

TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRIGI
TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

A.Garajayewa

ÝANGYJYŇ ÖNDÜRILIŞI

Aşgabat
2010

Giriş

Garaşsyzlyk alynandan soň, taryh üçin uzak bolmadyk döwürde Türkmenistanda ýurduň garaşsyzlygyny berkitmäge ýardam eden ägirt uly syýasy, hukuk we ykdysady özgertmeler amala aşyryldy. Bu ösüşleriň ählisi biziň hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň ýurtda sazlaşykly syýasy, ykdysady, durmuşy we ruhy özgertmeleri alyp barmagy, Watanyň gülläp ösmeginiň hatyrasyna jan aýaman zähmet çekmegi, ykdysadyýetde we Garaşsyz Bitarap Türkmenistanda durmuşyň ähli ugurlarynda depginli ösüşi üpjün etmäge mümkinçilik berýän milli agzybirliги, raýatlaryň hal-ýagdaýyny yzygiderli gowulandyrmak boýunça hemişelik aladasyň netijesinde mümkin boldy.

Türkmenistanyň ýaşuylarynyň XIV Döwlet Maslahatynyň, Halk Maslahatynyň we Umumymilli “Galkynyş” hereketiniň bilelikdäki mejlisine gatnaşyjylar birnäçe möhüm kararlary kabul etdiler, şol kararlaryň biri hem “Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan özgertmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry” Milli Maksatnamasydyr.

Milli Maksatnamanyň baş ugry Türkmenistany ilatyň ýokary ýaşaýyş derejesini üpjün edýän, durmuş-ykdysady ösüşiň esasy görkezijileri boýunça ösen dünýä derejesindäki ýurda öwürmeklige gönükdirlendir.

Milli Maksatnamada ileri tutulýan üç ugur kesgitlenildi:

- I. Türkmenistany dünýäniň ösen ýurtlarynyň derejesine ýetirmek, ykdysady ösüşiniň we zähmet öndürijiliginiň ýokary depginleriniň, täze tilsimatlaryny we önümçilikleri ornaşdyrmagyň hasabyna ykdysady garaşsyzlygy gorap saklamak.
- II. Bir adama düşýän jemi önümiň öndürilişini yzygiderli ösdürmek.
- III. Goýum işjeňligini ýokarlandyrmak we önünçilik – tehniki maksatly binalaryň gurluşyny artdyrmak.

Öňde goýlan ileri tutulýan wezipeleriň çözülmegi Türkmenistanyň ilatynyň ýaşaýyş derejesini dünýäniň ösen ýurtlarynyň derejesine çenli ýokarlandyrmaga mümkinçilik berer we türkmen halkynyň bagtly durmuşunu üpjün eder.

Ýangyç diňe bir mehaniki ýylylyk energiýasyny almak üçin ulanylman, eýsem himiki gaýtadan işlemeklik üçin gymmat çyg mal hökümünde we dürli görnüşli örän gymmat bahaly himiki önümleriniň köp mukdaryny almak üçin hem giňden ulanylýar. Organiki sinteziň himiki senagatyň ösmegi üçin arzan uglerodyň çeşmesi köp wagtlaп gaty ýangyç (daş kömür) bolup durýardy. Kokshimiki senagaty organiki sintez üçin esasy çyg mal çeşmesi bolup, uly himiýanyň berýän organiki çyg malynyň ähli mukdarynyň 50 % berýär.

Kokshimiýa hiç bir pudakda alynmaýan önümleri berýär, ýagny pikolinler, krezollar, mezitilen, karbazol, fenantren, asenaften, häzirki wagta çenli naftalin. Gaty ýangyjyň himiki gaýtadan işlenilmeginiň esasy usullary termiki prosesler bolýar: piroliz (kokslama, ýarym kokslama), gazifikasiýa, gidrogenizasiýa. Nebitiň

organiki birleşmeleriniň ýokary temperaturanyň täsiri astynda himiki görnüşini üýtgetýänligi, dargaýanlygy we öz aralarynda dürli görnüşli ikilenji reaksiýalara girýänligi öňki asyrdaky bellidi. Bu bolsa nebiti gaýtadan işlemekligiň täze termiki prosesleriniň döremekligine mümkinçilik döretdi we nebitden uglewodorod gazlaryny, suwuk nebit önümleriniň goşmaça mukdarlaryny, şeýle hem çuň jebisleşme önümi- nebit koksuny, ýagny çyg mal bolan nebitde ýok bolan täze önümleri almaklyga mümkinçilik döretdi.

Geçirilýän şertlerine we ulanylyşyna baglylykda, nebit çyg malynyň gaýtadan işlemekliginiň termiki prosesleri kreking, (расщеплят,англ) kokslama we piroliz (огонь, греческ) diýilip atlandyrylýar. Ýangyç diňe bir mehaniki ýylylyk energiýasyny almak üçin ulanylman, eýsem himiki gaýtadan işlemeklik üçin gymmat çyg mal hökümünde we dürli görnüşli örän gymmat bahaly himiki önümleriniň köp mukdaryny almak üçin hem giňden ulanylýar. Organiki sinteziň himiki senagatyň ösmegi üçin arzan uglerodyň çeşmesi köp wagtlap gaty ýangyç (daş kömür) bolup durýardy. Koksohimiki senagaty organiki sintez üçin esasy çyg mal çeşmesi bolup, uly himiýanyň berýän organiki çyg malynyň ähli mukdarynyň 50% berýär.

Koksohimikiýa hiç bir pudakda alynmaýan önümleri berýär, ýagny pikolinler, krezollar, mezitilen, karbazol, fenantren, asenaften, häzirki wagta çenli naftalin. Gaty ýangyjyň himiki gaýtadan işlenilmeginiň esasy usullary termiki prosesler bolýar: piroliz (kokslama, ýarym kokslama), gazifikasiýa, gidrogenizasiýa. Nebitiň organiki birleşmeleriniň ýokary temperaturanyň täsiri astynda himiki görnüşini üýtgetýänligi, dargaýanlygy we öz aralarynda dürli görnüşli ikilenji reaksiýalara girýänligi öňki asyrdaky bellidi. Bu bolsa nebiti gaýtadan işlemekligiň täze termiki prosesleriniň döremekligine mümkinçilik döretdi we nebitden uglewodorod gazlaryny, suwuk nebit önümleriniň goşmaça mukdarlaryny, şeýle hem çuň jebisleşme önümi- nebit koksuny, ýagny çyg mal bolan nebitde ýok bolan täze önümleri almaklyga mümkinçilik döretdi.

Geçirilýän şertlerine we ulanylyşyna baglylykda, nebit çyg malynyň gaýtadan işlemekliginiň termiki prosesleri kreking, (расщеплят,англ) kokslanma we piroliz (огонь, греческ) diýilip atlandyrylýar.

Ýangyç diňe bir mehaniki ýylylyk energiýasyny almak üçin ulanylman, eýsem himiki gaýtadan işlemeklik üçin gymmat çyg mal hökümünde we dürli görnüşli örän gymmat bahaly himiki önümleriniň köp mukdaryny almak üçin hem giňden ulanylýar. Organiki sinteziň himiki senagatyň ösmegi üçin arzan uglerodyň çeşmesi köp wagtlap gaty ýangyç (daş kömür) bolup durýardy. Koksohimiki senagaty organiki sintez üçin esasy çyg mal çeşmesi bolup, uly himiýanyň berýän organiki çyg malynyň ähli mukdarynyň 50% berýär.

Nebit – suwuk ýanyjy mineral. Düzümi boýunça nebit uglewodorodlaryň we kükürtli, kislorodly, azotly organiki birleşmeleriniň çylşyrymly garyndysyndan durýar.

Daşky görnüşi boýunça nebit ýag şekilli, gara reňkli suwuklyk, käbir ýagdaýlarda gyzykly we reňksiz nebitlere hem düş gelmek bolýar.

Nebitiň süýgeşikligi düzümine görä dürli bolýar, ýöne hemişe suwuň süýgeşikligine görä ep-esli ýokary bolýar.

Nebit köp mukdarda organiki maddalardan durýanlygy sebäpli, doýgun buglaryň dürli basyşlara eýe bolýanlygy sebäpli, nebitiň gaýnama temperaturasy barada aýtmak kyn bolýar. Diýmek, nebit we onuň önümleri gaýnama temperaturalary bilen häsiýetlendirmän, eýsem temperatura aralyklarynyň başlangyç we soňky temperaturalary bilen we kesgitlenen temperatura aralyklarynda kowma prosesinde emele gelýän, çykarylýan aýry-aýry fraksiýalary bilen häsiýetlendirilýär.

Senagat şertlerinde nebiti dürli görnüşli fraksiýalara dargatmak üçin kowma prosesi bir saparlaýyn bugarmanyň rektifikasiýa bilen utgaşdyrylmagy esasynda amala aşyrylýar. Kowma prosesiň esasynda aşaky fraksiýalar ýa-da distilýatlar emele gelýärler. Gaýnama temperaturasyndan 180°C temperatura çenli benzin fraksiýasy, 120-315°C temperatura aralygynda dizel ýa-da kerosin-gazoýl fraksiýa emele gelýär.

Distilýatlar aýrylandan soňra galyndy hökmünde mazut galýar. Mazudy wakuum bilen dargadyrlar we dürli görnüşli ýag fraksiýalaryny alýarlar, olardan bolsa çalgý we dürli görnüşli ýaglar alynýar. Mazut dargadylandan soňra galyndy hökmünde gudron ýa-da ýarymgudron galýar. Gudron bolsa ýokary süýgeşikli çalgý ýaglaryny, bitumy almak üçin çig mal bolup durýar.

Nebit çig mallarynyň gaýtadan işlemekliginiň termodestruktiv prosesleriniň optimel düzgünlerini anyklamak üçin hökmany ýagdaýda, degişli reaksiýalaryň kinetikasy barada maglumat üçin wajyp meseleleriň biridir.

Tejribehanalardaky akym desgasynda çig malyň reaksiýa zonasynyň üsti bilen üznüksiz halda geçmegi, çig malyň öwrülşiginiň hemişelik ululykda ýokarlanmagy senagat şertlerine gabat gelýär, ýöne alynýan netijelere täsir edýän şertler ýüze çykýar, ýagny akymyň režimi senagat peçleriniň reaktorlarynyň turbalarynda turbulent bolýar, tejribehana desgalarynda bolsa köplenç laminar bolýar. Nebitiň düzümindäki ähli komponentleriň esasy elementleri uglerod we wodorod bolýar. Nebitiň düzümindäki uglerodyň ortaça mukdary 83,5-87%, wodorodyň mukdary 11,5-13% bolýar. Wodorodyň ýokary mukdarynyň nebitiň düzüminde bolmaklygy bolsa, nebitiň suwuk halda bolýanlygyny düşündirýär.

Nebit komponentleriniň esasy massasy uglewodorodlardan durýar. 300-350°C çenli temperaturada kowulýan nebitiň pes molekulýarly böleginde gurluşy boýunça has sada bolan uglewodorodlar bolýar. Olara parafinler, sikloparafinler we aromatiki uglewodorodlary girýärler.

Zynjyrynda ikili baglanşyk bolan doýgun däl uglewodorodlar çig nebitiň düzüminde bolmaýar.

350°C temperaturadan ýokarda kowulýan nebitiň ýokary molekulýar agramly böleginiň himiki düzümi doly öwrenilen däldir. Bu bölüme mazut, ýag fraksiýalary we gudron girýär. Takmynan bu birleşmeleriň düzümi ýokary molekulýar parafin uglewodorodlaryndan, mono-, bi-, üçsiklli aromatiki uglewodorodlaryndan durýarlar.

Nebit we uglewodorod gazlary dürli görnüşli himiki önümleri öndürmekde çig mal bolup hyzmat edýär.

Nebit we gaz çig mallarynyň ikilenji gaýtadan işlenilmegi nebithimiki sintezi diýip atlandyrylýar.

Nebit himiki önümlerine: plastiki maddalary, sintetiki kauçuklar we smolalar, sintetiki süýümler, sintetiki ýuwujy serişdeler we üst-aktiw maddalary, käbir himiki dökünleri, ýangyçlara we ýaglara goşuntgylar, sintetiki çalgy ýaglary, belok-witamin konsentratlary, spirtler, kislotalar, aldegidler, ketonlar, hlörly önümleri, glikollar, poliglikollar, gliserin we ş. m. girýärler.

Nebit we gaz gatlaklary ýeriň aşagynda ýokary basyşda ýerleşýärler. Bu basyş ýer asty gatlag suwlary we gysylan magdan gatlaklarynyň dykyzlygy döredýär. Nebitiň gazylyp alynmagy bilen bu basyş peselýär; basyş öz derejesinde saklamak üçin ýeriň aşagyna suw ýa-da gaz goýberýärler.

Eger-de nebit gatlagyndaky basyş ýokary bolsa, onda nebiti çüwdürim usuly bilen garyp alýarlar. Bu usulda nebit ýer astyndan öz akymyna, öz basyşy boýunça gaplara ýygnanýar. Eger-de nebit gatlagynda basyş ýokary bolmadyk ýagdaýynda bolsa, nebiti gazlift ýagny kompressor usuly boýunça çykarýarlar. Skwažinanyň turbalarynyň arasyndaky halka boşlugyna 50 at basyşly tebigy gazy goýberýärler. Bu gaz nebit bilen garyşyp, onuň çykmagyny ýeňilleşdirýär.

Üçünji usul, haçan-da nebit örän çuňlukda, pes basyşda ýerleşen ýagdaýda ulanylýar. Bu usula çuň nasos usuly diýilýär. Porşenli nasoslar skwažina goýberilýär. Nasosyň işlemegi bilen nebit kem-kemden ýokary ýeriň üstüne çykarylýar.

Nebit we gaz islendik döwletiň ykdysadyýetiniň ösmeginde aýgtyly rol oýnaýar. Nebitiň esasy bölegi Parafin uglewodorodlaryndan durýar. Parafin uglewodorodlary esasan hem nebit gazlaryndan we benzin-kerosin fraksiýalarynyň düzümünde köp mukdarda bolýarlar. Ýagly distilýatlarda olaryň mukdary örän pes bolýar.

1880-nji ýyllarda Markownikow tarapyndan Bakunyň nebitiniň düzüminde sikll gurluşly C_nH_{2n} uglewodorod hatarlarynyň barlygy subut edildi; bu sikloparafinleri Markownikow naftenler diýip atlandyrdy. Ähli gazylyp alynýan dürli görnüşli nebitleriň düzüminiň köp mukdary naftenlerden ybarat bolýar, ýagny 25÷27% çenli bolýar. Naftenler nebitiň düzüminde siklopentan, siklogeksan gurluşlarynda bolýarlar, şeýle hem nebitiň düzüminde metilsiklogeksan, metilsiklopentan uglewodorodlary bolýar.

Nebitiň düzüminde benzol, toluol, kselollar, etil benzol, 1, 2, 3 – trimetilbenzol we beýleki aromatiki uglewodorodlary bolýarlar.

Nebitiň ýokary fraksiýalarynda has çylşyrymly üç, dört, baş benzol halkaly polisiklli aromatiki uglewodorodlary bolýar.

Benzolyň gomologlary dürli görnüşli okisliteller ýa-da howa bilen okislenen ýagdaýda, gapdal alkil zynjyrlary karboksil toparlaryna öwrülýärler, şeýlelikde degişli aromatiki kislotalaryny almak bolýar.

