анализе, статистичке обраде резултата великог броја мерења, састава горивих компонената у гориву, густине и др.

У циљу поређења и израчунавања количине енергије која се може добити потпуним сагоревањем горива, уводи се појам такозваног „условног горива (условне нафте)“. Данас, за сва прерачунавања се користи појам условне нафте која при сагоревању ослобађа 41.870 kJ/kg. Прерачунавање горива на условну нафту врши се према обрасцу:

$$M_{UN} = (M \cdot H) / 41.870$$

где су: M_{UN} - маса условног горива, M - маса горива које се прерачунава на условно, H - топлотна моћ горива које се прерачунава на условно.

За приказивање потрошње горива, односно енергије која се добија коришћењем горива, користе следеће јединице:

1 toe (tonne oil equivalent)	41,87 GJ
1 toe	11.630 kWh
1 toe	11,63 MWh
1 toe	39.683.205,411 BTU
1 TPE (tonne petroleum equivalent)	45,217 GJ

3.5 ТЕМПЕРАТУРА САГОРЕВАЊА

Температура сагоревања представља температуру коју имају гасовити продукти, као резултат сагоревања топлотом која је настала сагоревањем горива. Температура сагоревања управно је пропорционална топлотној моћи горива, а обрнуто пропорционална топлоти потребној за загревање продуката сагоревања до температуре сагоревања, односно обрнуто је пропорционална производу запремина продуката сагоревања и њихових средњих специфичних топлотних капацитета – топлотном капацитету.

Разликују се калориметарска, теоријска и стварна температура сагоревања.

Под калориметарском температуром сагоревања подразумева се температура сагоревања коју имају продукти сагоревања при потпуном сагоревању, којом приликом не долази до топлотних губитака насталих дисоцијацијом продуката сагоревања на повишеним температурама и услед размене топлоте са околином.

Теоријска температура сагоревања узима у обзир дисоцијацију продуката сагоревања, а не и размену топлоте са околином.

Стварна температура сагоревања одређује се узимајући у обзир и дисоцијацију продуката сагоревања и топлотне губитке услед размене топлоте са околином.

У општем случају, температура сагоревања се одређује из енергетског биланса

$$h_G + L_s h_v + H_d = t_s \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k V_i c_{pmi} \quad (3.1)$$

где су:

- h_G - енталпија горива,
- L_s - стварна количина ваздуха,
- h_v - енталпија ваздуха,
- H_d - доња топлотна моћ,
- V - запремина i -те компоненте продуката сагоревања,
- c_{pmi} - средњи специфични топлотни капацитет i -те компоненте продуката сагоревања у температурском интервалу $t_o - t_s$.

У изразу (2.1) занемарена је количина топлоте која се троши на загревање пепела до температуре t_s . Ова претпоставка је коректна у потпуности само за гасовита и течна горива. За израчунавање температуре сагоревања чврстих горива потребно је узети у обзир и количину пепела и одговарајући специфични топлотни капацитет.

Из израза (3.1) следи да се температура сагоревања t_s може израчунати на следећи начин:

$$t_s = \frac{h_G + L_s h_v + H_d}{\sum_{i=1}^k V_i c_{pmi}}, \quad ^\circ\text{C}$$

или развијено

$$t_s = \frac{h_G + L_s h_v + H_d}{V_{\text{CO}_2} c_{pm\text{CO}_2} + V_{\text{C}_2\text{O}} c_{pm\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{N}_2} c_{pm\text{N}_2} + \dots}, \quad ^\circ\text{C}$$

Израз за израчунавање теоријске температуре сагоревања биће једнак горњем изразу допуњен губицима услед дисоцијације Q_d :

$$t_s = \frac{h_G + L_s h_v + H_d - Q_d}{\sum_{i=1}^k V_i c_{pmi}}, \quad ^\circ\text{C}$$

Стварна температура сгоревања израчунаваће се према изразу:

$$t_s = \frac{h_G + L_s h_v + H_d - Q_d - Q_{tg}}{\sum_{i=1}^k V_i c_{pmi}}, \quad ^\circ\text{C}$$

где је:

Q_{tg} - количина топлоте изгубљена услед размене топлоте са околином.

