

Termokīmisko tehnoloģiju vēsture un nākotne enerģētikā



Foto: Dreamstime

Dmitrijs Poršņovs, Latvijas Universitātes
Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Vides zinātnes nodaļas pētnieks

Degšanas procesu mēs parasti iedomājamies vienkāršu un pašsaprotamu: kas gan sarežģīts var būt kamīna liesmā – ieliec kurināmo, piešķil uguni un tas deg, nekas vairāk. Taču, kā jau tas bieži vien ir raksturīgi šai pasaulei, patiesība ir krietni sarežģītāka par šķietamību. Cietā kurināmā sadegšanu nodrošina komplicēts ķīmisko procesu kopums – pati degšana tajā neveido pat pusi. Vēl vairāk, degšana nemaz nebūtu iespējama, ja nenotiktu citas šajā kompleksā ietilpstošās reakcijas, ko sauc par pirolīzi un gazifikāciju. Šajā rakstā es vēlētos pastāstīt vairāk par šīm reakcijām, cilvēku izpratni par tām un šīs izpratnes attīstības lomu cilvēces vēsturē.

Degšana

No ķīmiskā skatpunkta, degšanas process ir eksotermiska organiskās vielas reakcija ar skābekli jeb, vienkāršojot, reakcija ar skābekli, kuras rezultātā izdalītās enerģijas daudzums ir lielāks nekā patērētās enerģijas daudzums. Tieši degšana ir reakcija, kas nodrošina uguns sniegto siltumu un gaismu. Kurināmā sadedzināšanas tehnoloģija ir vismaz tikpat sena kā pati cilvēce vai pat vēl senāka. Āfrikā un Tuvajos Austrumos ir atrasti neapstrīdami pierādījumi tam, ka uguni lietojuši jau mūsdienu cilvēka senči *Homo erectus* un *Homo heidelbergensis*. Francijā un Āfrikā veiktie datējumi, kas gan nav atzīstami par neapstrīdamiem, liecina, ka uguns apzināti lietota jau 750 tūkstošus līdz miljons gadu senā pagātnē [1]. Tomēr daži pētnieki, piemēram, Ričards Vrangems [2], uzskata, ka uguns lietošana tikusi apgūta vēl krietni agrāk. Šis autors norāda, ka *Homo erectus* izcelsme saistās tieši ar māku iegūt un lietot uguni un tās sniegtajām iespējām termiski apstrādāt gaļu. Paaugstinātais proteīnu patēriņš tiek saistīts ar šādiem mūsu senču ieguvumiem: staigāšanu uz divām kājām, smadzeņu masas palielināšanos un akmens rīku izgatavošanas prasmju apgūšanu. Līdz ar to var droši apgalvot, ka dedzināšana ir pirmatnēja tehnoloģija, kas ir pat pirmatnējāka par akmens cirvi, un tomēr tieši šī tehnoloģija radīja priekšnosacījumus visai turpmākajai cilvēces attīstībai. Taču līdz mūsdienu cilvēka tapšanai vēl bija jāpaiet daudziem tūkstošiem gadu.

Pirolīze

Te mums būtu jāatgriežas atpakaļ pie ķīmijas. Kā atceramies no definīcijas, degšanas reakcijai ir nepieciešams skābeklis, turklāt nepieciešamais skābekļa daudzums ir visai liels. Un tagad iedomāsimies malkas pagali un uzdosim sev jautājumu: cik liels skābekļa daudzums atrodas tās iekšienē, piemēram, viena centimetra attālumā no virsmas? Pareizā atbilde uz šo jautājumu būs šāda: tas nav vienāds ar nulli, bet ar to pilnīgi noteikti nepietiek degšanai. Un te nu jāsecina, ka tas, ko mēs redzam degam krāsnī, laikam nav īsti koks, un šis secinājums pilnībā atbilst patiesībai. Koksne ir interesants un visai sarežģīts kompozītmateriāls, kas sastāv no lielmolekulārām vielām (polimēriem): celulozes, hemicelulozes un lignīna. Visas šīs vielas veido galvenokārt ogleklis, skābeklis un ūdeņradis. Tomēr tās ir stipri dažādas: tā celuloze un hemiceluloze ir raksturojamas kā divdimensiju polimēri, savukārt lignīnam ir raksturīgas visas trīs dimensijas. Pievadot zināmu daudzumu enerģijas, piemēram, piesūķi uguni, saites divdimensiju polimēru struktūrā sāk sadalīties. Šo procesu tad arī sauc par pirolīzi jeb termisko krekingu. Mazākās struktūras, kas atdalās no lielā kopuma, sāk izgarot un tikai vēlāk, jau gāzes fāzē, tās reaģē ar skābekli – tieši šo gaistošo vielu reakciju ar gaisa skābekli mēs arī redzam kā liesmu. Savukārt trīsdimensiju struktūru saites lielākoties netiek sarautas, šīs struktūras paliek cietajā fāzē un veido ogli. Ar izpratni par ogles veidošanās reakcijas būtību un šīs reakcijas *apvaldišanu* ir saistīts nākamais lielais izrāviens cilvēces vēsturē: pāreja no akmens laikmeta uz vara laikmetu. Šis pavērsiens notika pirms aptuveni 8000 gadiem, visticamāk, kaut kur Tuvajos Austrumos – šodienas Sīrijas vai Irākas teritorijā.