$AlCl_3$, H_3PO_4 ýaly katalizatorlaryň gatnaşmagy bilen benzolyň doýgun däl uglewodorodlary bilen özara täsiri esasynda benzolyň gapdal zynjyrlarynyň emele gelmekligini amala aşyrmak bolýar. Aromatiki uglewodorodlarynyň benzin fraksiýalarynda bolamlygynyň uly ähmiýeti bar; olar ýokary oktan sanyna eýe bolýarlar, tersine, aromatiki uglewodorodlarynyň dizel ýangyçlarynda bolmaklygy bolsa, ýangyjyň ýanmaklyk prosesini peseldýär.

Gysga gapdal zynjyrlý polisiklli aromatiki uglewodorodlarynyň nebit dargadylan wagty ýag fraksiýalarynyň düzümine goşulmaklygy zyýanly bolýar, sebäbi olar ýagyň hilini peseldýär, şonuň üçin hem arassalama proseslerinde ýag fraksiýalary aromatiki uglewodorodlardan arassalanmalydyr.

Termiki prosesleriniň kinetiki esaslary

Häzirki döwürde çig malyň termiki prosesiniň ösüş derejesi dürli görnüşli bolup biler: pes gaz görnüşli uglewodorodlardan tä agyr ýokarymolekulýar galyndylara çenli ýetip biler. Şonuň üçin synagçylar we inžener-nebitçiler üçin has ýokary derejeli temperaturada dürli görnüşli nebitli we gazly çig mallarynyň özünü alyp baryşlaryny anyklamak gyzykly bolup durýar.

Uglewodorodlaryň krekingleriniň synagyny geçirmek has takyk kinetiki bellikleri almaklyga we peosesiň geçirilişiniň mehanizmini öwrenmeklige mümkinçilik berýär.

Krekingiň geçiş mümkinçiligini Gibbsanyň energiýasynyň ΔG üýtgemeginden anyklanylýar. Gibbsanyň energiýasynyň ýa-da hemişelik basyşdaky energiýanyň standart manysynyň termodinamikasynyň ululygynyň jedweli berlen. ΔG nüçe kiçi bolsa şonça hem uglewodorodyň deňagramlylygy uly bolýar.

ΔG^{G_T} islendik temperaturada golaýrak üýtgemesi aşakdaky deňleme boýunça anyklanylýar:

$$\Delta G^{G_T} = \Delta H^{0_{298}} - T \Delta S^{0_{298}}$$

Bu ýerde $\Delta H^{0_{298}}$ –berlen çig malyň we reaksiýanyň önüminiň ýanma ýylylygy boýunça ýa-da emele gelen ýylylygy boýunça hasaplanylýan teaksiýanyň ýylylyk täsiri (effekti); Tvrkmenistan – reaksiýanyň absolýut temperaturasy; $\Delta S^{0_{298}}$ – himiki reaksiýanyň netijesinde entropiýanyň üýtgemegi.

Gibbsanyň energiýasynyň üýtgemegi reaksiýanyň deňagramlyk konstanty bilen baglanşykly:

$$\ln K_P = - \frac{\Delta G^0}{RT}$$

ýa-da $\Delta G^0 = - 19,124 T \lg K_P$

Deňagramlyk konstanty deňdir:

$$K_P = \frac{k_1}{k_2}$$

Bu ýerde k_1 we k_2 – göni we yzyna geçýän reaksiýanyň tizliginiň konstanty. Eger-de göni reaksiýanyň tizligi yzyna geçýän reaksiýanyň tizliginden ýokary bolsa, onda $k_1 > k_2$ we şundan çak tutup $K_P > 1$ we $\lg K_P > 0$ otrisatel manyny eýeleýär.

Absolýut ululyk ΔG^0 näçe az bolsa, şonça hem göni reaksiýanyň termodinamikasy uly bolýar.

Reaksiýanyň deňagramlylygy üçin alýarys:

$$\Delta G^0 = m_1 G^0_1 + m_2 G^0_2 = \dots - n_1 G^0_1 - n_2 G^0_{11}$$

bu ýerde G^0_1 , G^0_2 , G^0_{11} – izobarly-izotermiki ahyrky önümiň we bar bolan maddanyň emele gelmeginiň potensialy; m_1 , m_2 , n_1 we n_2 – stehiometriki koeffisiýentler.

Gibbsanyň energiýasynyň krekingde üýtgemegi termiki durnuklylygyň ortaça çäginde anyklamaga mümkinçilik berýär. Islendik bir reaksiýa üçin dürli temperaturada t $\Delta G^0 = 0$ deň.

Nebit çig mallarynyň gaýtadan işlemekliginiň termodestruktiw prosesleriniň optimal düzgünlerini anyklamak üçin hökmany ýagdaýda, degişli reaksiýalaryň kinetikasy barada maglumat üçin wajyp meseleleriň biridir. Eger-de senagat prosesi doly üznüksiz ýagdaýda geçýän bolsa, ýagny çig mal üznüksiz ýagdaýda berilýän bolsa we önümler üznüksiz ýagdaýda çykarylýan bolsa, onda olaryň üznükli ýagdaýda işleýän apparatlarda (meselem, tejribehana kublarynda) öwrenilmegi, prosesiň maddy balansy we alynýan önümleriň hili barada diňe takmynan maglumatlary berip biler. Prosesiň kinetikasy barada aýdylanda, ýagny çig malyň öwrülişme çuňlugynyň temperatura we wagt bilen baglanyşygy baradaky maglumatlar bolsa has hem takmynan bolýar. Bu ýagdaý üznüksiz ýagdaýda çykarylýanlygy bilen, reaksiýa girmedik çig mallaryň ilkilenji dargama we dykyzlanma önümleri bilen suwuklykda (apparatda) galýanlygy bilen düşündirilýär. Şeýle hem temperatura düzgüni we çig malyň reaksiýa zonasynada bolýan wagty zawoddaky şertlere gabat gelmeýär.

Üznükli işleýän apparatlarda çig malyň öwrülişmeleriniň kinetikasyny öwrenmek käbir ýagdaýlarda gyzykly we ynamly netijeleri berýär. Onuň üçin iki sany şerti ýerine ýetirmeli: 1) krekingiň çig malyň öwrülşiginiň çuň bolmadyk ýagdaýda geçirilmegi; 2) agyr fraksion düzümlü çig malyň ulanylmagy. Çuň bolmadyk öwrülşiklerde çig malyň ilkilenji dargama reaksiýalarynyň kinetikesyny anyklap bolýar. Şol bir wagtyň özünde agyr çig malyň ulanylmagy hem, çig malyň hem onuň ilkinji dargama önümleriniň minimal bugarmasyny üpjün edýär.

Tejribehanalardaky akym desgasynda çig malyň reaksiýa zonasynyň üsti bilen üznüksiz halda geçmegi, çig malyň öwrülşiginiň hemişelik ululykda ýokarlanmagy senagat şertlerine gabat gelýär, ýöne alynýan netijelere täsir edýän şertler ýüze çykýar, ýagny akymyň režimi senagat peçleriniň reaktorlarynyň turbalarynda turbulent bolýar, tejribehana desgalarynda bolsa köplenç laminar bolýar.

Termiki krekingiň ilkinji reaksiýalarynyň kinetikasy takmynan monomolekulýar öwrülişmeleriň deňlemesi boýunça hasaplanylýar:

$$\frac{d_x}{d\tau} = k(a-x) \quad \text{integrirlenmeden}$$

$$\text{soňra: } k = \frac{1}{\tau} \ln \frac{a}{a-x} \quad \text{bu ýerde}$$

k- reaksiýanyň tizlik konstantasy, sek⁻¹; a- çig malyň mukdary, mol/sek;

τ - wagt, sek; x - çig malyň öwrülişme çuňlугy, mol/sek.

Eger-de çig malyň öwrülişme çuňlугy uly bolmadyk ýagdaýda üznükli we üznüksiz reaktorlarda alynýan nebit çig malynyň termiki krekinginiň netijelerini anyklap bolýar.

Eger-de, proses çuň öwrülişme esasynda geçýän bolsa, onda reaksiýalaryň tizlik konstantasy peselýär. Bu ýagdaýda kreking üçin Frostyň deňlemesi ulanylýar:

$$\frac{d_x}{d\tau} = \frac{k(a-x)}{a-\beta(a-x)} \quad \text{integrirlenmeden}$$

$$\text{soňra: } k = \frac{1}{\tau} \left(a \ln \frac{a}{a-x} - \beta x \right) \quad \text{bu ýerde}$$

β - saklanma derejesini häsiýetlendirýän hemişelik.

Nebit çig malynyň kokslama prosesi

Termiki kreking ýaly çylşyrymly prosesleriň kinetikasy barada has takyk düşüňjani, prosesi diňe etaplaýyn öwrenmek esasynda alyp bolýar; birinji etapynda esasan hem dargama reaksiýalary geçýän bolsa, ikinji etapynda kreking önümleriniň özara täsiri esasynda dykyzlanma prosesi başlanýar.

Islendik iki sany temperatura üçin hasaplanan tizlik konstantalary, Arreniusyň deňlemesini ulanmak bilen, krekingiň aktiwasiýa energiýasyny hasaplamana mümkinçilik döredýär:

$$\frac{d \ln k}{dT} = \frac{E}{RT^2} ; \quad T_1 \text{ - den } T_2 \text{ çenli integrirlemeden soňra alýarys:}$$

$$\ln \frac{k_1}{k_2} = \frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad \text{bu ýerde}$$

k_1 we k_2 - T_1 we T_2 temperaturadaky tizlik konstantalary, ok;

R - gaz hemişeligi, j/mol; E - aktiwasiýa energiýasy, j/mol.

Aktiwasiýa energiýasy, reaksiýa girýän molekulalaryň artykmaç energiýasy ýaly kesgitlenilýär. Aktiwasiýa energiýasy boýunça berilen reaksiýanyň ýa-da senagat prosesiniň temperatura bolan duýgurlygyny kesgitlep bolýar.

Want-Goffyň kanuny boýunça temperaturanyň her 10^0S ýokarlanmagy bilen himiki reaksiýanyň tizligi 2-4 esse ýokarlanýar, ýöne bu kanun kreking üçin diňe çäklendirilen temperatura aralygynda ulanylýar. Reaksiýanyň tizligini iki esse ýokarlandyrmak üçin ýokarlanan temperaturanyň graduslarynyň sanyna, tizligiň temperatura gradiýenti diýlip at berilýär. Gradiýenti α - bilen belleýäris. Eger-de t_0 temperaturada krekingiň dowamlylygy τ_0 bolsa, onda t_1 temperatura $\tau_1 = \tau_0 / (2 \cdot 2)$ Bolýar; käbir t_n temperaturada:

$$t_n = \frac{\tau_0}{(t_n - t_0) \alpha} \quad \text{bu ýerde}$$

$\alpha - t_0$ – dan t_n temperatura aralygynda ortaça temperatura gradiýenti. Bu aňlatma, berlen temperaturada krekingiň gerekli dowamlylygyny hasaplamak üçin mümkinçilik döredýär.

Arreniusyň deňlemesinden görnüşi ýaly, dürli aralyk temperaturalary üçin tizlik temperatura gradiýentleri dürli bolýar we temperaturanyň ýokarlanmagy bilen ýokarlanýar.

Ýokary bolmadyk temperaturalarda krekinge dykyzlanma reaksiýalary mahsusdyr; bu ýagdaýda dykyzlanma reaksiýalarynyň aktiwasiýa energiýasy, dargama reaksiýalaryna görä has pes bolýar. Şeýlelikde dargama önümleriniň (gaz, benzin) çykýan mukdaryny ýokarlanmak üçin we dykyzlanma önümleriniň çykýan mukdaryny (koks galyndy) peseltmek üçin reaksiyon zonasynnda prosesiniň deňişli dowamlylygynda mümkin bolýan ýokary temperaturany saklamaly. Aýdylanlardan netije çykarmak bolýar, ýagny termiki prosesiniň niýetlenen önümi dargamaklygyň önümleri bolýan bolsa, onda prosesi ýokary temperaturalarda we az galtaşma wagtyň dowamynda geçirmeklik amatly bolýar. Meselem, düzümi doýgun däl uglewodorodlara baý bolan gaz önümleriniň maksimal mukdary alynýan piroliz prosesi. Häzirki döwrüň turbaly piroliz desgalarynyň reaksiyon turbalarynda temperatura 840-900⁰S –a ýetýär, galtaşma wagty 0,1-0,3 sek.

Eger-de, molekulalarda uglerod atomlarynyň birmeňzeş sany bolan uglewodorodlary ýa-da birmeňzeş gaýnama predelleri bolan bar fraksiýalary deňeşdirilende, iň pes termiki stabillilik (durnuklylyk) parafin uglewodorodlarynda bolýar, iň ýokary termiki stabillilik goloýader aromatiki uglewodorodlarynda bolýar. Naftenler aralyk ýagdaýda bolýar. Şol bir wagtda aromatiki uglewodorodlaryna ilkinji bolup kondensasiýa reaksiýalary mahsusdyr. Ýöne nebit çig mallarynda goloýader aromatiki uglewodorodlaryň mukdary köp bolmaýar we polikondensasiýa reaksiýalary, alkilaromatiki uglewodorodlaryň dealkilirlemesinden soňra, ikilenji reaksiýalara deňişli bolýar.

Kükürtli birleşmeleriň dargama reaksiýalarynyň kinetikasy hem dykyzlanma döredýär. Nebitiň kükürtli birleşmeleriniň soňky önüminiň kükürtliwodorod bolýanlygy sebäpli, kükürtli çig malyň krekingi wagtynda, onuň çykýan mukdary kükürtli birleşmeleriň termiki stabilliliginiň görkezijisi bolup hyzmat edýär.

Agyr nebit galyndylarynyň komponentleriniň düzümindäki kükürtli birleşmeleriniň termiki stabilliligini derňemeklik esasynda, asfaltenlerdäki kükürtli birleşmeleriniň termiki stabilliliginiň pesligi ýüze çykaryldy. Bu birleşmeleriň dargamaklygy 405-410⁰S temperaturada başlanýar.

Agyr nebit galyndylarynyň termiki krekingi koksyň emele gelmekligi bilen çäklendirilýär. Doýgun däl we aromatiki uglewodorodlaryň kondensasiýa we polimerizasiýa ýaly çylşyrymly reaksiýalary esasynda koks, ýagny gaty uglerod galyndysy emele gelýär. Termiki krekingde koksyň emele gelmekligi-islenilmeýän hadysa bilup, ol desganyň işiniň yzygiderligi dowamlylygyna täsir edýär. Termiki krekingiň desgalarynyň peçleriniň egrem-bugram turbalarynda koksyň toplanmagy sebäpli, her aýda emele gelen koksy aýyrmak üçin desganyň işini saklamaly bolýar.

Koksyň emele gelmekligi, krekingiň çig malyň häsiýetine we prosesiniň parametrlerine, ýagny temperatura we reaksiýa zonasynnda bolunýan

wagtyň dowamlylygyna bagly bolýar. Koksyň emele gelmekligi, çig malyň agyr we orta görnüşleri üçin krekingiň çuňlugyny çäklendirýär.