За случај да се у продуктима сагоревања налазе и гориве компоненте, као последица несавршеног и непотпуног сагоревања, потребно је, у бројоцу израза за израчунавање температуре сагоревања, умањити вредност топлотне моћи за количину топлоте која се налази у овим горивим компонентама продуката сагоревања.

У том случају, најопштији израз за израчунавање температуре сагоревања би гласио:

$$t_s = \frac{h_G + L_s h_v + H_d - H_{ps} - Q_d - Q_{tg}}{\sum_{i=1}^k V_i c_{pmi}}, \quad ^\circ\text{C}$$

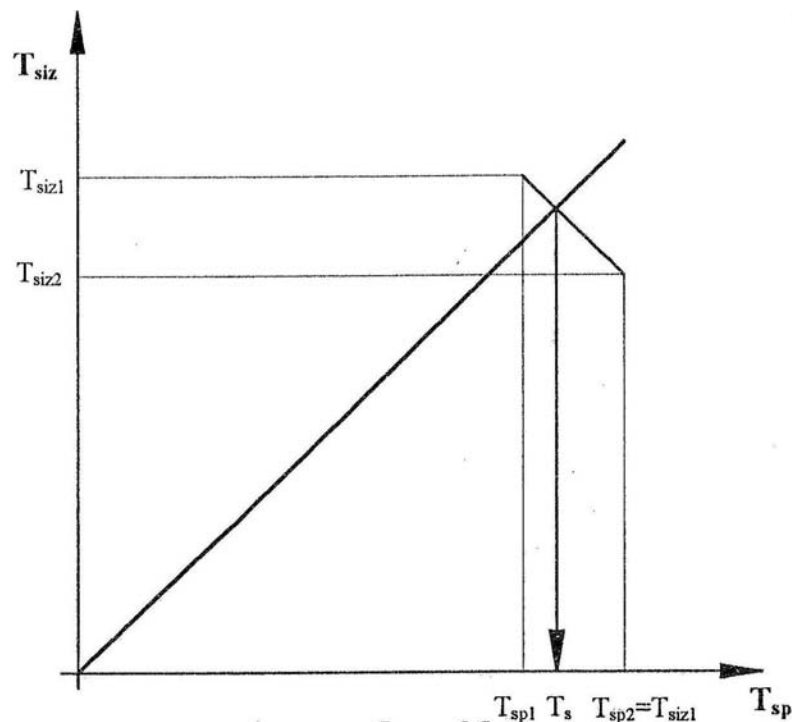
где је:

H_{ps} - губитак услед непотпуног сагоревања.

Одређивање температуре сагоревања усложњено је непознавањем средњих специфичних топлотних капацитета у интервалу $t_o - t_s$, јер није позната температура сагоревања која се тражи, па се бројне вредности средњих специфичних топлотних капацитета не могу узети из таблица. Од низа итеративних метода за одређивање температуре сагоревања биће изложена графичка метода која омогућава да се већ после два „корака“ прорачуна одреди температура сагоревања, са довољном тачношћу, за техничке прорачуне.

Да би се одредила температура сагоревања, на овај начин, потребно је да се за гориво, чија се температура сагоревања одређује, претпостави температура сагоревања (t_{sp1}). За ову претпостављену температуру сагоревања могуће је сада одредити вредности средњих специфичних топлотних капацитета, па онда и израчунати температуру сагоревања (t_{siz1}). Израчуната температура сагоревања на овај начин више или мање ће се разликовати од претпостављене. У следећем кораку, користи се ова израчуната температура сагоревања, као полазна, претпостављена ($t_{sp2} = t_{siz1}$) и за њену вредност се