Pirolīzes procesā iegūtās kokogles tolaik bija vienīgais pieejamais reducētājs, kas ļāva kādam nezināmam inovatoram izrakt zemē bedri, samaisīt vara rūdu ar ogli, to visu aizdedzināt, nodrošinot gaisa pieplūdi no valdošā vēja virziena puses, un rezultātā no nekam nederīga akmens iegūt tīru metālu. Industriālus mērogus šī māksla sasniedza Senajā Ēģiptē Jaunās Valsts periodā pirms aptuveni 3500 gadiem. Vara kausēšanas krāsnis tad sasniedza jaudu, kas ļāva iegūt simtiem tonnu vara. Var nešaubīgi apgalvot, ka kokogles ieguves tehnoloģija līdz nepazīšanai izmainīja cilvēces vēsturi, kā arī dāvāja varenību valstij, kas to apguva vislabāk un visātrāk.

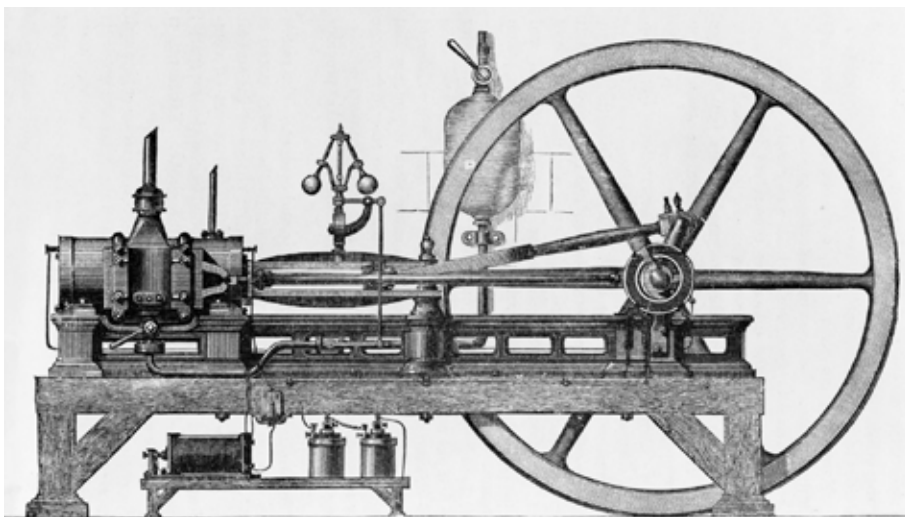
Gaistošās vielas, kas izdalās pirolīzes procesā, tāpat ir ļoti interesantas gan no ķīmijas, gan arī no vēstures skatpunkta. Mazākie fragmenti, kas atdalās no lielmolekulārās matricas, kopā ar mazākām molekulām, ko izejviela satur jau sākotnēji, nesadedzēšanas gadījumā rada parādību, ko saucam par dūmiem. Arī tās ir organiskās vielas: ogļūdeņražu maisījums, kas atdziestot veido biezu šķidrumu – darvu. Darvas tecināšanas tehnoloģijas apguve ir kardināli izmainījusi pasaules vēsturi. Šis stāsts gan norisinājās ne vairs Tuvajos Austrumos, bet pavisam citā vietā, proti, Skandināvijas pussalā.