Temperaturanyň we çig malyň reaksiýa zonasyna bolýan wagtyň ýokarlanmagy bilen, koksyň emele gelmegi ýokarlanýar. Agyr nebit galyndylaryny kokslama, proses hökmünde, elektron koksuna bolan talaby üpjün etmek üçin ýüze çykdy;

Elektrod koksyndan elektrodlar we anod massasy taýýarlanylýar. Kokslanma distilýatynyň hili ýokary bolýar, onuň düzüminde predel däl uglewodorodlar köp bolýar. Nebit koksuna bolan talap ýyl geçdigiçe ýokarlanýar, şonuň üçin hem ähli dünýäde täze-täze kokslanma desgalary gurulýar. Kokslanma prosesiniň tilsimaty we apparatura gurluşy ýyl-ýyldan täzelenýär, ol ösýär we gowulaşýar. Kokslanmanyň sada desgalary-koks kublary 20-nji ýyllarda gurulyp ugraldy. Soň-soňlar kublara derek keramiki peçler ulanylyp başlandy. Häzirki döwürde kokslanma iki sany usulyň haýsam bolsa biri boýunça alynyp barylýar; gyzdyrylmaýan kameralarda (haýal kokslanma) we koks ýylylyk döredijisiniň gaýnaýan gatlagynda. Emma muňa seretmezden koksuaň käbir görnüşleri entäk hem kub gärnüşinde öndürilýär. Agyr nebit çyg malynyň termiki krekingi esasynda, iň soňky önümleriň biri bolan gaty galyndy-koksyň alynmagyna kokslanma diýilýär.

Kokslanma prosesini bir taraplaýyn, ýagny reaktoryň üsti bilen diňe täze çyg maly goýbermek bilen ýa-da resirkulýasiýa, ýagny kokslanmanyň suwuk önümleriniň bir böleginiň reaksiýa zona gaýdyp gelmegi bilen amala aşyrylýar. Bu ýagdaýda emele gelen gazyň, koksyň we ýeňil distilýatlaryň täze çig mala görä hasaplanan mukdary ýokarlanýar. Meselen, gudronyň ýönekeý düzümi 89% uglerod we 11% wodorodyň mukdary bilen häsiýetlendirilýän bolsa, onda düzüminde 97% uglerod we 3% wodorod mukdaryny saklaýan 20% koks alynanda, şol bir wagtyň özünde suwuk we gaz görnüşli önümler alynýar, olaryň düzümindäki uglerodyň ortaça mukdary:

$$\frac{89-97 \cdot 0,2}{0,8} = 87,0\%, \text{ onda wodorodyň mukdary } 13,0\% \text{ bolýar.}$$

Eger-de 20% koksdan başga 12% gaz, diýmek 68% suwuk önüm emele gelýän bolsa, gaz düzümi boýunça etana golaý bolýan bolsa, onda gazyň düzümindäki uglerodyň mukdary:

$$\frac{12 \cdot 2 \cdot 100}{12 \cdot 2 + 1 \cdot 6} = 80\%$$

Uglerodyň balansy boýunça suwuk önümlerdäki uglerodyň mukdaryny hasaplaýarys:

$$\frac{89 - 97 \cdot 0,2 - 80 \cdot 0,12}{0,68} = 88,2 \%$$

Nebit önümleriniň dykzlygy we wodorodyň mukdarynyň arasyndaky baglanşyk:

$$\% H = 26 - 15p$$

Wodorodyň mukdary gudronyň düzüminde 11% bolan wagty onuň dyklyzlygy:

$$\frac{26 - 11}{15} = 1,00$$

Krekingiň suwuk önümlerindäki wodorodyň mukdary: $100 - 88,2 = 11,8 \%$, onda onuň dyklyzlygy:

$$\frac{26 - 11,8}{15} = 0,946$$

Daşky görnüşi boýunça koks uglerodly madda bolup, onuň düzüminiň 90 % ugleroddan durýar. Eger-de koks nusgasyny gyzgyn benzol bilen ekstraksiýa sezewar etsek, onda benzol koksdan ereýji maddalaryň bir bälegini çykaryp alýar we filtrat sary reňke reňklenýär. Koksyň benzolda eremedik bölegi, ýagny ownujak uglerodly bäljekleri, karboýidler diýlip atlandyrylýar. Gowy ýakylan koks esasan karboýidlerden durýar. Koksyň emele gelmekligi üçin aromatiki uglewodorodlar esasy çyg mal bolup durýar. Kreking wagtynda karboýidleriň emele gelmekliginiň umumy shemasy:

Aromatiki uglewodorodlar \longrightarrow {Ýokary gaýnaýan kondensirlenen aromatiki uglewodorodlar } \longrightarrow Asfaltenler \longrightarrow Karboidler

Birnäçe alymlaryň (Hemsow M.S) aýtmaklaryna görä, koks emele gelmek prosesinde, aromatiki uglewodorodlaryň doýgun däl uglewodorodlar bilen geçýän kondensasiýa reaksiýasy uly rol oýnaýar we reaksiýa önümleri asfaltenlere öwrülýär, soňra karboýidlere geçýär. Senagat çyg mallarynyň koks emele getirmeklik görkezijileri bolup, onuň düzümindäki kükürttürşy ýa-da silikagel smolalary, asfaltenler bolup durýar. Senagat kreking desgalarynda krekingiň doly geçmekligi emele gelýän benziniň mukdary bilen häsiýetlendirilýär, senagat desgalarynda benziniň maksimal mukdary 50 % bolýar, sebäbi güýçli derejede koks emele gelýär. Ýeňil çig mal bolan ligroin fraksiýalary krekinge sezewar edilende 70 % benzin emele gelýär we kreking prosesinde karboýidler emele gelmeýär, gaz emele gelmek bilen çäklenýär.

Kreking-peçleriniň turbalaryny arassalamak desganyň iş aralygyndaky esasy operasiýalaryň biri bolup durýar. Arassalamanyň iki usuly bolýar:

Birinji usul – pnevmatiki usul, pnevmatiki turbalar (lagonda) bilen arassalanýar. Ikinji usul – bug-howa usuly, haýal gyzdyrylan bugly-howa garyndysyny forsunkalaryň kömegi bilen pejiň turbalaryna berilýär we koks ýanýar. Soňky wagtlarda köplenç 2-nji usul ulanylýar.

Koksyň köýdürilmegi

Kamera berilýän çig malyň göwrüm tizligi göni kowulýan galyndylar üçin $0,12-0,13 \text{ s}^{-1}$, galyndylaryň krekingi üçin $0,08-0,1 \text{ s}^{-1}$ düzýär. Haýal kokslamanyň birnäçe desgalary köýdürilme enjamalary bilen üpjün edilen, ol koksyň düzümindäki uçýan maddalary aýyrmak üçin ulanylýar.

Peç birazyrak gyşygrak ýerleşen, ol holodilnige 9 koksy guýmana amatly bolýar. Çyg koks bunkerden 3 gazlandyryýan gurluşdan 4 köýdürilýän peje geçýär, geçenden soňra ony pejiň daşynda ýerleşen wentilýator 7 bilen sowadýarlar, soň orositelli holodilnikden 9 bunkere 10 geçirýärler. Bu ýerden ol lentaly konweýer 14 arkaly köýdürilýän göwrüme geçýär. Koks tozanjyklarynyň bunkerden 10 we ýygnaýjydan 11soň ýygnalyp alynýşy göz önünde tutulan. Bu göwürümden gazlar wentiýato 13 bilen tüsse turbasyna 12 sorulyp alynýar. Ýanmanyň önümleri 2-nji kameradaky tozan bölejikleri ýanandan soň esasy tüsse turbasyna 1 geçýär. Bu peçler örän uly bolýarlar. Mysal üçin bir ýylda ≈ 100 müň köýdürülen koks berýän pejiň uzynlygy $\approx 60 \text{ m}$ we içki diametri $4,3 \text{ m}$ ýetýär.

Uçýan maddalaryň çykyşy koksy belli bir standart şertde saklananda bölünip çykýan bugyň we gazyň mukdary boýunça anyklanylýar (GOST 3929-65 koksyň köýdürilmesi 850°S temperaturada 7 min dowamynda geçirilýär). Maksimal uçýan maddalaryň mukdary 7% (mass) 1-nji sortly koks üçin we 2-nji sortly koks üçin bolsa 9% göýberilýär. Şeýlelik-de haýal kokslamanyň koksy kamerada has pes temperaturada saklanylýar, şonuň üçin görkezilen uçýan maddalaryň mukdaryny mydama saklap bolmaýar. Uçýan maddalaryň doly suratda aýrylmagyny gazanmak üçin ($1-1,5\%$) kamerany koksdan doldurýarlar we oňa ýokary gyzygynly (500°S we ondan hem ýokary) suwly bugly-turbulizatorly gazoýl bugy bilen doldurylýar. Ýöne köýdürilmäniň netijesinde koksda uglerodyň oňositel düzümi ýokarlanýar, onuň hakyky dykzyzlygy ýokarlanýar we elektriki garşylygy peselýär.

Prosesiň çig maly

Kokslama prosesine ýokary molekulýarly nebit galyndylary sezewar edilýär. Olara ilkilenji kowma desgasynyň galyndysy mazutlar we gudronlar, termiki krekingiň kreking-galyndysy, ýag önümçilik desgalarynyň ekstraktlary, asfaltlary, piroliz smolalary, katalitiki krekingiň agyr gazoýllary girýrler. Prosesiň alynyp barylýş şertleri, alynýan önümleriň hili we mukdary, desgalaryň iş netijeliligi (öndürililigi) çig malyň düzümine bagly bolýar. Çig malyň düzüminde smola-asfalt maddalarynyň mukdary köp bolsa, alynýan koksuň mukdary ýokary bolýar. Ýöne bu çig maldan alynýan koksyň grafitirlenme häsiýeti pes bolýar. Şonuň üçin grafitirlenen elektrodлары öndürmek üçin bu koks alynmaýar, ol anod önümleri üçin ulanylýar.

Önümleriň düzümi we häsiýetleri: Krekingdäki ýaly kokslamada hem gaz, benzin, gazoýl fraksiýalary alynýar. Kreking galynda derek, kokslama desgalarynda koks öndürilýär. Koks gazy düzümi boýunça termiki krekingiň

gazlaryna meňzeş bolýar, ýöne olefen uglewodorodlarynyň mukdary azrak bolýar. Benziniň düzüminde doýgun däl uglewodorodlarköp bolýar, şonuň üçin hem himiki taýdan stabillenmedik bolýar. Haýal kokslanma benziniň oktan sany 68-72 %; Gaýnaýan gatlakda kokslanma benzininiň oktan sany ýokarrak bolýar. Kokslanma prosesiniň benzininiň antidetanision durnuklylygynyň pesligi sebäpli bu benzin arassa görnüşinde pes oktan hilli A 66 we A 72 haryt awtobenzinlerine girýärler.

Kerosin – gazoýl fraksiýasy dizel we traktor ýangyçlary üçin komponent hökmünde, katalitiki kreking üçin çig mal hökmünde, gazoturbin ýangyjy hökmünde ulanylýar. Nebit koksy halk-hojalygynyň dürli pudaklarynda giňden ulanylýar. Nebit koksyna bolan isleg ýyl geçdigiçe ýokarlanýar. Koksyň has köp ulanylýan senagaty – alýuminiý senagaty bolup, her bir tonna metala 0,6 tonna uglerodly material ulanylýar. Öňler alýuminiý senagaty daş kömür koksyny ulanýarlar, emma bu koksyň resursy çäklendirilen. Häzirki döwürde nebit koksyny ulanmak esasynda alýuminiý senagaty ösdi. Nebit koksy daş kömür koksyndan has arzan bolýar. Grafitirlenen elektrodly öndürmekde hem giňden ulanylýar. Grafitirlenen elektrodly bolsa elektrolitiki, ýokary arassa polatlary, magniýni, hlory we beýleki önümleri almakda ulanylýar, şeýle hem nikelli magdanlary eretmekde, ferrosplawlary, kremnini, karbid kalsini öndürmekde giňden ulanylýar. Kublarda ulanylýan koks hili boýunça elektrod koksyna golaý bolýar, ýöne soňra bu koks baýlaşdyrylýar. Haýal kokslanmadan alynýan koksyň düzüminde uçujy maddalaryň, çyglylygyň, kükürdiň ep-esli mukdary bolýar. Koksy baýlaşdyrmaklyk tehniki ýol bilen ýörite käydüriji peçlerde köýdürmek esasynda ýerine ýetirilýär. Köýdürmek temperaturasy 1200-1300⁰ C .

Düzümindäki kükürdiň mukdary boýunça nebit kokslary üç klasa bölünýärler: 1,5% çenli az kükürtli; kükürtli-4,0% çenli; ýokary kükürtli-4% -den ýokary. Düzüminde ýokary mukdarda kükürt bolan koks ýokary temperaturada köýdürmek bilen kükürtden arassalanýar. Köýdürme temperaturasy 1500-1600⁰ C.

Senagat desgalary: Senagat kokslanma prosesleri üç hili bolýar; üznükli, ýarym üznükli, üznüksiz.

Dykyzlaşdyrma reaksiýanyň mehanizmi

Bu reaksiýanyň geçişi aromatiki, predel däl uglewodorodlaryň we nebitiň smolaly-asfaltenli maddalaryň gatnaşmagynda geçýär. Krekingi çuňlaşdyrmak bilen ol önümiň düzüminde termiki taýdan sazlaşykly gysga alkil zynjyrlý ýarymsiklli aromatiki uglewodorodlar ýygnaýarlar, olar ýarym kondensatlar bilen reaksiýa girip, assa-ýuwaş wodorod bilen birleşýärler.

Tebigy asfalten 2000-2500 molekulýar massany tutýar we özüni polisiklli sturtura meňzeş – şeýle hem aromatiki ýaly alyp barýar, ýöne kondensirlenen naftenli sikller bilen, şeýle hem metilli we metilenli gruppalar, S, N we O atomlary bilen doldurlan. Nebitiň tebigy asfalteniniň gurluşyny aşakdaky ýaly aňlatmak mümkin:



Asfaltenlere termiki täsir etdirilende olar gazyň, suwuk ýagyň we koksyň emele gelmegi bilen dargaýarlar. Dürli nebitleriň asfaltenleri termiki sazlaşygy boýunça birmeňzeş bolmaýarlar, bu bolsa olaryň strukturasynyň we düzüminiň dürliligini görkezýär, ýöne welin asfaltenleriň köpüsi sazlaşykly bolýarlar.

Tebigy asfaltenler (nebitden alnan) diňe göni kowlan nebitli çig malyň düzüminde bolup bilýär. Galyndyly we distilýatly çig malyň krekinginden ikilenç asfaltenler emele gelýär, ol tebigy asfaltenden düýpgöter tapawutlanýar. Olaryň molekulýar massasy tebigynyňkydan pes bolýar, näçe per boldugyça şonça kreking çuň geçýär. Şeýlelik-de, şol bir çig mal üçin mazutyň düzümindäki asfaltenleriň molekulýar agramy ≈ 2500 , ýüzleý kreking edilen gudronyň düzümindäki asfaltentä - bary-ýogy 1300 molekulýar agramy tutýar. Smolanyň pirolizinden alanan asfaltenler gatylyk derejesine baglylykda ondan-da pes molekulýar agramy tutýarlar (330-380). Doýgun däl we aromatiki uglewodorodlaryň kondensasiýa we polimerizasiýa ýaly çylşyrymly reaksiýalary esasynda koks, ýagny gaty uglerod galyndysy emele gelýär. Termiki krekingde koksyň emele gelmekligi-islenilmeýän hadysa bilup, ol desganyň işiniň yzygiderligi dowamlylygyna täsir edýär. Eger agyr çig malyň termiki krekingini koksyň köp çykmagy bilen geçirilse, onda açyk reňkiň çykmagy ýokarlanýar, onda bar bolan çig malyň uglerodynyň köp bölegi konsentrlilenýär, bölünme önüminiň çykyşy (benziniň, gazyň, gazoýlyň fraksiýalary) ýokarlanýar.

Ikilenç asfalteniň molekulýar agramynyň, tebigy asfalteniň molekulýar agramyndan pesligi, onuň düzüminiň we molekulasynyň gurluşynyň çylşyrymlylygynyň pesligi bilen düşündirilýär.