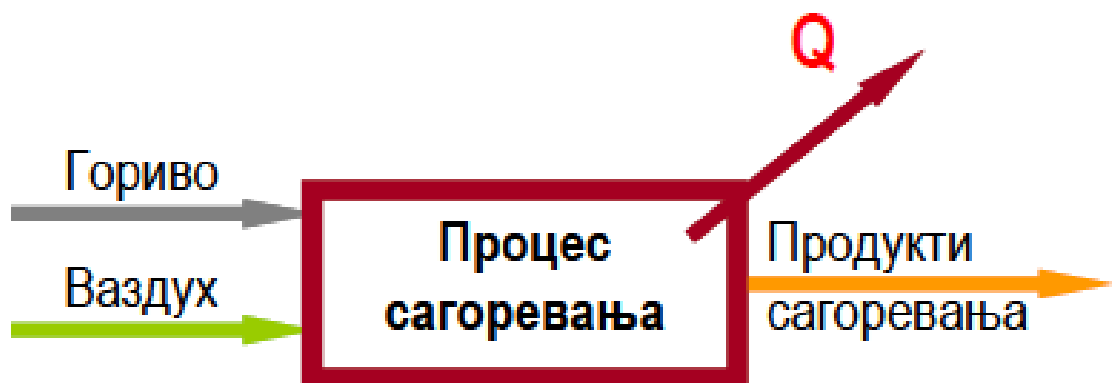
узимају вредности средњих специфичних топлотних капацитета из таблица. Температура сагоревања се израчунава поново (t_{siz2}). Добијене вредности температура сагоревања наносе се у дијаграм (Слика 3.7) на чијој се апциси наносе претпостављене вредности температура сагоревања, а на ординати – израчунате вредности температура сагоревања. У дијаграм се уцртава права $t_{siz}=t_{sp}$ (t_{siz} – израчуната температура сагоревања t_{sp} – претпостављена температура сагоревања), на којој се, у n -том кораку мора налазити тачна вредност температуре сагоревања. Повлачећи дуж која спаја две добијене тачке из прва два корака за температуру сагоревања, добија се пресек са правом $t_{siz}=t_{sp}$. Овај пресек одређује приближно температуру сагоревања.



Слика 3.7: Поступак одређивања температуре сагоревања графо-аналитичком методом

4 ОСНОВИ САГОРЕВАЊА

Као што је познато, сагоревање представља сложен физичко-хемијски процес оксидације горива праћен интензивним ослобађањем топлоте. У наставку, процес сагоревања ће бити разматран крајње упрошћено: шта улази у процес и шта из њега излази (Слика 4.1).

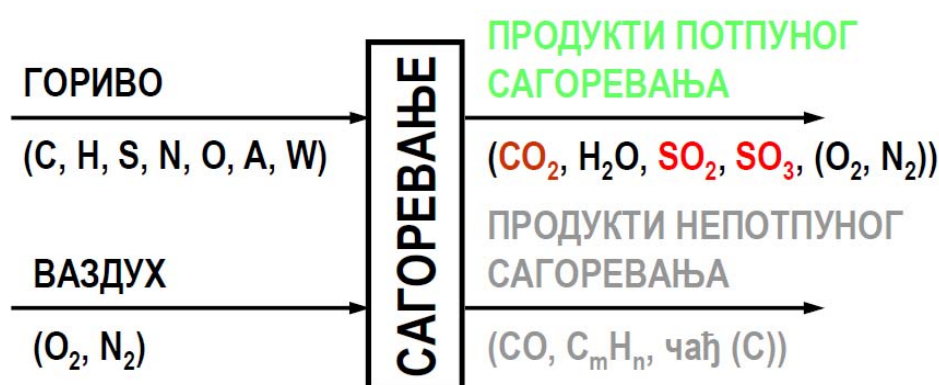


Слика 4.1: Шематски приказ процеса сагоревања

За одвијање процеса сагоревања, поред одређеног степена загрејаности горива неопходно је потребна и одређена количина кисеоника. Зависно од количине кисеоника доведене у процес, сагоревање може бити потпуно или непотпуно (Слика 4.2). При потпуном сагоревању, у општем случају, продукте сагоревања чине:

- CO_2 - настао сагоревањем угљеника из горива,
- H_2O - настала сагоревањем водоника из горива,
- SO_2 - настао сагоревањем сумпора из горива,
- N_2 - азот из ваздуха који се користи за остварење процеса сагоревања и из горива,
- O_2 - кисеоник из ваздуха који се користи за остварење процеса сагоревања.