Koksnes pirolīzes rezultātā iegūtās darvas izmantošana kuģu būvniecībā tika uzsākta pirms vismaz divtūkstoš gadiem [3]. Skandināvijas pussalā darvas tecināšana uzsākta pirms aptuveni 1900 gadiem, tomēr, kā liecina nesenie pētījumi, sākotnēji darva tika tecināta mazos darvas ceļos un iegūstamais apjoms bija pārāk niecīgs, lai spētu ietekmēt



Darvas ceplis Ēlandes salā, Zviedrijā

Foto: Wikimedia Commons



Lenuāra iekšdedzes dzinējs

cilvēces vēstures gaitu. Situācija mainījās 8. gadsimtā teritorijā, ko šodien saucam par Zviedrijas vidieni, – turienes ļaudis iemācījās būvēt lielus darvas ceplis, kas spēja dot līdz pat 300 litriem darvas vienā kurināšanas reizē. Šī tehnoloģija ļāva skandināviem izbūvēt iespaidīgu floti un aizsākt tā dēvēto “vikingu laikmetu” [4]. Darva bija neaizvietojams materiāls koka kuģu būvniecībā, jo pasargāja koksni no sālā ūdens un mikroorganismu iedarbības. Ja ne šī tehnoloģija, vikingi nebūtu varējuši šķērsot okeānu. Pagāja vēl septiņi

Gazifikācija

Pie augstām temperatūrām notiekošās reakcijas starp pirolīzes procesa atlikumiem (piemēram, fiksēto ogli) un oksidējošo aģentu (piemēram, gaisa skābekli), kas noved pie degošu gāzu (pārsvara oglekļa monoksīda un ūdeņraža) rašanās, tika atklātas 17. gadsimtā. Šis ir pirmais gadījums termokīmisko procesu izpētes vēsturē, kad skaidri zināms parādības pirmatklājējs. Šo vīru sauca par Džonu Kleitonu (*John Clayton*). 1688. gadā viņš uzrakstīja britu Karaliskajai biedrībai vēstuli, kurā pavēstīja, ka, karsējot ogli slēgtos traukos, viņam ir izdevies iegūt “sēru saturošus garaiņus”, ko iespējams uzglabāt stikla tvertnē un aizdedzināt ar sveci [5]. Arī šim atklājumam bija lemts nospēlēt būtisku lomu nākamajā tehnoloģiskajā pārejā – no atklājumu laikmeta uz industriālo laikmetu.

18. gadsimta sākumā britu flotei nācās saskarties ar darvas trūkumu, ko izraisīja Zviedrijas karš ar Krieviju (1699). Briti uzsāka darvas ražošanu Ziemeļamerikas kolonijās, un par galveno darvas ražotāju flotes vajadzībām kļuva Ziemeļkarolina. Tomēr koloniju karš par neatkarību, kas sākās 1765. gadā, jau atkal apdraudēja apgādi ar šo stratēģisko resursu. Briti bija spiesti meklēt jaunus darvas ieguves avotus un uzsākt pētījumus vietējā resursa – akmeņogļu termiskās destilācijas jomā. Šis pasākums izgāzās, jo ogļu darva izrādījās nepiemērota kuģubūvei. Tomēr šo pētījumu gaitā tika izgudrota nākamā tehnoloģija, kas uz visiem laikiem mainīja cilvēces vēsturi: gāzes apgaismojums.

Interesi par ogles destilācijas gaitā iegūtās gāzes izmantošanu apgaismes vajadzībām izrādīja vairāki inženieri Lielbritānijā. Kā veiksmīgākos jāmin



Autobuss ar singāzes ģeneratoru Londonā 1943. gadā



Foto: srfgas.lv

Inženieris Juris Kalvišs prezentē Latvijas Universitātes pētnieku konstruētu un izbūvētu atkritumu pirolīzes un gazifikācijas iekārtu

Džordžu Diksonu (*George Dickson*), Džonu Čempionu (*John Champion*), Viljama Mērdoku (*William Murdoch*). Mēģinājumus izveidot apgaismojuma sistēmas, kas balstītos uz gazifikācijas gāzes izmantošanu, veica arī francūži Žans Batists Lanuā (*Jean-Baptiste Lanoix*) un Filips Lebons (*Philippe Lebon*). Vislielākos panākumus no visiem minētajiem pētniekiem guva Viljams Mērdoks, kuram izdevās izveidot destilācijas krāsni, kas apvienota ar gāzes apgādes sistēmu. Šo iekārtu izgudrotājs uzstādīja un izmēģināja savās mājās 1790. gadā.