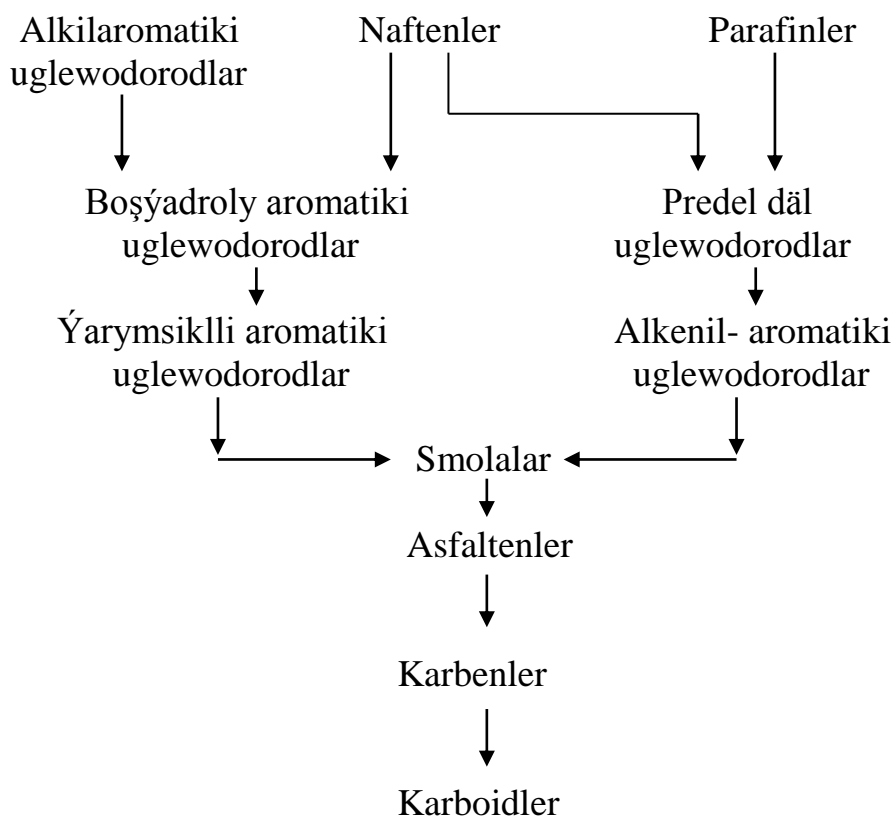
Tebigy we ikilenç gelip çykyşyň asfaltenleri

Gelip çykyşy	Mol agram	Dykyzlyk kg/m ³	Elementli düzümi, %				Baglylygy C:H
			C	H	S	N+O	
Günbatar Sibiriň nebiti*	2080	1178	86,52	7,59	5,38	0,51	11,4
Samotlorly nebiti	2670	1092	88,70	8,69	2,00	0,61	10,2
Tatarlaryň garyndyly nebiti**	2500	-	86,86	8,69	4,45	Anyklyanlymadyk	10,0
Şol bir garyndyly gudronyň galyndysynyň- krekingi	1300	-	88,72	6,96	4,32	-	12,7
Kerosiniň pirolizi netijesinde alynýan smola***							
gowşak düzgün	380	-	93,37	6,37	Ýok	0,26	14,7
berk düzgün	330	-	93,83	5,42	-	0,75	17,3

Ikilenç asfaltenleriň düzüminde has ýokary uglerodyň bolmagy, Olarda aromatiki strukturanyň birnäçe mukdarynyň bolmagy bilen we gapdal alkil zynjyrynyň az düzüminiň bolmagy bilen düşündirilýär.

Önümde dykyzlaşmanyň emele gelmeginiň başlanmagy bar bolan çig malyň düzümine we krekingiň düzgünine bagly bolup durýar. Düzüminde parafinli we alkilaromatiki uglewodorodlary saklaýan çig mal, başda dagamaga sezewar

edilýär, onda geljekki dykzlaşma reaksiýa taýýarlanylýar; şeýle materiala boşýadroly aromatiki we predel däl uglewodorodlar degişli bolup durýar. Önümiň dykzlaşmasynyň emele gelmegi radikally-zynjyrlý mehanizmi boýunça alkili we benzilli radikallaryň üsti bilen geçýärler. Aşakdaky çyzgydan önümiň dykzlaşma emele getirmeginiň yzygiderligi we görnüşi belli:



Dykzlaşmanyň yzyndaky her bir önümi has ýokary molekulýar agramy we aromatlaşma derejesini tutýar, şeýlelikde ereýjiligi peselýär. Karboidler gyzgyn benzolda eremeýärler; karbenler benzolda ereýärler, ýöne kükürtli uglerotda we hloroformda eremeýärler; asfaltenler şu erginleriň barysynda ereýärler, ýöne ýeňil parafin hökmünde çökyärler.

Gaty önümleriň dykzlandyrmasynda (koks) balans mukdarynda alynanda diňe bir prosesde kokslamada seredilip geçilýär. Koks özünde ýarymsiklli aromatiki uglewodorodlary, smolalary we asfaltenleri, 94-95 % uglerody saklaýar. Uglerotdan we wodorotdan başga hem kokslama çig malynyň hiline baglylykda koksyň düzümine kükürt, azot, kislorod, metallar girip bilýärler.

Üznükli kokslama prosesi

Agyr nebit önümleriniň termiki krekinginiň çuňlugy koksyň emele gelmegi bilen çäklenendir. Wisbreking desgasynda aýratyn çig mal gaýtadan işlenende ahyrky önüm bolup diňe gaz, benzin we galyndyly-kreking bolup, takyk süýgeşikli kotelli ýangyjy almak üçin gazoýlly fraksiýalarynyň barysyny galdyrmaly bolýar. Eger agyr çig malyň termiki krekingini koksyň köp çykmagy bilen geçirilse, onda açyk reňkiň çykmagy ýokarlanýar, onda bar bolan çig malyň uglerodynyň köp bölegi konsentriřlenýär, bölünme önüminiň çykyşy (benziniň, gazyň, gazoýlyň

fraksiýalary) ýokarlanýar. Eger agyr çig malyň termiki krekingini koksyň köp çykmagy bilen geçirilse, onda açyk reňkiň çykmagy ýokarlanýar, onda bar bolan çig malyň uglerodynyň köp bölegi konsentrirenýär, bölünme önüminiň çykyşy (benziniň, gazyň, gazoýlyň fraksiýalary) ýokarlanýar. Mysal üçin, kükürtli nebitiň gudrony kokslananda (kamerada) 24 % koks çykanda 16 % benzin (205 °S çenli), 26 % kerosinli-gazoýlly fraksiýa (205-350 °S) we 23 % agyr gazoýlyň (>350 °S). Şu distillýatlaryň barysy predel däl uglewodorodlary saklaýar. Benzin ýokary oktan sanly bolýar, ýöne ol yzygider katalitiki riformingde suwdan arassalanmana sezewar edilýär we ≈ 80 % agramy bolan, oktan sany 80 pes bolmadyk ýokary hilli benzini berýär. Kerosinli-gazoýlly fraksiýany düzümindäki kükürtli birleşmäni we predel däl uglewodorodlary aýyrmak üçin suwdan arassalanandan soňra dizel ýangyjynyň komponenti hökmünde ulanylaýr. Suwdan arassalanandan soňky önüm ≈ 95 % agramy düzýär. In soňunda, agyr gazoýl katalitiki krekingde ýa-da gidrokrekingde çig mal komponenti hökmünde ulanylyp bilner.

Katalitiki krekingde 40-45 % az bolmadyk benzin, we 20 % ýeňil gazoýl alynýar.

Kokslama prosesi nebit koksynyň almakda giňden ýaýrandyr. Şeýle ýagdaýda kükürdi az bolan çig maly kokslama sezewar edilýär, sebäbi koksa kükürdiň düzümi çäklendirilen. Nebit koksy kömüriň esasynda alynýan koksa garanda arzan we ýokary hilli material hökmünde tanalýar we oňa bolan isleg hem ýokary. Koksyň esasy ulanylýan ýeri – alýuminiý öndürilýän senagaty: koks ol ýerde dikeldiji bolup, alýumunini eretmekde ulanylýar. Alýuminiý öndürmekde koksyň udel çykdaýjysy has pes we Türkmenistan üçin 550-600 kg düzýär.

Senagatda kokslama prosesi üç görnüşli desgada geçirilýär:

- 1) periodiki, koksly kubda;
- 2) ýarymüzüksiz, ýyladylmaýan koksly kamerada;
- 3) üzüksiz, ýylylyk saklaýjy koksyň pseudoožişyonnyly gatlagynda.

Üznükli kokslama prosesi, apparatura gurluşy sada bolan, üznükli işleýän kublarda amala aşyrylýar. Koks kuby diametri 2/4,5 m we uzynlygy 10-12 m bolan göni ýerleşenapparatdan durýar. Çig maly kuba ýerleşdirýärler we ýuwaşlyk bilen, kubuň aşagyndaky ojakda ýerleşdirilen forsunkalaryň üsti bilen gyzdyrylýar. 300°C temperaturada distillýat buglary emele gelýär we liniýa boýunça kondensasiýa ulgamyna ugradylýar we sowadylýar. Bug zonasynyň temperaturasy 450-460 °C-a ýetenden soňra temperatura peselip ugraýar. Temperaturanyň peselmegi kokslanma prosesiniň gutaranlygyny aňladýar. Kubuň soňky gyzdyrylmagy kokslanmany doly gutarmak üçin, köýdürmek üçin dowam edilýär, 700-750 °C temperaturada 1-3 sagadyň dowamynda saklarlar.

Köýdürme prosesiniň soňundan ojakdaky temperaturany ýuwaşlyk bilen peseldýärler, forsunkany söndürýärler we kuby sowadýarlar. Ilki bilen suw bilen, soňra howa bilen sowadylýar, bir wagtyň özünde suw buglary bilen gaz görnüşli uglewodorodlar kubdan çykarylýar. Kub sowadylandan soňra koks kubdan çykarylýar. Kubuň umumy iş sikli 21-den 33 sagada çenli bolýar. Bir kubdan 3/5 tonna çenli koks alynýar, bir gije-gündizde 100-150 tonna çig mal gaýtadan işlenilýär. Kublarda geçirilýän öndürilijiligi pes bolan, üznükli kokslama prosesi üçin mundan başga-da köp metal harçlanýar. Kokslanmanyň bu usuly nebiti gaýtadan

işlemekligiň häzirki döwüriniň talaplaryny ödemeyär, emma muňa seretmezden düzüminde kükürdiň az mukdary bolan ikilenji galyndylardan elektrodlar taýýarlamak üçin ulanylýan ýokary hilli nebit koksini alýarlar.

Kubdaky kokslama üç etapdan durýar. Birinji etapda 365-386-dan 406-415 gradus temperatura çenli distilýatyň emele gelmegi bilen çig malyň dargama reaksiýasy geçýär. Ikinji etapda 413-415 gradus temperaturada dargama reaksiýasy bilen bir hatarda uglewodorodlaryň kondensasiýa prosesi, ýokary molekulýar agramly smolalaryň, asfaltenleriň emele gelmegi bilen geçýär. Üçünji etapda 424-440 gradusa çenli koks pirogy emele gelýär, distilýatlaryň emele gelmegi peselýär, gaz emele gelmeklik ýokarlanýar. Köýdürme prosesiniň soňundan ojakdaky temperaturany ýuwaşlyk bilen peseldýärler, forsunkany söndürýärler we kuby sowadýarlar. Ilki bilen suw bilen, soňra howa bilen sowadylýar, bir wagtyň özünde suw buglary bilen gaz görnüşli uglewodorodlar kubdan çykarylýar.

Kublardaky üznüksiz kokslama hem edil beýleki üznüksiz kokslama prosesleri ýaly öndüriligi pes, şeýle hem tygşylygy ýok. Ýöne welin, bu proses şindi ulanylýar, has hem çig malyň resursy pes bolanda, mysal üçin, aromatlaşdyrylan smola almak üçin piroliz arkaly smolany kokslamakda ulanylýar.

Çig malyň berilmesi bir kameradan beýleki kamera geçirilende, işe geçiriljek kamerany öňürti gyzdymaly. Onuň üçin kokslama buglarynyň bir bölegini kameranyň ýokarky bölegine berýärler. Bug kameranyň ýokarsyndan aşagyna çenli geçýär we kondensat ýa-da bugly suwuklyk görnüşinde kondensat gabyna ýygnanýar, ol ýerden nasos bilen sütüne berilýär. Çig malyň akymy peçden beýleki boş gyzdrylan kamera geçirilen wagty, doly kameranyň içindäki koksny çykarmaly bolýar.

Koksny aşakdaky ýaly aýyrmak bolýar:

- a) koks massasyny ýokardan aşaklygyna gidrodolot bilen burowlap deşmeli;
- b) deşigi gidrorezak girer ýaly giňeltmeli, operasiýanyň dowamlylygy 30 minutdan 1,5 sagada çenli;
- ç) güýçli suw akymalaryny berýän has uly ölçegli gidrorezak bilen koks massasyny aýyrmak.

Iki kameranyň işiniň geçiş yzygiderligi çig malyň düzümine we 48-den 60 sagada çekip bilýär. Ilki bilen çig maly kamera bermeklik 24 sagada çekýär, ikinjide ol 36 sagat bolýar.

Haýal kokslama desgasynyň kuwwaty bir ýylda 1,5 mln.T çig maly öndürmegi bilen aýratyn tapawutlanýar. Bir bada üç kamera birugra işleýär. Kameralaryň diametri 7,0 m, beýikligi 30 m. Çig maly gyzdymak temperaturasy 510 °S, artykmaç basyşy bolsa $\approx 0,33$ Mpa. Ikilenç çig mal peçden kamera dört akym bilen barýar. Kameranyň we sütüniň aralygynda ewaporator-otboýnik ýerleşen, ol koksnyň bölekleriniň kolonna gaçmagynyň önüni almak üçin ulanylýar. Desgada ýene-de bir peç ulanylýar – gazoýly sirkulirmek üçin; ol 530 °S çenli gyzdrylýar. Desgada howanyň üsti bilen kondensator – sowadyjylar ulanylýar. Çig maly bir kameradan başga kamera geçirilende hökman işletjek kameramyzy gyzdymaly bolýar. Onuň üçin ony ilki suwly bug bilen ýyladýarlar,

soňra bolsa bugyň birnäçe bölegini hereket edýän kameradan işledilmäne taýýar bolan kameranyň ýokarky bölegindäki koksýň önümüne ugradýarlar; bug onuň aşagyndan we ýokarsyndan geçýär, şeýlelikde kondensat görünüşinde ýa-da suwukbug garyndysy görünüşinde göwrüme geçýär, ol ýerden kalonna geçip gidýär.

Kokslama kuby diametri 2-4,5 m uzynlygy 10-13 m bolan silindr şekilli gorizontaý ýerleşen apparat bolup durýar. Çig maly kuba ýükleýärler we forsunkadan ýangyç goýbermek bilen haýaljykdan ýyladyp ugraýarlar. Takmynan 300 °S –dan soň bug bölünip çykyp ugraýar, bug şlem çyzygyndan kondensasiýa we sowadyjy ulgama geçýär. Kuby näçe gyzdurdygymyzça bugyň bölünip çykmagy güýçlenip ugraýar, gazly fazada iň ýokary derejesi 360-400 °S ýetýär. Köp halatlarda iň ýokary temperatura 450 °S, ondan soňra bugyň bölünip çykmagynyň saklanmagy bilen ol togtadylýar.