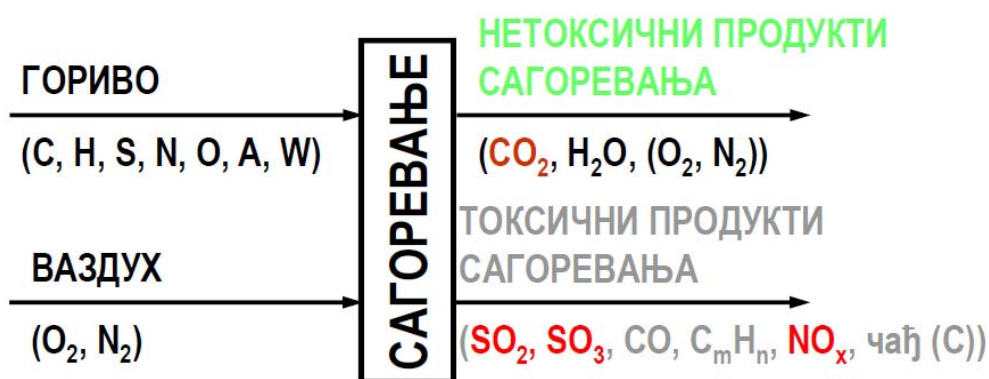
Док* угљен-диоксид, водена пара односно вода и сумпор-диоксид представљају праве продукте сагоревања, азот и кисеоник чине условне продукте сагоревања.



Слика 4.2. Подела продуката сагоревања према критеријуму потпуности сагоревања

При непотпуном сагоревању, поред продуката потпуног сагоревања налазе се и гориве компоненте, које би, да је сагоревање било потпуно, ослободиле количину топлоте коју садрже. Продукти непотпуног сагоревања су:

- CO - настао непотпуним сагоревањем угљеника из горива,
- C_mH_n - несагорели угљоводоници,
- H_2 - водоник, и
- C - угљеник у чађи, пепелу и др.



Слика 4.3: Подела продуката сагоревања према критеријуму токсичности

* Напомена: И поред тога што је CO_2 нетоксичан гас, треба водити рачуна да је он један од главних узрочника настајања ефекта „стаклене баиште“ – загревања планете Земље.

Теоријски посматрано сагоревање ће бити увек потпуно, ако је количина кисеоника, доведена у процес већа или најмање једнака теоријској количини кисеоника за потпуно сагоревање и обрнуто: сагоревање ће бити увек непотпуно, ако је количина кисеоника која учествује у процесу сагоревања мања од теоријске. Потпуним сагоревањем ослобађа се укупна, максимална количина топлоте, садржана у гориву, док при непотпуном постоје увек одређени губици.

Процес сагоревања може; бити савршен и несавршен. И поред обезбеђивања довољне количине кисеоника за потпуно сагоревање и веће од теоријске, у продуктима сагоревања налазе се несагореле компоненте горива - услед несавршености процеса.

Зависно од агрегатног стања компонената које учествују у процесу (горива и оксидатора - најчешће ваздух) сагоревање може бити хомогено, ако су гориво и ваздух у истом агрегатном стању (пример сагоревања гасовитих горива) и хетерогено, ако су гориво и ваздух у различитим агрегатним стањима (пример сагоревања чврстог горива).