1806. gadā tika pārdots pirmais gāzes apgaismojuma sistēmas eksemplārs, ko iegādājās tekstilfabrika *Philips & Lee*, un jau 1812. gadā tika nodibināts pirmais gāzes apgādes uzņēmums – *London Gas Light and Coke Company*. Jaunā tehnoloģija uzsāka savu uzvaras gājieni. Gāzes apgaismojuma tehnoloģijas attīstība bija viens no svarīgākajiem faktoriem, kas industrializācijai Lielbritānijā ļāva norisināties ātrāk nekā citās valstīs. Daudziem mehāniskajiem procesiem, kas radās industriālās revolūcijas gaitā, bija nepieciešams nepārtraukts darbs maiņās, kas savukārt nekādi nebija iespējams bez inovatīvas apgaismojuma sistēmas [6]. Vēlāk gāzes apgaismojums tika ieviests arī citās Eiropas valstīs un Ziemeļamerikā, taču šos procesus jau vadīja Lielbritānijas inženieri – par taisnīgu samaksu.

Arī nākamā tehnoloģiskā pāreja – no industriālā laikmeta uz mūsdienām – neiztika bez gazifikācijas procesa izmantošanas. Šis fakts nav plaši zināms, taču pirmais iekšdedzes dzinējs, ko 1859. gadā izveidoja beļģu inženieris Etjens Lenuārs (*Étienne Lenoir*), kā degvielu izmantoja ogļu singāzes un gaisa maisījumu [7]. Singāzes iekšdedzes dzinēji, kas varēja darboties ar praktiski jebkuru zemas kvalitātes degvielu, vai tā būtu malka, kūdra vai salmi, tika ražoti līdz pat Otrā pasaules kara beigām... Tikai vēlāk, līdz ar lielu naftas atradņu atklāšanu Tuvajos Austrumos, šo tehnoloģiju pilnībā izkonkurēja benzīna un dīzeļa iekšdedzes dzinēji, kas izrādījās daudz vienkāršāki.

Patlaban cilvēce ir ceļā uz jauno tehnoloģisko pāreju – oglekļa mazietilpīgas aprites ekonomikas laikmetu. Tomēr šī pāreja nekādā ziņā nav atzīstama par jau notikušu – lai īstenotu

ciklisku materiālu plūsmu, pasaulē vēl arvien trūkst gan tehnoloģiju, gan ekonomiska rakstura stratēģiju. Veicot jauno tehnoloģiju un pieeju izstrādi, ir ļoti svarīgi atcerēties pagātnes mācības. Kā redzams, vēsture mēdz atkārtoties un pastāv liela iespēja, ka tas var notikt vēl vienu reizi. Šoreiz izmaiņām ir jānotiek atkritumu apsaimniekošanas sektorā. Jaunākie pētījumi rāda, ka tādas atkritumu apsaimniekošanas metodes kā kompostēšana, sadedzināšana un uzglabāšana izgāztuvēs ir neapmierinoši novecojušas un tās būtu nepieciešams aizvietot ar modernākām pieejām [8]. Jaunās atkritumu pārstrādes metodes – torefikācija, pirolīze un gazifikācija – ir ārkārtīgi perspektīvas un ar laiku ļaus pilnībā pārstrādāt atkritumu organisko frakciju vērtīgos produktos, kas izmantojami ne tikai enerģētikā, bet arī dažādās rūpniecības nozarēs. **E&P**

Raksts ir sagatavots ar ERAF finansiālu atbalstu projekta: 1.1.1.1/16/A/050 "Mainīga rakstura degvielas gazifikācijas procesa izstrāde cieto atkritumu pārstrādei" ietvaros.

Literatūra

- Glikson, A., 2013. Fire and human evolution: the deep-time blueprints of the Anthropocene. *Anthropocene*, 3, pp. 89–92.
- Wrangham, R., 2009. *Catching Fire: How Cooking Made Us Human*. Basic Books, New York 320 p.
- Evershed, R.P., Jerman, K. and Eglinton, G., 1985. Pine wood origin for pitch from the Mary Rose. *Nature*, 314 (6011), p. 528.
- Anonymous (2018) How tar making helped Vikings launch their fearsome fleets. *Nature*, 563 (7729), 9–9.
- Clayton, J. Letter to the Royal Society, May 12, 1688. *Force's Historical Tracts*, (Washington, 1844), 3 (12).
- Tomory, L. (2011). Gaslight, distillation, and the Industrial Revolution. *History of Science*, 49 (4), 395–424.
- John, H., 1988. *Internal combustion engine fundamentals*. New York McGraw-Hill, 930 p.
- Czajczyńska, D., Anquilano, L., Ghazal, H., Krzyżyńska, R., Reynolds, A.J., Spencer, N. and Jouhara, H., 2017. Potential of pyrolysis processes in the waste management sector. *Thermal Science and Engineering Progress*, 3, pp. 171–197.