Bu proses häzirki döwürde esasan hem puiroliziň smolasyny kokslamak bilen kokslamanyň ýörite aýratyn – elektrodly we konstruksiýa görnüşlerini almakda ulanylýar. Bu usullaryň ikisinde hem kerosinli we gazoýlly fraksiýalary gazoýl arkaly almak bilen kokslamany ýokaryaromatizirlenen agyr smola sezewar etdirilýär. Bu smolanyň düzümine esasan hem ýarym siklli aromatik uglewodorodlar, smolalar we asfaltlar girýärler; olarda ýene-de karboidleriň birnäçe mukdary bolup bilýär.

Üznükli kokslama prosesi beýleki usullar bilen deňeşdirlende kän koks çykmagyny üpjün edýär. Öýlelikde bitumyň üznükli kokslamasynda (dyklyzlygy 1019 kg/m³) koksýň çykymy 30 % ýetýär, ýarymüznüksiz prosesinde bolsa ol bary-ýogy 21 % ýetýär.

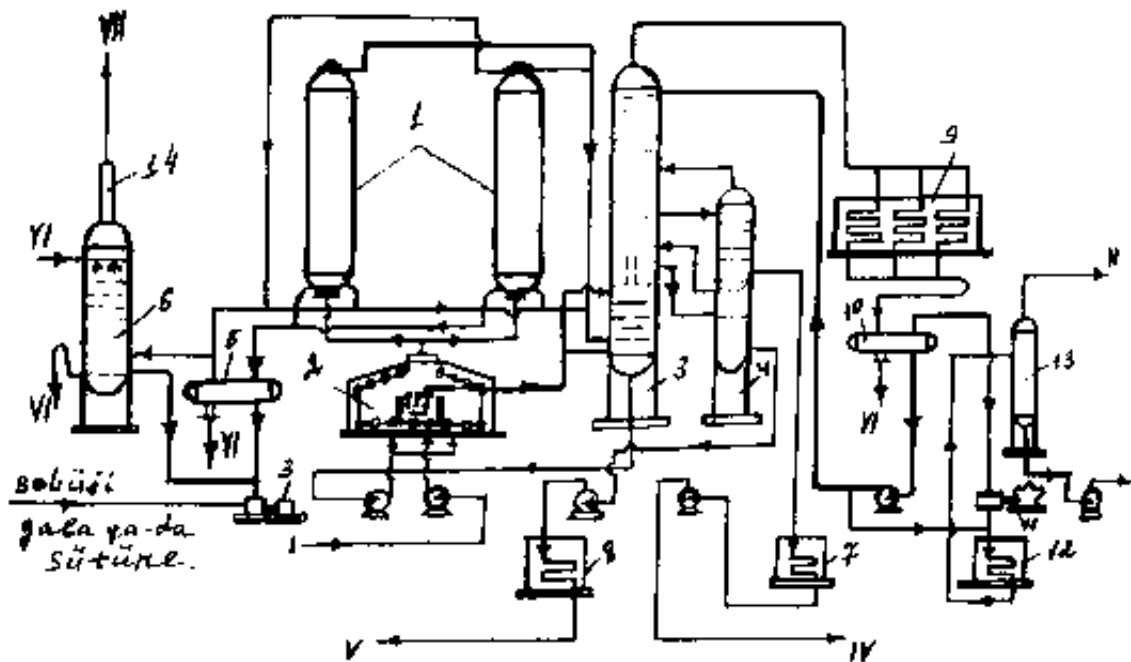
Ýarym üznükli kokslama prosesi

Bu proseslere keramiki peçlerde we gyzdrylmaýan koks kameralarynda ýerine ýetirilýän kokslanma prosesleri girýär. Turba peçlerinde gyzdrylan çig mal üznüksiz ýagdaýda peje berilýär. Kokslanma önümleriniň buglary rektifikasion sütüne barýar. Kokslanma prosesiniň ilki başdaky temperaturasy 1300 gradus, soňra berilýän çig mal eýýäm emele gelen koks gatlagynyň üstüne berilýär, şonuň üçin hem kokslanma prosesiniň temperaturasy birazajyk peselýär. Talap edilýän koks gatlagynyň galyňlygy 130/200mm. Çig mal bermekçiligiň dowamy 2-2,5 sagat. Soňra koks gatlagyny 1,5-2 sagadyň dowamynda guradýarlar. Koksý mehaniki iterijileriň kömegi bilen çykarýarlar.

Şeýleleik-de, çyg mal desga üznüksiz halda berilýär, emele gelen koks bolsa üznükli ýagdaýda çykarylýar. Uzynlygy 9m, 3m we beýikligi 1,65m bolan senagat peçlerinde emele gelýän koksýň agramy 4 tonna bolýar.

Ýarym üznüksiz prosesiniň ikinji bir görnüşi, gyzdrylmaýan kameralarda kokslanma prosesi ýa-da haýal kokslanma prosesi 30-nji ýyllarda ulanylyp ugraldy. Bu usulda çyg mal öňürti turbaly peçlerde gyzdrylýar.

Haýal kokslama desgasynyň tilsimat çyzgysy



1-koks kamerasy; 2-turbaly peç; 3-sertifikasion sütün; 5-kondensat üçin gap; 6-taşlaýjy bak(kameralary üflemek üçin); 7-kerosin üçin sowadyjy; 8-gazoýl üçin sowadyjy; 9-kondensator; 10-suwlaýjy akkumlöator; 11-kompressor; 12-sowadyjy; 13-gazoseparator;14-gazlary we buglary zyňyjy turba.

I-çyg mal; II-gaz; III-benzin; IV-ýeňil gazoýl; V-agyr gazoýl; VI- suw; VII- bug .

Çig mal hökmünde, göni kowulmanyň galyndylary (mazut,gudron), kreking galyndylary, şeýle hem gaty bituminoz magdanlary-gilsonitler ulanylýar.Çig mal nasosyň üsti bilen ýylylyk çalşyjylaryňüstünden geçip, radiant turbaly 2-peçde gyzdyrylýar, 350 gradus temperatura çenli gyzdyrylan çig malyň akymy rektifikasion sütüniň 3 aşaky bölegindäki ýokarky kasgat tabagyna barýar, aşaky tarelkanyň aşagyndan kokslanma kamerasyndaky emele gelýän kokslanma önümleriniň gyzgyn buglary berilýär. 450 gradus temperatura çenli gyzdyrylan bugyň has pesrāk temperatura çenli gyzdyrylan çig mal bilen galtaşmagy netijesinde, bugyň bir bölegi kondensirlenýär, çig mal bolsa gyzýar. Agyr kondensatyň çig mal bilen garyndysy, ikilenji, çig mal hökmünde sütüniň aşagyndan çykarylýar, gyzgyn nasos bilen pejiň ikinji egrem-bugram turbalaryna berilýär. Ol ýerde kokslanmanyň başlangyç temperaturasyna çenli (480/510 gradus) gyzdyrylýar. Soňra çig mal gezekli-gezegine işleýän kameralarynyň birisine gelýär. Reaksion kameraň beýikligi 22-30m, diametri 3-6,5m bolan boş aparat. Kameranyň daşyny iki gat polatdan ýasaýarlar; 1) esasy uglerodly gatlak; 2) düzüminde 11-13% hrom bolan, galyňlygy 2-3 mm bolan içki gatlakdan ybarat bolýar.

Gyzgyn çig mal kameranyň aşaky bölegine barýar we suwuklyk görnüşe geçýär. Ýokary temperaturada kamera kōp wagtlap bolmaklygy netijesinde, bu suwuklyk koksa öwrülýär; agyr gazoýlfraksiýalarynyň dargama

önümleri bug faza görünüşinde kameranyň ýokarsyndan çykarylýar we 3-nji sütüne dargamaklyga barýar. Sütün 3 iki bölekden ybarat bolup, aşaky bölegi çig mal bilen kokslanma önümleriniň buglarynyň arasyndaky aratäsiri ýokarlandyrmak üçin kasgat tabaklary bilen üpjün edilýär, ýokary bölegi benziniň we agyr gazoýlyň dargamaklygy üçin kolpaçokly (gapakly) tabaklar bilen üpjün edilýär. Gaz we benzin sütüniň ýokarsyndan çykýar we kondensator sowadyjynyň 9 üsti bilen suwaryjy 10 gaba barýar. Benziniň bir bölegi 3 sütüni suwlaýar, beýleki bölegi bolsa gaz bilen bilelikde sowadyjyda 12 sowadylýar we gaz 13 seperatorynda dargadylýar. Benzin distilýaty stabilizasiýa ugradylýar, gaz bolsa dargadylmaklyga ugradylýar. Ýeňil we agyr gazoýllar gapdal önümleri hökmünde buglaýjy sütüniň 4 üsti bilen çykarylýar.

Haýal kokslama prosesi iki etapda geçýär. 1-nji etapda ýylylyk pejiň gyzdyrylmagyna we kondensatyň bugarmaklygyna harçlanýar. Bu aralykda bugarma prosesiniň krekingden üstün çykanlygy esasynda fraksion düzümi boýunça has agyr distilýatlar emele gelýär. Çig mal näçe agyr we smolaly bolsa we onuň pemde gyzdyrylýan temperaturasy näçe ýokary bolsa, şonça hem 1-nji etabyň dowamlylygy az bolýar, ýarym gudron üçin 475 gradus temperaturada 1-nji etap 8-9 sagat dowam edýär, 500-510 gradus temperaturada 5-4 sagat dowam edýär, asfaltenlere baý bolan kreking-galyndylary üçin bu aralyk 2-5 sagat dowam edýär.

Kokslanmanyň 2-nji etaby deňölçeqli koks gatlagynyň emele gelmegi bilen we birnäçe wagtyň dowamynda dargama önümleriniň emele gelmegi bilen geçýär. Kameranyň koksdan dolmagy bilen, erkin reaksiýa göwrüm kiçelýär. Aýdylanlara görä, peçdäki çig malyň gyzdyrylma temperaturasy näçe ýokary bolsa, şonça hem alynýan koksyň hili gowy bolýar, şeýle hem kameradaky galyndynyň sütüne geçmek howpy peselýär.

Kameradan çykýan buglaryň temperaturasy, kamera gelýän çig malyň temperaturasyndan pes bolýar. Kameranyň beýikligi boýunça temperatura üýtgemesi 40-60 gradus bolýar. Çig mal peçde gyzdyrylanda turbalarda koks emele gelmegi kynçylygy döreýär, gyzgyn çig malyň peçden çykýan tizligi 3m/sek bolýar.

Turbalarda koksyň emele gelmekliginiň garşysyna, peç turbalaryna turbalizatorlar goýberilýär. Turbolizator hökmünde öte gyzdyrylan suw buggy ulanylýar.

Çig malyň berilmesi bir kameradan beýleki kamera geçirilende, işe geçiriljek kamerany öňürti gyzdyrmaly. Onuň üçin kokslama buglarynyň bir bölegini kameranyň ýokarky bölegine berýärler. Bug kameranyň ýokarsyndan aşagyna çenli geçýär we kondensat ýa-da bugly suwuklyk görünüşinde kondensat gabyna ýygnanýar, ol ýerden nasos bilen sütüne berilýär. Çig malyň akymy peçden beýleki boş gyzdyrylan kamera geçirilen wagty, doly kameranyň içindäki koksy çykarmaly bolýar. Bu maksat üçin, ýagny koks massasyndan nebit buglaryny aýyrmak üçin 30-60 min dowamynda koksy bug bilen buglaýarlar. Bu buglar üçünji sütüne barýarlar, buglamanyň soňundan bolsa 6-njy gabyň üsti bilen gaz aýyryjy turba 14 boýunça atmosfera zyňylýar. Soňra koksy doly suw bilen sowadýarlar.

Koksy aýyrmak işi aşakdaky basgançaklardan durýar:

- 1) koks massasyny ýokardan aşaklygyna gidrodolot bilen burowlap deşmeli;

- 2) deşigi gidrorezak girer ýaly giňeltmeli, operasiýanyň dowamlylygy 30 minutdan 1,5 sagada çenli;
- 3) güýçli suw akymalaryny berýän has uly ölçegli gidrorezak bilen koks massasyny aýyrmak.

Kameranyň düýbündäki koksy we suwy aýyrmak üçin demirli betonda 30 gradus burç boýunça ýapgyt ýasalýar. Koksy wodonetkalary ýa-da samoswallara ýükleýärler we desganyň teritoriýasyndan çykarylýar, suwy bolsa durlaýarlar, süzgüçden süzýärler we gaýtadan ulanýarlar.

Haýal kokslama desgasyňyň iki
kameraly blogynyň iş siklli (sag):

Çig malyň berilişi.....	24
Bir reaktordan beýleki reaktora geçmek.....	0,4
Reaktory buglamak.....	2,5
Koksy suw bilen sowatmak.....	3,0
Suwy akdyrmak.....	2,0
Koksy çykarmak.....	5,0
Kamerany taýýarlamak.....	2,0
Gyzdyrmak.....	7,0
Ätiýaç wagt.....	2,0
<hr/>	
Jemi:	48

Şeýlelikde siklin iş bölüminiň dowamlylygy we desgany işe taýýarlamak birmeňzeş bolup, hersi 24 sagada deň bolýar, kamerany ulanmaklyk koeffisiýenti 0,5 deň bolýar.

Türkmen nebitiniň gudronyndan koks-15,4%, gaz C₄ çenli-14,4%, benzin 16,8%, ýeňil gazoýl-20,6%, agyr gazoýl-32,8% alynýar.

Nebit önümçiliginde haýal kokslanma prosesi giňden ulanylýar, olaryň apparatura gurluşy sada bolýar, olary ulanmaklyk ýönekeý, ýeňil bolýar. Kemçiligi: wagtal-wagtal reaktoryň söndürilmegi we arassalanmagy desganyň düzgünini bozýar. Pes temperaturada kokslanmanyň geçirilmegi desganyň öndürijiligini peseldýär, temperaturany diňe pejiň gyzgynlygyny ýokarlamak bilen, ýokarladyp bolýar, bu bolsa turbalarda koksyň emele gelmegine getirýär. Koksy çykaryp almak üçin gymmat bahaly enjamlar gerek bolýar (wyška, burowlaýjy gural, ýokary basyşly suw nasoslary).

Şeýle desgalaryň kokslama kameralary silindr şekilli wertikal ýerleşen apparatlardan durýar, 0,18- den 0,6 Mpa basyşa niýaetlenen we ol aşakdaky görnüşe ýedir:

Onuň içki diametri 4,6-5,5 m we beýikligi 27-28 m. Kamerasy silindr şekilli korpusdan we iki sany düýbünden – sferiki we aşaky konus görnüşli, olar agyzlar bilen we ştuserler bilen üpjün edilen. Kamera iki gatly polatdan ýasalan; legirlenip 2 – 4 mm galyňlykda ýüzüne örtülen. Kamera koks bilen 4/5 beýiklikde jübütlenip

doldurylýar; doldurylmanyň dowamlylygy işlenilýän çig malyň kokslanyşyna bagly bolup, 24-den 36 sagada çenli bolup bilýär. Iki kamerany koksdan doldurandan soň dörttaraply kran ulgamyndan söndürmeli, bu çig malyň peje yzygider barmagyny üpjün etmek üçin zerur bolup durýar.