5 ЧВРСТА ГОРИВА - БИОМАСА

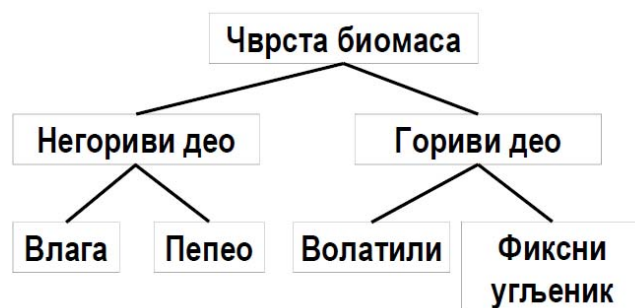
Чврста горива, па самим тим и биомаса, се могу разврстати на више начина. У наставку, биће приказане кључне карактеристике чврстих горива, на основу којих се врши њихова оцена и могућност оптималног коришћења.

5.1 ТЕХНИЧКА АНАЛИЗА ЧВРСТИХ ГОРИВА

Поред елементарне анализе, која је неопходна за низ топлотних прорачуна, за оцену могућности адекватне примене једног горива, а нарочито чврстих (биомасе), користи се такозвана техничка анализа. Техничка анализа се заснива на термичком разлагању масе горива. термичко разлагање горива представља процес који прати све видове коришћења чврстих горива (Слика 5.1) при чему се добијају испарљиве и неиспарљиве материје. С обзиром на сложеност, материја чврстих горива, и у испарљивом и у неиспарљивом делу горива налазе се гориве и негориве компоненте.

Подела масе горива према наведеним критеријумима на четири групе узима се за основу техничке анализе, а одговарајућа подела дата је на Слици 5.1. Оваква подела масе горива може се повезати са фазама у сагоревању горива (биомасе) и то (Слика 5.2):

- сушење (издвајање влаге из масе горива/биомасе)
- пиролиза и гасификација (издвајање горивих испарљивих материја – волатила), паљење и сагоревање волатила
- сагоревање коксног остатка.



Слика 5.1: Основни подаци техничке анализе горива (значајни за све процесе засноване на термичком разлагању горива)