Çig maly bir kameradan başga kamera geçirilende hökman işletjek kameramyzy gyzdymaly bolýar. Onuň üçin ony ilki suwly bug bilen ýyladýarlar, soňra bolsa bugyň birnäçe bölegini hereket edýän kameradan işledilmäne taýýar bolan kameranyň ýokarky bölegindäki koksyň önümüne ugradýarlar; bug onuň aşagyndan we ýokarsyndan geçýär, şeýlelikde kondensat görnüşinde ýa-da suwukbug garyndysy görnüşinde göwrüme geçýär, ol ýerden kalonna geçip gidýär. Kamerany gyzdymaklyk bilen göwrümde bug emele gelip ugraýar we ol kolonna geçýär. Haçan-da işleýän kamera koksdan dolanda, çig malyň akymy togtadylýar. Şeýlelik-de koksdan doldurlan kamerany ýükden boşatmaga taýýarlaýarlar: 30 – 60 min dowamynda koks massadan nebitiň buglaryny aýyrmak üçin bug bilen üfleýärler. Bu buglary kolonna ugradýarlar, soňunda bolsa göwrümiň üsti bilen gaz geçiji turbadan atmosfera kowulýar.

Üznüksiz kokslama prosesi

Üznüksiz kokslanma prosesiniň doly amala aşyrylmagy üçin, ýagny emele gelyän koksy reaktordan üznüksiz ýagdaýda çykarmak üçin prosesiniň iki sany modifikasiýasy işlenip düzüldi: a) koks iri bölejikler görnüşinde çykarylýar, reaktor şahta tipli bolýar; b) emeli suwuklandyrylan koks gatlagy bolan reaktory bolýar, koks posoşok görnüşinde çykarylýar. Bu iki ýagdaýda hem ulgamyň reaktorly blogynda, ýylylyk göteriji hökmünde koks bölejikleri sirkulirlenýär we çig mal bilen galtaşmagy netijesinde olaryň üsti täze emele gelyän koks gatlagy bilen örtülýär. Emele gelen koks bölekleri üznüksiz ýagdaýda ulgamdan çykarylýar. Şahta reaktorlarynda iri granulla ýylylyk göterijilerde geçirilýän kokslama prosesini galtaşma kokslanma posesi diýlip atlandyrylýar.

Iki prosesde hem kreking-çig malynyň üznüksiz kokslanmasy, koks ýylylyk göterijisiniň bölejikleriniň üstünde geçýär. Çig mal bölejikleriniň üsti bilen galtaşyp, bu üst boýunça ýukajyk gatlak görnüşinde ýaýrap akýar.

Poroşok görnüşli koksyň gaýnaýan gatlagynda geçýän üznüksiz kokslanma prosesi üç etapdan durýar:

- 1) kokslanma prosesi, ýagny dargama önümleriniň esasy massasynyň emele gelmegi we gatamak
- 2) koksy guratmak we köýdürmek, uçujy maddalary aýyrmak
- 3) dargamanyň ikilenji reaksiýalary we bug fazasyndaky kokslanma önümleriniň gatamagy.

Üznüksiz kokslanmanyň iş düzgüniniň esasy görkezijileri: temperatura; ýylylyk göterijiniň reaktory çig mal bilen doldurylmagyna görä sirkulýasiýa gatnaşygy; çig mal berilişiniň massa tizligi [$\text{kg}/(\text{kg} \cdot \text{sag})$];

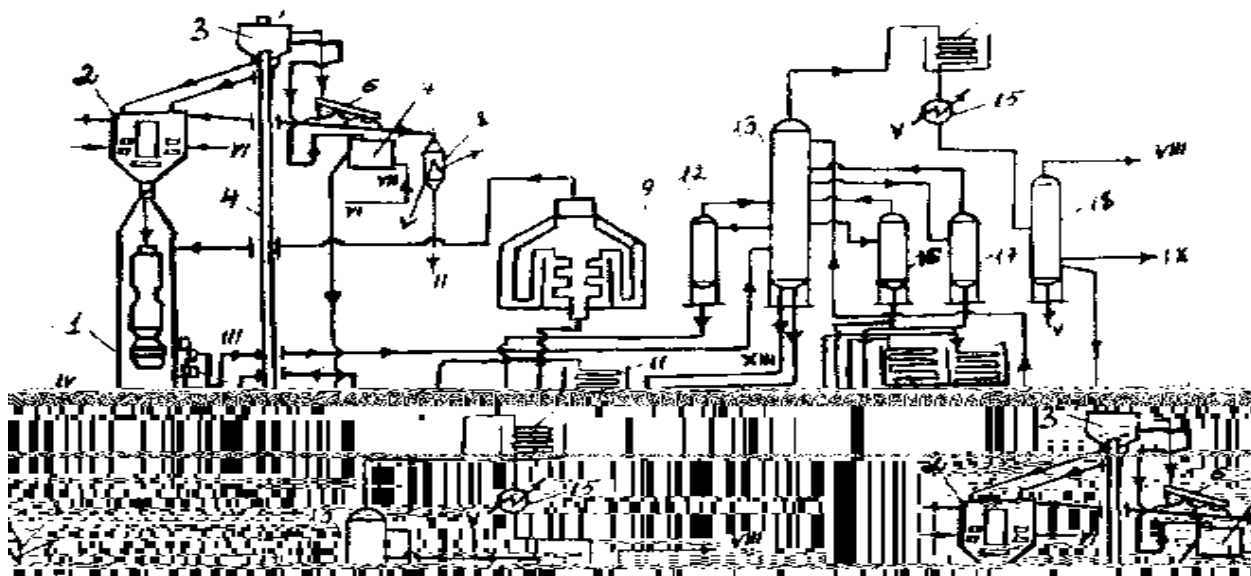
Ýylylyk göterijiniň reaktora berýän ýylylyk mukdary aşaky formula boýunça hasaplanýar:

$$Q = G_t c_t (t_b - t_a) ;$$

Bu ýerde : G_t - ýylylyk göterijiniň bölejikleriniň massasy, kg/sag;
 t_H - başlangyç we t_k –soňky temperatura , °C
 $c_t-t_b-t_a$ temperatura aralygynda ýylylyk göterijiniň ortaça ýylylyk sygymy,
 kkal/(kg · °C).

Gaýnaýan gatlakda kokslanma prosesi üçin soňky temperatura t_k hökmünde reaksiýon döwründäki temperatura alynýar, galtaşma kokslanmasy üçin soňky temperatura hökmünde reaktoryň aşagyndan çykarylýan ýylylyk çalşyjynyň temperaturasy alynýar.

Galtaşma kokslama desgasynyň tilsimat çyzgysy



1-reaktor; 2- bunker; 3- bug liftiniň seperatory; 4- bug lifti; 5- garyşdyryjy sütünler; 6- haryt koksyny ýygnaýjy; 7- ýylylyk göteriji üçin gyzdyryjy peç; 8- koks üçin peç; 9- çig maly gyzdymak üçin peç; 10- ýylylyk çalşyjy; 11, 19, 20- distillýatlar üçin sowadyjy; 12,16,17- buglaýjy sütünler; 13- rektifikasion sütün; 14- kondensator; 15- iň soňky sowadyjy; 18- gaz, suw aýyryjy.

I-çig mal, II- koks, III- reaksiýa önümleri, IV- bug, V- suw, VI- howa, VII- ýangyç (gaz), VIII- semiz gaz, IX- benzin, X- ligroin, XI- ýeňil gazoýl, XII- agyr gazoýl, XIII- resirkulýat.

Kokslanmanyň agyr gazoýl akymynyň ýylylygy esasynda 10- njy ýylylykçalşyjylarda gyzdrylan çig mal, rektifikasion sütüniniň (13) aşagyndan çykýan resirkulýat bilen garyşyp turbaly peje (9) barýar. Çig malyň resirkulýat bilen garyndysy peçde 400°C temperatura çenli gyzdrylýar we kokslanmak üçin reaktora (1) barýar. Reaktorly blokly ulgamynda granully koks-ýylylykgöterijileri iri üznüksiz halda aýlaw hereketde bolýarlar. Bu granulla tegelek görnüşinde bolýar, olaryň esasy massasynyň ölçegleri 3÷12 mm çenli bolýarlar.

Gyzgyn çig mal koks-ýylylyk göteriji bilen garyşdyryjy reaktoryň ýokarky böleginde garyşýar we soňra ähli reaksiýon göwrüminiň üstünden doly geçýär. Şeýlelikde ýylylygy gyzdymak üçin we çig malyň krekingi üçin berilýänligi sebäpli koksyň başky temperaturasy 540-580°C – dan 500-520°C – a çenli peselýär. Koksyň reaktorda bolýan wagtyň dowamlylygy, bu apparatyň

temperatura režimine baglylykda 6÷10 minuta çenli bolýar. Reaktordaky basyş 1,5 at. Ýylylyk göterijiniň sirkulýasiýa gatnaşygy 14-15 kg/kg çenli bolýar. Ýylylyk göteriji reaktoryň aşagyndan buglaýjy gurluşyň üsti bilen geçip, ulag gurluşyna – bug liftine barýar (4). Bug liftiniň seperatorynda (3) garyndynyň tizligi peselýär, akyjy-garyndy material bunkere (2) ýa-da peje (7) berilýär. Peçde 7 ýylylyk göteriji, emele gelýän koksyň bir böleginiň howa bilen ýanmaklygy netijesinde ýa-da gaz görnüşli ýangyjyň ýanmaklygyndan emele gelýän tüsse gazlary bilen gyzdrylýar. Bunkerde 2 ýylylyk göteriji diňe koksyň bir böleginiň ýanmaklygy esasynda gyzdrylýar. Proses geçýän wagtynda, üznüksiz ýagdaýda koksyň emele gelýänligi sebäpli, sirkulirlenýän (aýlaw hereket edýän) bölekler kem-kemden ulalýarlar, akymyň bir bölegi klassifikatora 6 barýar, iri ölçegli granullar sowadyjynyň üsti bilen ulgamdan çykarylýar, ownuk bölekleri bolsa bunkere 2 gaýdyp gelýär. Kokslama önümleriniň buglary reaktordan çykarylýar we liniýanyň koks bilen örtülmeginiň önüni almak üçin garyjy sütünlerde 5 çig malyň bir böleginiň garyjylara berilmek ýoly bilen sowadylýar. Bugardyjy sütünleri 12, 16, 17 bolan rektifikasion sütüninde 13 kokslanma önümlere gaz-benzin fraksiýasyna, gazoýl distilýatlaryna we agyr galynda dargaýar. Agyr galyndy gaýtadan kokslanma prosesine gaýdyp gelýär.

Önümçilik prosesinde esasy görkezijileri we faktorlary

Kameranyň işleýiş usuly iki basyşda geçýär: $\approx 0,4$ MPa azsmolaly çig mal işlenende we $\approx 0,18$ MPa ýokarysmolaly çig mal işlenende ulanylýar. Azsmolaly çig mal koksy az berýär we bölünme önümi kän berýär, şonuň üçin bugyň tizliginiň öte köp bolmazlygy üçin basyşy has ýokary saklajak bolýarlar.

Termiki ýa-da katalitiki krekingde agyr gazoýl kokslananda ýokary basyş esasy orny tutýar, çig mal 495-510 °S kameranyň girelgesinde we 440-460 °S çykalgasynda atmosferadaky basyşa gabatdaş, ol gazyň fazasynda saklanýar, we koksyň çykyşy pes bolýar.

Koksyň hili peçdäki çig malyň gyzdrylma temperaturasyna bagly bolup durýar. Kameranyň girelgesindäki temperatura näçe ýokary bolsa koksdan uçup aýrylýan düzümler şonça az bolýar we onuň mehaniki berkligi şonça-da ýokary bolýar. Ýone welin bu temperatura turbalaryň üstüniň koks bilen örtülmegi üçin, şeýle hem kamerada kondisionlenmedik “ýol-ýol“ koksyň emele gelmegi bilen çäkli bolup durýar. Peçdäki çig malyň gyzdrylma temperaturasyna bagly bolmagy koksyň hiliniň görkezijisi aşakdaky ýaly berilýär:

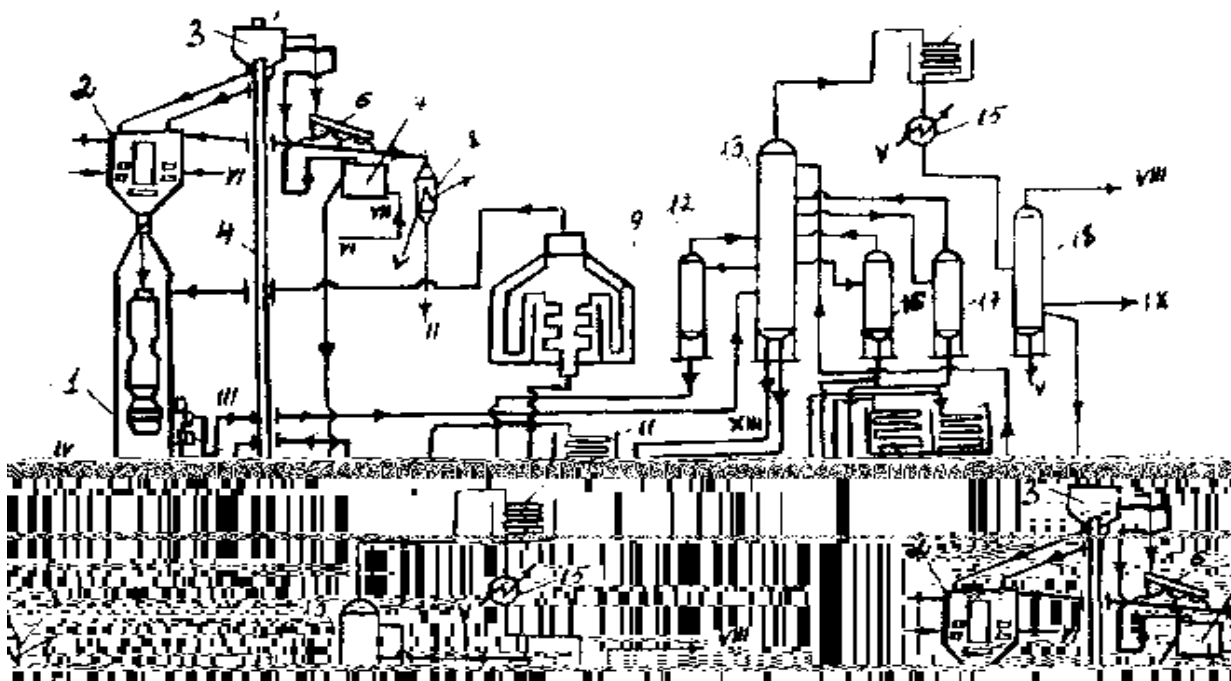
Görkezijiler	490 °S-da	500 °S-da	510 °S-da
Uçýanyň çykyşy, %.....	10,0	7,8	6,8
Owratmaklygyň			
wagtlaýyn garşylygy, Mpa.....	≈ 5	≈ 8	≈ 10
Bolaýjak dykzlyk, kg/m ³	700	850	950
Öýjükliligi, %.....	50	40	33

Kamera çig malyň berilmeginiň göwrüm tizligi göni kowma galyndylary üçin $0,12 - 0,13 \text{ sag}^{-1}$, kreking galyndylary üçin bolsa $0,08 - 0,1 \text{ sag}^{-1}$ (agyr çig mal krekingi üçin) düzýär.

Emeli suwuklanma gatlagynda geçýän kokslama prosesi

Katalitiki kreking prosesine meňzeş bolan gaýnama gatlagyndaky kokslama prosesi, nebiti gaýtadan işleýän senagatynda 50-nji ýyllarda döredi we ilkinji senagat desgalary işe girizildi. Diametri $0,075 \div 0,3 \text{ mm}$ bolan tegelek formaly poroşok görnüşli koks-ýylylykgöteriji üznüksiz halda reaktor1 – koksgyzdyryjy 2 ulgamynyň üsti bilen aýlanyp durýar. Iki apparat hem gaýnaýan gatlak prinsipi boýunça işleýär. Reaktorda emeli suwuklanma gatlagy, suw bugunyň aşak berilmek ýoly bilen we kokslama prosesinde emele gelýän gazlaryň we buglaryň kömegi bilen alynýar. Gyzdyryjyda emeli suwuklanma howa berilmek bilen alynýar, bu ýagdaýda koksyň bir bölegi ýanýar, galan massasy bolsa $600-620^{\circ}\text{C}$ temperatura çenli gyzýar.