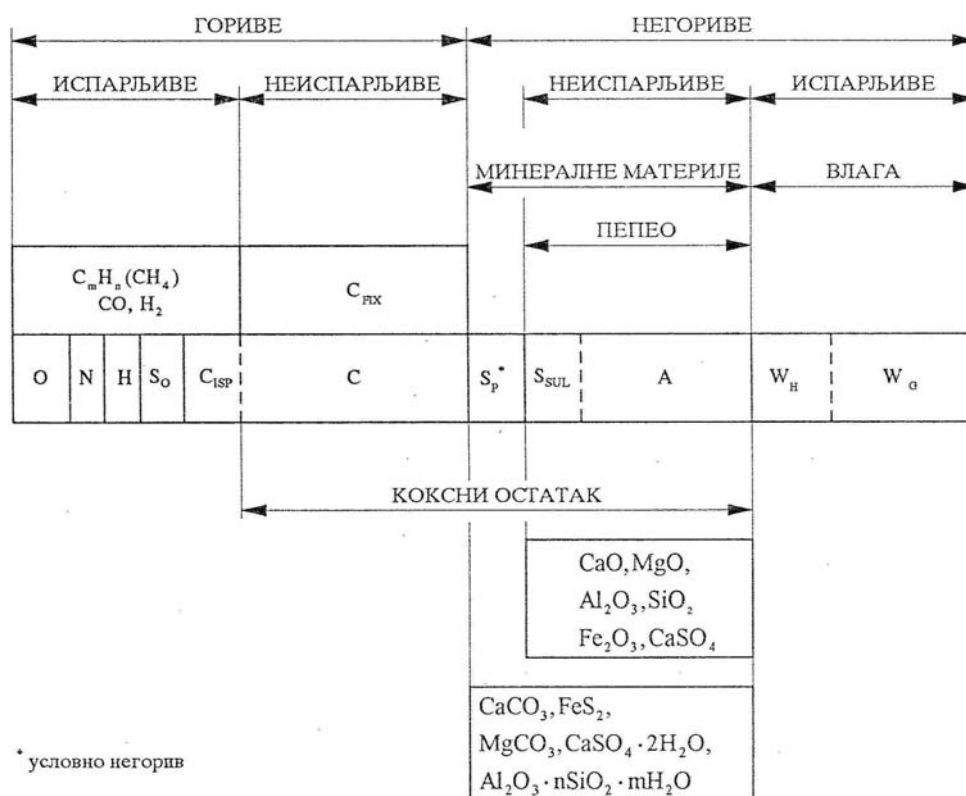


Слика 5.2: Фазе сагоревања биомасе

На основу претходне анализе, може закључити да су основни подаци техничке анализе (Слика 5.3):

- садржај грубе влаге и садржај хигроскопске влаге – садржај негоривих испарљивих материја,
- садржај горивих испарљивих материја (волатили), у чијем се саставу налазе испарљиви угљеник и водоник (најчешће везани међусобно у оквиру угљоводоника), као и кисеоника и азот,
- садржај негоривих неиспарљивих материја – садржај минералних материја (пепео),
- садржај коксног остатка – горивих и негоривих неиспарљивих материја.

Поред ових карактеристика, подаци техничке анализе су још топлотна моћ, понашање пепела на повишеним температурама (топливост пепела), дужина и боја пламена, изглед и структура коксног остатка и др.



Слика 5.3. Техничка анализа чврстих горива

5.2 ПЕПЕО

Пепео који се налази у биомаси доводи до погоршања преноса топлоте на грејне површине, а самим тим и до погоршања процеса загревања и испаравања воде, прегревања паре и загревања ваздуха.

Изузетно важна карактеристика је понашање пепела на повишеним температурама, када долази до топљења пепела и његовог лепљења по озиду и грејним површинама. Образовање наслага пепела на грејним површинама котла, огледа се у знатном смањењу коефицијента пролаза топлоте.

Понашању пепела добијеног сагоревањем биомасе посвећује се посебна пажња јер овај пепео има склоност ка топљењу на температурама нижим у односу на пепео који потиче од сагоревања угљева. Ниске температуре топљења су посебно изражене при сагоревању пољопривредне биомасе.

Утицај наслага пепела на пренос топлоте анализира се на примеру загревања воде или водене паре топлотом димних гасова у случају да на цевима нема наслага пепела и у случају да постоје насlage на цевима.

Ако се посматра чиста цев дебљине δ , познатог коефицијента провођења топлоте λ која се са једне стране загрева топлотом димних гасова, а са друге хлади водом или воденом паром, онда се коефицијент пролаза топлоте може представити изразом:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

где су:

- k – коефицијент пролаза топлоте,
- $\alpha_1 (W/m^2K)$ – коефицијент пролаза топлоте од димних гасова на чисту цев која се налази у струји димних гасова,
- $\alpha_2 (W/m^2K)$ – коефицијент пролаза топлоте од зида цеви на пријемник топлоте,
- $\delta/\lambda (m^2K/W)$ – отпор провођењу топлоте кроз зид цеви.

Промена температуре представљена је на Слици 5.4а.

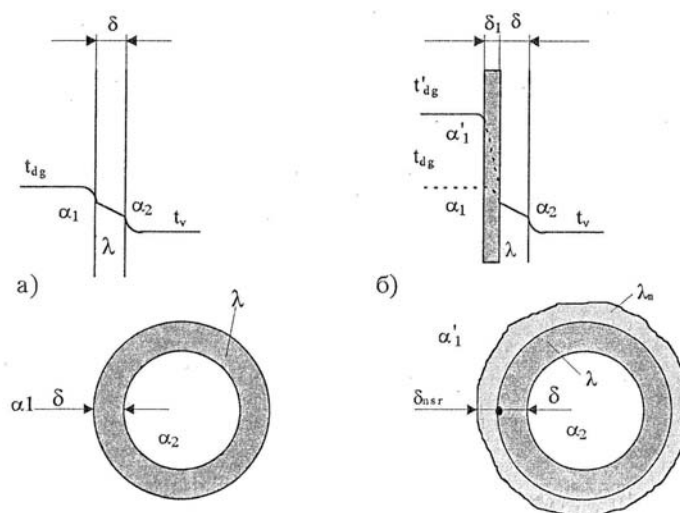
Ако са стране димних гасова дође до стварања наслага пепела промениће се и коефицијент прелаза топлоте α_1 , а јавиће се слој пепела, чврсто прионулог за зид цеви, дебљине δ_n и коефицијента проводљивости топлоте λ_n .

Коефицијент пролаза топлоте погоршаће се тако да ће његова вредност бити:

$$k' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1'} + \frac{\delta_{nr}}{\lambda_n} + \frac{\delta}{\lambda} \frac{1}{\alpha_2}}$$

- $\alpha_1' (W/m^2K)$ – коефицијент пролаза топлоте од димних гасова на спољашњу површину наслага пепела. Како су облик и храпавост чисте и запрљане цеви различити, α_1' разликоваће се од α_1 .

Промена температуре приказана је на Слици 5.4б. Као што се из слике може закључити, да би се остварила иста температура воде или водене паре, потребно је повећати потрошњу горива, односно довести већу количину топлоте, што погоршава степен корисности постројења (котла), а истовремено, посматрано у дужем временском интервалу, води механичком преоптерећењу материјала цеви. Такође, ово води повишењу температуре димних гасова на излазу из ложишта и на крају котла.



Слика 5.4

Присуство слоја пепела на грејним површинама утиче и на размену топлоте зрачењем. При стварању наслага око чисте цеви долази до повећања температуре спољне површине слоја у односу на температуру зида чисте цеви, тј. до смањења разлике температура која у изразу за размењену топлоту фигурише на четвртом степену.

Према температури топљења, пепео се може разврстати у неколико група. Пепео је:

- лако топљив, уколико је температура топљења нижа од 1200°C,
- средње топљив, ако је температура топљења од 1200 до 1350°C,
- тешко топљив, ако је температура топљења од 1350-1500°C,
- практично нетопљив, ако је температура топљења пепела виша од 1500°C.

Оваква подела, и поред тога што се често користи, није коректна: пепео, као мешавина више компонената нема једну одређену температуру топљења. Појава топљења се јавља у одређеном температурском интервалу, чији су положај и опсег од изузетног значаја за примену.

Примена такозваног „индекса топљивости“ има већи значај са аспекта примене. Индекс топљивости се дефинише односом тешко и лако топљивих оксида:

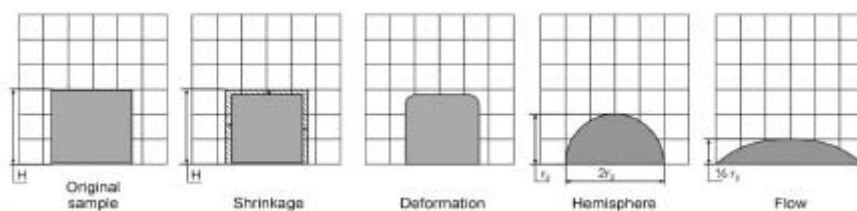
$$F = \frac{SiO_2 + Al_2O_3}{FeO + Fe_2O_3 + CaO + MgO + \dots}$$

Према индексу топљивости, пепео може бити:

- лако топљив, уколико је $F = 0,2-1,5$
- средње топљив, уколико је $F = 1,5-2,5$
- тешко топљив, ако је $F = 2,5$

За оцену понашања пепела на повишеним температурама, коју је у лабораторијским условима тешко у потпуности симулирати, може да се оцени и на основу промене геометрије узорка пепела (Слика 5.5), при чему се разликују следеће температуре:

- Температура омекшавања
- Температура деформације
- Температура полулопте
- Температура разливања (течења).