Üznüksiz kokslama desgasyň tilsimat çyzgysy



1- reaktor, 2- koksy gyzdyryjy, 3- kondensator (skrubber), 4- rektifikasion sütün, 5- sowadyjykoksyň klassifikatory, 6- buglaýjy sütün, 7- kotel-utilizator, 8- gaz seperatory, 9- stabilizator, 10- kondensator, 11- sowadyjy, 12- kompressor, 13- ojak.

I- çig mal, II- haryt koksy, III- agyr gazoýl, IV- gaz, V- stabillenen benzin, VI- ýeňil gazoýl, VII- resirkulýat, VIII- buglanma berilýän bug we koksyň maýdalanmasy, IX- suwlanma berilýän flegma.

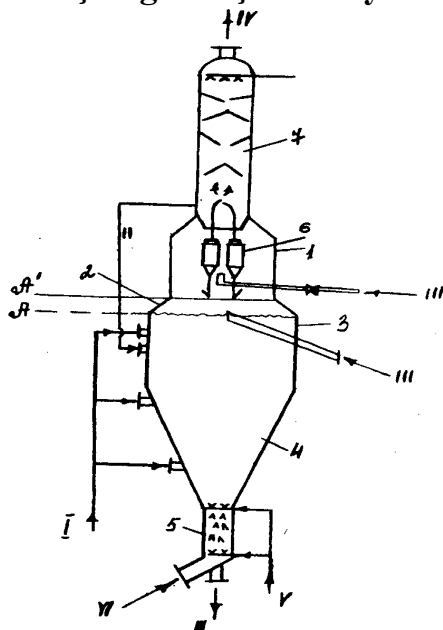
Çig mal reaktora, gönümel wakuum desgasyndan soňra ýa-da ýylylykçalsyjlarda gyzdyrylandan soňra $300-350^{\circ}\text{C}$ temperaturada gelýär. Çig mal, koksyň gaýnaýan gatlagynyň derejesinde ýerleşen pürküji ulgamlaryň üsti

bilen geçip, koks tozanlaryndan arassalanýarlar we parsial kondensator skrubbere 3 barýarlar. Skrubberin aşagynda kokslanma distilýatynyň agyr bölegi kondensirlenýär we reaktora 1 gaýdyp gelýär. Soňky gaz-benzin we niýetlenen gazoýl distillýatlaryna dargamaklyk prosesini aýratyn rektifikasion sütüninde 4 geçirilýär.

Koks akymy gyzyrdyryjydan sowadyjy klassifikatoryň 5 üsti bilen yzygiderli çykarylýar. Iri bölekli kokslar haryt hökmünde ulgamdan çykarylýar, beýleki bölegi owardylan halda ulgama gaýdyp gelýär.

Kokslanma reaktory çylşyrymly apparat bolýar (sur: 4). Koksyň emeli suwuklyk gatlagy apparatyň konus görnüşli 4 we silindr görnüşli 3 böleklerinde ýerleşýär. Apparatyň aşaky konus görnüşli bölegi emeli suwuklanma gatlagy üçin harçlanýan buguň mukdaryny azaltmak üçin hyzmat edýär. Apparatyň aşagynda buglaýjy seksiya 5 ýerleşýär, onuň aşaky bölegine, poroşok görnüşli koks ýylylyk görterijisini, kokslamanyň uglewodorod buglaryndan aýyrmak üçin suw bugy berilýär. Çig maly ýaýradyp, tozanladyp bermek üçin ulanylýan forsunkalar, koks gatlagynyň beýikligi boýunça birnäçe gatda ýerleşdirilýär. Iki desgalarda forsunkalaryň sany 100- e ýetýär.

Prosesiň esasy apparatlary Poroşok görnüşli koksly kokslama reaktory



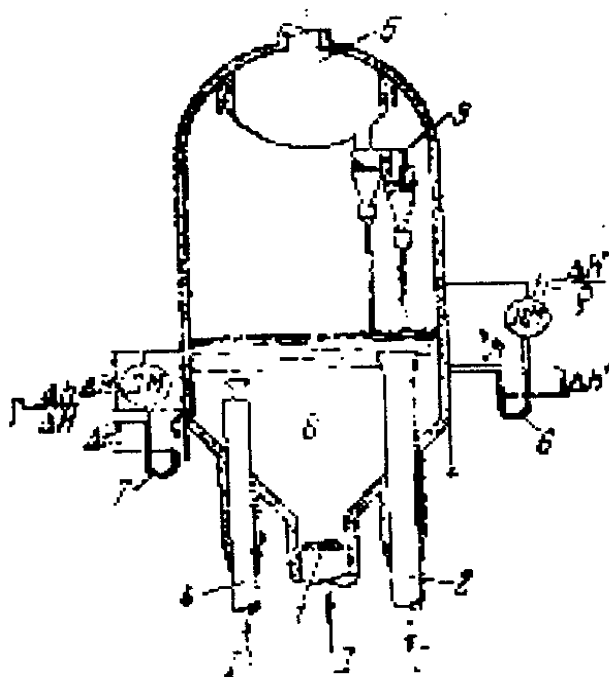
A-A'- gatlagyň derejesiniň çäkleri, 1- bug fazaly zona, 2- geçiriji konus, 3, 4- gaýnaýan gatlakly zona, 5- bugardyjy seksiya, 6- siklonlar, 7- strubber, I- çig mal, II- resirkulýat, III- koks ýylylyk görteriji, IV- kokslanma önümleriniň buglary, V- buglanma we emeli suwuklanma üçin berilýän suw bugy, VI- koksy ownatmak üçin berilýän ýokary basyşly suw buglary.

Reaktorlaryň ýokarky böleginiň daralan geçelgesi bolýar; geçiriji konusyň 2 aşagyndan ýokarsyna çenli gatlagyň beýikligi üýtgäp durýar; ýokarky bölegiň göwrümi 1 kokslanma önümleriniň buglary bilen, düzüminde az mukdarda koks bölejikleri bolan, bolýar. Bu bölejikleri aýyrmak üçin siklon ulgamlary 6 ulanylýar, ol ýerde bu bölejikler merkeze ymtylýan güýçleriň täsiri astynda diwara tarap ýönelýärler we siklonyň akdyryjylarynyň üstünden geçip, gaýnaýan gatlagga gaýdyp gelýärler. Reaktoryň ýokarky böleginiň barlygy gatlagyň üstündäki buglaryň tizligini ýokarlandyrýarlar; bu bolsa birinjiden kokslanmanyň buglarynyň ikilenji dargama reaksiýalaryny minimuma getirýär, ikinjiden bolsa buglardaky bölejikleriň konsentrasiýasyny ýokarlaýar, bölejikler bolsa siklonyň başlangyç diwarlaryna täsir edip, koks örtükleriniň emele gelmeginiň önüni alýar. Şeýle hem koksy gyzdýryjydan gyzgyn koks bölejikleriniň güýçli akymyny siklonyň başlangyç bölümüne pürküp bermek bilen koks emele gelmeginiň önüni alýar.

Reaktoryň buglaýjy seksiýasynyň aşaky bölegine ýokary basyşly bug berilýär we bug bilen koksyň iri bölekleri owradylýar, şeýdip sirkulirlenýän ýylylyk göterijiniň granul düzümi kadalardyrylýar.

Reaktoryň içki diwarlarynyň ýüzi gaýnaýan koks gatlagynyň bölejikleriniň täsiri astynda zaýalanýar. Uly apparatlary legirirlenen polatdan ýasamaklyk gymmat düşýär. Reaktoryň daşky diwaryny uglerodly polatdan ýasaýarlar we içini torket-beton gatlagy bilen örtýärler, galyňlygy 200 mm bolup iki gatladan, ýagny izxolýasiýa gatlagy we ýalyna çydamly galyňlygy 50 mm bolan armirlenen gözenekden ybaratdyr.

Koks gyzdýryjynyň gurluşy



1-ýaýradyjy gözenek; 2- koks-ýylylyk göterijisiniň guýulýan guýusy; 3- siklon; 4- koks berilýän hatar; 5- ýygnaýjy kamera we tüsse gazlarynyň çykalgasy; 6- gaýnaýan gatlag; 7, 8- differensial monometrler; I- koks ýylylyk göterijisi; II- howa; III- tüsse gazlary.

Ýaýradyjy gözenekden 1 gelýän howa bilen koks bölejikleriniň emeli suwuklanmasy amala aşyrylýar. Koks gyzdryjynyň içki diwary hem oda çydamly materiallar bilen örtülen bolýar. Ýanýan koks gatlagynyň derejesi döküji guýynyň 2 kömegi bilen kadalaşdyrylýar. Koks gyzdryjynyň ýokarky bölegindäki koks tozanjyklaryny iki basgançaklysiklonlaryň 3 kömegi bilen tutup alynýar, tüsse gazlary bolsa siklondan katýol-utilizatora berilýär.

Desga işe goýberilen wagtynda, ulgamy gyzdirmeklyk üçin ýokary basyşly ojak 13 (sur. 3.) hyzmat edýär. Ojak koksy gyzdryjynyň golaýynda ýerleşýär we onda suwuk ýa-da gaz görnüşli ýangyç ýakylýar. Ýanma önümleri ojagyň giňişliginden çykalgada berilýän howa mukdary bilen garyşýar. Howa mukdary emeli suwuklandyрма koks gatlagynyň emele gelmekligi üçin gerek bolýar. Garyndy koks gyzdryjynyň gözeneginiň aşagyna gelýär. Şeýlelik-de koks gatlagy 200-250°C temperatura çenli gyzdrylýar.

Koks ýanýan wagty uglerodyň ikili okisi CO_2 emele gelýär, ham-de doly ýanylmadyk wagtynda uglerodyň okisi CO emele gelýär. Koks gyzdryjynyň iş şertlerinde, ýagny ýokary temperaturada we kislorodyň artykmaç mukdary berilende uglerodyň okisi CO , uglerodyň ikili okisine CO_2 öwürülýär.

Koks reaktor bilen koksy gyzdryjynyň aralygynda aýlanyp durýar. Gatnadyjy gaz hökmünde suw buglary ulanylýar. Differensial monometr 7 gyzdryjynyň gatlagyndaky basyş üýtgemelerini görkezýär. Monometr 8 gatlagyň beýiklik derejesini kesgitlemek üçin ulanylýar.

Poroşok görnüşli koksyň ulanylyşy we maddy balansy

Düzümünde kükürt bolan poroşok görnüşli koks elektrotermiki prosesler üçin ulanylman, eýsem diňe ýangyç hökmünde ulanylýar. Käbir daşary ýurt zawodlarynda bu koksy tozan görnüşine çenli ownadýarlar we nebiti kowmak üçin peç ojaklarynda ýangyç hökmünde ulanýarlar. Poroşok görnüşli koksyň düzüminde köp mukdarda kükürdiň bolýanlygyny göz önünde tutup, ýanma önümlerinde köp mukdarda SO_2 - niň emele gelýänligini göz önünde tutup, bu koksy gazifisirlemeklik hödürlendi.

Bu maksat bilen koksy koks gyzdryjydan gazifikasiýa reaktoryna ugradýarlar, ol ýerde ýokary temperaturada koksy howa we suw buglary bilen işläp, ony "koks gazyna" öwürýärler. "Koksgazy" wodorodyň, uglerodyň oksidiniň we dioksidiniň, kükürtliwodorodyň we suw bugynyň garyndysyndan durýar. Koks gazyny kükürtli wodorotdan arassalaýarlar we ýangyç hökmünde ulanýarlar, onuň ýanma ýylylygy 3800-4800 kJ/m³.

Üznüksiz kokslama prosesini doly amala aşyrmak üçin enjamlaryň gurnalyşyny reaktordan çykýan koksy yzygider çykaryp bolar ýaly edip gurnamaly. Koksy yzygider çykaryp durmak pikiri poroşok görnüşli koksa öwürip çykarmak netijesine gelindi. Reaktor blogynda ýylylygy saklamak üçin koksyň bölejikleri ulanylýar, olar çig mal bilen täsire (kontakt) girip, ýuka gatlak bilen örtýär we ýene-de koks emele getirýär. Käbir uly bölejikleri bolsa ulgamdan çykarylýar.

Kokslama koks-ýylylyk saklaýjynyň üst ýüzünde geçýär. Bölegiň gyzgyn üstünde täsire girip, çig mal onuň üstüni ýuka plýonka ýaly edip örtýär.

Kokslamanyň uçýan önümleri üstünden aýrylýarlar we ýene-de dagamaga täsir edip bilýärler, onuň çuňlygy täsirleşme zonada uzak wagtlaryn galmak möhletine bagly bolup durýar.

Poroşok görnüşli koksyň suwuklandyrlan üstünde yzygider kokslamanyň kinetiki synagy bu prosesi üç basgançakda görkezmeliidigini görkezdi:

- 1) Önümiň dagamagynyň we galňamagynyň esasy agramyny tutýan kokslama;
- 2) Koksyň guradylmagy we köýdürilmegi netijesinde onuň düzümindäki uçujy madadlar aýrylýar;
- 3) Gaz fazadaky koks önüminiň dagamagynyň we galňamagynyň ikilenç täsirleşmesi.

Birinji basgançagyň tizligi çäkli we ikinji basgançagyň tizliginiň birneme ýokarlanmagyna täsir edýär. Ýylylyk saklaýan koks bölejikleri dykyz gatlakly gurluşy düzýär.

Ýylylyk saklaýjy koksyň ýokary temperaturasy we bölegiň gatlagyna berilýän suw buguny bölünme önümiň bugarmagyny ukyplaşdyrýar we olaryň bölejikleriň üstünden aýrylmagyny tizleşdirýär, şeýle-de önümiň ikilenç ulanmaga goýberilmegini togtadýar. Şonuň üçin üznüksiz kokslamada koksyň çykmagy haýal kokslamanyňkydan az bolýar.

Nebitiň 28 % gudronynyň 533 °S temperaturasynda we buglaryň reaktorda boýan dowamlylygy 10 sek. Deň bolan ýagdaýynda üznüksiz kokslamanyň maddy balansy (mas. %) aşakda görkezilen:

Gaz (C ₄ çenli)	10,1
Benzin (C ₅ – 205 °S).....	12,0
Fraksiýa > 205 °S.....	63,0
Koks.....	14,0
Ýitgiler.....	0,9

Kokslamany suwuk erginli gatlakda geçirmeklik daşary ýurtda we soýuz ýurtlarynda nebiti gaýtadan işleýän senagatynda katalitiki kreking prosesine meňzeş edip işlenilip başlanyldy.

Bölejigiň ortaça diametri 0,25 mm 1 kg bölejigiň üsti (bölejigiň üstiniň dykyzlygy 1000 kg/m³ bolanda) ≈ 24 m² deňdir, 7 mm ortaça diametrde bolsa jemi 0,86 m² deň bolýar. Bu ýerden çak tutsak ýylylyk saklaýjyda uşajyk bölejikleriň saklanmagy bilen onuň aýlawynyň takyklygy birsydyrgyn bolýar. Gaýnama gatlakly kokslama üçin bu görkeziji 7-8 kg/kg ýokary bolmaýar.