Слика 5.5: Карактеристични облици узорка пепела за које се региструју одговарајуће температуре

5.3 ГОРИВЕ ИСПАРЉИВЕ МАТЕРИЈЕ

Гориве испарљиве материје су значајне приликом термичког разлагања биомасе, како у процесима сагоревања, тако и у различитим процесима гасификације и пиролизе. Услед наглог загревања биомасе приликом сагоревања или других процеса (гасификације и пиролизе), долази до издвајања горивих и негоривих испарљивих материја. Настале гориве испарљиве материје образују са околним кисеоником смешу, која је, зависно од степена загрејаности, способна да се упали. Сагоревањем горивих испарљивих материја почиње обично процес сагоревања биомасе.

Термичким разлагање биомасе, при чему се издвајају гориве испарљиве материје (волатили), настаје коксни остатак. Ово није карактеристично само за процесе сагоревања, већ и све остале процесе трансформација.

Састав горивих испарљивих материја у подацима техничке анализе, преко елемената ($C_{isp}+N+O+N$) не даје довољно података за процену понашања и анализу процеса деволатилизације, односно термичког разлагања. Наведени елементи су углавном међусобно сједињени, сем водоника који може бити и елементаран и у оквиру осталих виших угљоводоника. CH_4 , CO и CO_2 чине 80-90% свих волатила.

Количина и састав горивих испарљивих материја зависе од низа утицајних величина:

- врсте биомасе,
- брзине загревања,
- максималне температуре при загревању,
- времена излагања максималној температури и др.

Што је садржај горивих испарљивих материја већи, то је лакше паљење и утолико брже сагоревање. Истовремено, што је садржај горивих испарљивих материја већи, њиховим сагоревањем развиће се већа количина топлоте, па ће се процес сагоревања лакше одвијати. Упоредни преглед садржаја волатила у различитим врстама чврстих горива дат је у Табели 4.1.

Табела 4.1

Врста горива	Садржај волатила (% m/m , чиста горива маса)
дрво	85
лигнит	50-60
мрки угљеви	35-50
антрацит	4-7

5.4 ЗНАЧАЈ ПОДАТАКА ТЕХНИЧКЕ АНАЛИЗЕ

Свака од карактеристика, које су до сада разматране, има много шире значење и често пресудан утицај на целокупан систем, у коме се биомаса користи. Ово се најбоље може уочити на примеру биомасе, при чему се сагледава снабдевање, конверзија у друге облике или видове енергије и емисије из процеса сагоревања. Због великог броја специфичности биомасе у односу на друге врсте чврстих горива, за потпуно сагледавање могућности коришћења биомасе потребно је вршити велики број различитих анализа које омогућавају одређивање:

- хемијског састава,
- биохемијског састава,
- физичког састава,

- физичких карактеристика и
- конверзионих карактеристика.

Зависност између појединих карактеристика биомасе приказана је на Слици 5.6.

Биомаса	снабдевање			конверзија				емисије	
	транспорт	складиштење	припрема (предтретман)	(ко-)сагоревање	(ко-)гасификација	пиролиза	дигестија/ ферментација	пречишћавање гасова	емисије
Хемијски састав									
• С, Н, О, N, S, Cl&F									
• алкални елементи									
• тешки метали									
• састав пепела									
Биохемијски састав									
• целулоза									
• лигнин									
Физички састав									
• садржај влаге									
• садржај волатила									
• садржај пепела									
Физичке карактеристике									
• густина									
• насипна густина									
• расподела величине честица									
• морфологија									
• отпорност на трошење									
• механичка чврстоћа									
• карактеристике растворљивости									
Конверзионе карактеристике									
• реактивност									
• топлівост пепела									
• горња топлотна моћ									
• карактеристике синтеровања									

Слика 5.6

6 БИОМАСА – Дефиниције

Материјал дат у прилогу Извода.