Gaýnama gatlakda kokslama geçirmekligiň pikiri çet we daşary ýurt nebiti gaýtadan işleýän senagatynda katalitiki kreking prosesinden soňrak ýüze çykdy. Ilkinji bu desgany 50-nji ýyllaryň ortalaryna işe goýberildi.

Kokslama prosesinde emele gelýän koksyň mukdary, çig malyň kokslanmasy esasynda kesgitlenilýär. Kokslama prosesinde, ähli emele gelýän gazoýl fraksiýalary täzedan kokslanmak üçin, resirkulýat hökmünde, ulgama gaýdyp gelýän ýagdaýynda, berlan çig maldan maksimal mukdarda koksyň çykmaklygy mümkin. Kokslanmanyň bu görnüşini koksa çenli kreking diýip

atlandyrýarlar; soňky önümleri- gaz, benzin, koks. Senagatda bu proses ulanylmaýar, sebäbi giň gazoýl fraksiýasyny has ýokary hilli önümleri almak bilen katalitiki ýa-da gidrokreking üçin ulanmaklyk tygşytly bolýar.

Ýokary smolaly galyndylar haýal kokslama prosesine sezewar edilende, çykýan koksyň mukdary kokslanýan çig önümiň 1,5-1,6 bölegine deňdir:

$$W_K = 1,5-1,6 K$$

Kokslamanyň galan önümleriniň çykýan mukdaryny kesgitlemek çylşyrymly bolýar, sebäbi resirkulýatyň gaýnama temperaturasy üýtgeýän ululyk bolýar, şonuň üçin hem alynýan distilýatlaryň iň agyrynyň hem gaýnamasynyň soňy üýtgäp durýar. Benziniň çykýan mukdaryny kesgitlemek üçin Ž.I.Sýunýaýew aşaky empiriçeski deňlemäni hödürledi:

$$B = \sqrt{\frac{\rho_{gal} - 0,940}{0,00019}}$$

Bu ýerde: B- benziniň çykýan mukdary (40-205°C), % (mass) çig mala görä; ρ_{gal} - berilen galyndy çig malyň otnositel dykzylygy.

W.L. Nelson boýunça benziniň we kerosin-gazoýl fraksiýalarynyň çykýan mukdary aşaky deňleme boýunça baglanyşykly bolýar:

$$B = \frac{\frac{248}{\rho_{gal}}}{\frac{212 - 169}{\rho_r}} - B$$

Bu ýerde: B- kerosin-gazoýl fraksiýalarynyň çykýan mukdary (510°C), % (göwr); ρ_r we ρ_{gal} - kerosin gazoýl fraksiýasynyň we çig malyň dykzylygy; B- benziniň mukdary (204°C), % (göwr).

Egar-de çykýan koksyň benziniň we giň kerosin gazoýl fraksiýalarynyň mukdary kesgitlenilse, onda tapawudy boýunça gazyň çykýan mukdaryny takmynan hasaplap bolýar:

$$\Gamma = 100 - W_K - B - B$$

Gaýnama gatlakly koks öndürýän desganyň beýany

Gaýnama gatlakda kokslam desgasyň ýorite çyzgysy berlen. Koks-ýylylyk saklaýjy (iri koks bölejiklerini diametri 0,075-0,3 mm) yzygider reaktor ulgamyndan 2 koksýyladyja 3 sirkulirleýär. Desganyň ikisi hem gaýnama gatlaklynyň düzgüni boýunça işleýär. Gaýnama gatlakly koksyň reaktorynda bugyň we gazyň kömegi bilen kokslamada emele gelen suw bugyny aşak göýberýärler. Koksýyladyjyda howa goýbermek bilen gaýnama gatlagyny emele getirýärler, şonda koksyň bir bölegi ýanýar, beýleki galan massasy 600-620 °S çenli gyzdýrylýar.

Gurluşda çig maly gyzdýrmak üçin niýetlenen turbaly peç ýok – çig mal reaktora haýal temperatura bilen (300-350 °S) wakum gurluşdan ýa-da

ýylylykçalyşygyda gyzdyrlandan soň goýberilýär. Koksyň emeli suwuklama gatlagynyň beýikligine deň derejede üfleýji ulagamyň üsti bilen çig mal reaksiýa zona berilýär. Koks tozanjyklaryndan arassalamak üçin koks gazlary we bug siklon görnüşli seperatorlaryň ulgamlarynyň üstünden geçýär we skrubber barýar. Beriji liniýalaryň koks bilen örtülmeginiň önümi almak üçin skrubber-kondensator 1 , gönümel reýaktoryň üstünde ýerleşdirilýär. Sirkulirlenýän aýlow suwlanmanyň berýän ýylylygy esasynda skrubberiniň aşaky böleginde kokslama distilýatynyň has agyr bölekleri kondensirlenýär, bu kondensaty reaktora 1 gaýtaryp getirýärler. Soňky gapdal önümlere (gaz+benzin we niýetlenen gazoýl distilýatlary) dargamaklyk prosesi aýratyn rektifikasiýa sütüninde 6 alnyp barylýar.

Koks akymy koksy gyzdyryjydan üznüksiz yzygiderli ýagdaýda sowadyjy-klassifikatoryň 5 üsti bilen çykarylyp durulýar. Bölejikleriň ölçegleri boýunça toparlara bölünmegi (balans koksy görnüşinde has iri kokslaryň çykarylmany bilen, bir bölegini owratmak we ownuk böleklerini ulgama gaýtaryp getirmek bilen) reaktor blogynyň içinde amala aşyrylýar.

Agyr nebit çig malynyň kokslamasy

Kokslama desgalaryndaky artykmaç ýylylygyň ep-esli mukdarda çykýanlygy sebäpli bu prosesi köp mukdarda ýylylyk talap edýän nebiti gönümel kowma prosesi we nebitiň beýleki gaýtadan işleýän prosesleri bilen kombinirlemeklige mümkinçilik döreýär. Aşakdaky görkezilen suratda atmosfera basyşynda kowýan desganyň we kokslama prosesiniň kombinirlenen desgasyň kokslama blogynyň tilsimat çyzgysy görkezlendir, öndüriligi bir ýylda 3 mln tonna nebit öndürýär.

Desganyň esasy aýratynlygy – mazuty gönümel kowmak üçin kokslama blogynda alynýan artykmaç ýylylyk mukdarynyň ulanylmagy.

Atmosfera astynda kowma blogy adaty ýagdaýda nebitiň iki basgançakly gyzyrmaklyk ulgamyndan durýar: ýylyk çalyşygy aparatlarda gyzyrlyan nebit önürti guradyjy sütünden geçýär, ol ýerde benzin fraksiýalary aýrylýar. Ýarymmazut peçde gyzyrylýar we esasy rektifikasiýa sütünine berilýär, sütüniň aşagyndan gyzgyn mazudy aýyrýarlar.

Esasy sütüniň aşagyndan çykarylýan gyzgyn mazut parsial kondensatora K-1 gelen wagtynda, mazutdan uglewodorotlaryň giň fraksiýalary kowlup aýrylýar; şol bir wagtyň özünde reaktordan P-1 510-540 °S temperaturada çykýan kokslamanyň bug görnüşli önümleri sowadylýar we kondensirlenýär. Parsial kondensatoryň K-1 aşaky bölegindäki galyndynyň düzümi aşaky görnüşden durýar, ýagny reaktor P-1 ýüklenýän ýüki bolup durýan agyr reserkuýatdan we gudronyň garyndysyndan ybarat bolýar.

Sütüniň K-2 (bu ýerde kokslama önümleri dargadylýar) aşagyndan çykýan fraksiýa kokslamanyň agyr kowmasyndan (mazutdan) we agyr gazoýldan durýar. Ýeňil gazoýly gapdal önümi hökmünde sütünden K-2 (K-3 sütüniň üsti bilen) alynýar; benziniň buglary we gaz bolsa K-2 sütüniň ýokarsyndan aýrylýar we kondensator - sowadyjyda sowadylandan soňra gaz separatorynda E-1 dargadylýar.

Wakuum turbaly desganyň gurulmazlygyna diňe bir ýagdaýda ulgam mümkinçilik döredýär, ýagny nebit ýangyç ulgamy boýunça gaýtadan işlenende, giň agyr fraksiýasy bolsa katalitiki krekinge ugradylan ýagdaýynda.

Aşakda koksyň emeli suwuklanma gatlakly kokslama blogyň adaty tilsimat düzgüni görkezilýär:

Reaktor

Gatlakdaky temperatura, °S.....	510-540
Gatlak üstündäki basyş, MPa.....	0,14-0,16
Ýüklenýän ýüküň massa tizligi, kg/(kg.sag).....	0,6-1,0
Koks ýylylyk göterijiniň wagtyň dowamlylygy, min	
gatlakda.....	6-12
buglaýjy seksiyada.....	≈ 1
Bugyň gatlagyň üstündäki bolýan wagtyň dowamlylygy, sek.....	10-20
Gatlagyň üstündäki buglaryň tizligi, m/sek.....	0,3-0,5
Koksyň sirkulýasiýa gatnaşygy, kg/kg.....	6,5-8,0

Koksy gyzdryjy

Gatlakdaky temperatura, °S.....	600-620
Gatlak üstündäki basyş, MPa.....	0,12-0,16
Koks ýylylyk göterijiniň gatlakda bolýan wagtyň dowamlylygy, min.....	6-10
Gatlagyň üstündäki tüsse gazlarynyň tizligi, m/sek.....	0,5-0,7
Koksyň öndüriljekli ýanmagy, kg/sag	
1 tonna gatlagy göre	30-40

Sada we kombinirlenen çyzygylary derňemeklik esasynda kreking reaksiýasyna harçlanýan ýylylyk we çig maly kokslama temperaturasyna çenli gyzdymaklyk üçin harçlanýan ýylylyk emele gelýän (balans) koksyň ep-esli mukdaryny ýa-da bir-az mukdaryny koksy gyzdryjyda P-2 ýakmaklyk netijesinde alynýar.

Kokslama blogunyň maddy we ýylylyk balanslarynyň görkezmegine göre, dykzlygy $\approx 1000 \text{ kg/m}^3$ bolan gudron gaýtadan işlenende koksy gyzdryjydaky ýakylýan koksyň mukdary umumy çykýan koksyň mukdaryna göre takmynan dört esse az bolýar. Şeýlelik-de, potensialyny kokslama desgany haryt hökmünde koksy çykarman hem işläp bilýär, ýagny çykýan balans koksyň ähli mukdaryny ulgamyň içinde doly ýakýar.

Kükürtli tozan görnüşli koks esasan hem diňe ýangyç hökmünde ulanylýar we elektrohimiýa prosesler üçin ulanylmaýar. Käbir daşary ýurt zawodlarynda bu koksy tozan görnüşine çenli ownadýarlar we nebiti gönümel kowmak üçin hem-de katýol agregatlarynda peç ojaklarynda ýakýarlar. Yanma önümlerinde SO_2 –niň ep-esli mukdarynyň emele gelmekligine mümkinçilik döredýän koksyň

düzümindäki kükürdiň ýokary mukdaryny göz önünde tutup, bu koksy gazlaşdyrmaklyk teklipe edildi.

Bu maksat üçin koksy koksyzgyzdyryjydan gazifikasiýa reaktoryna ugradýarlar, ol ýerde ýokary temperaturada koksy howa (kislorod) bilen we suw bugy bilen işleýärler hem-de koks gazy diýip atlandyrylýan gaza öwürýärler. Bu gaz wodorodyň, uglerodyň oksidiniň we dioksidiniň, kükürtli wodorodyň we suw buglarynyň garyndysyndan durýar. Koks gazyny kükürtliwodoroddan arassalaýarlar we ýangyç hökmünde ulanýarlar, onuň ýanmaklyk ýylylygy gaty bir ýokary däl – 3800-4800 kJ/m³.

Emeli suwuklanma gatlagynda kokslanmagyň maýyşgaklygy bu prosesi dürli görnüşli wariantlarda ulanmaklyga mümkinçilik döredýär. Çig maly turbaly peçsiz gyzydymaklyga mümkinçilik döreýänligi sebäpli kokslamanyň çig maly üçin hat-da dykzlygy 1000 kg/m³ ýokary bolan bitum görnüşli galyndylary hem ulanmaklyga şertler döredýär. Emeli suwuklanma gatlagynda kokslanma esasan hem düzüminde ýokary kükürt mukdarly çig mallar üçin ulanylýar. Bu ýagdaýda koksyň düzüminde agyr metallar we çig malyň düzümindäki kükürdiň 30-40 % çenli mukdary konsentrirenýär. Emele gelen distilýatlary örän az ekspluatasion harajatlar bilen nebit galyndylaryny gönümel gaýtadan işlemeklige görä katalitiki gaýtadan işlemeklige (meselem, gidrokreking) sezewar edip bolýar.

Kokslama prosesinde emele gelýän koksyň mukdary, çig malyň kokslanmasy esasynda kesgitlenilýär. Kokslama prosesinde, ähli emele gelýän gazoýl fraksiýalary täzeden kokslanmak üçin, resirkulýat hökmünde, ulgama gaýdyp gelýän ýagdaýynda, berlan çig maldan maksimal mukdarda koksyň çykamaklygy mümkin. Kokslamanyň bu görnüşini koksa çenli kreking diýip atlandyrýarlar; soňky önümleri- gaz, benzin, koks. Senagatda bu proses ulanylmaýar, sebäbi giň gazoýl fraksiýasyny has ýokary hilli önümleri almak bilen katalitiki ýa-da gidrokreking üçin ulanmaklyk tygşytly bolýar.

Belli bolşy ýaly has ýokary hilli iňne görnüşli koks distillýat çig malyndan alynýar. Bu görnüşli koks çig malyň düzümindäki polisiklli aromatiki uglewodorodlaryň ýokary konsentrasiasynyň bolmaklygyna bagly bolýar. Hýal we üzüksiz kokslama prosesleriniň maddy balansy öz aralarynda tapawutlanýar. Aşaky jedwelde dürli usullar bilen kokslama prosesi geçirlende emele gelýän koksyň mukdary görkezilendir.

Çig malyň kokslanşy, % (massa)	Otnositel dykzlyk		Çykýan koks, % (massa)		
	Aralyk esasyň çig maly	Kreking-galyndynyň we asfalten esasly çig mal	Haýal kokslanma	Emeli suwuklanma gatlagyndaky kokslanma	Koksa çenli kreking
5	0,901	0,925	8,5	3,0	22
10	0,962	0,975	18,0	11,5	37
15	1,003	1,017	27,5	17,0	40
20	1,031	1,043	35,5	23,0	45
25	1,052	1,062	42,0	29,0	48
30	1,062	1,079	-	34,5	-
40	-	1,100	-	46,0	-

Dürli çig malda işleýän haýal kokslama desgasyň maddy balansy

Çig mal	Çig malyň dykyzlygy	Çig malyň koks-lanyşy % (mass)	Çykym % (mass)					Ýitgi % (mass)
			Gaz	Benzin (b. g.-205 °S)	Ýeňil gazoýl (205-350 °S)	Agyr gazoýl (>350 °S)	Koks	
Mazut	0,950	9,9	4,5	7,5	40,0	29,0	15,0	4,0
Ýarym gudron	0,965	12,6	6,0	12,0	30,0	26,0	22,0	4,0
Gudron	0,991	16,0	7,0	16,0	26,0	23,0	24,0	4,0
Kreking-galyndy ýeňilleşdirilen agyrlaşdyrylan	1,012	20,0	7,5	7,0	17,0	32,0	32,0	4,5
	1,024	23,0	8,0	6,8	12,0	35,0	35,0	3,2

Dürli mukdarda koksyň çykmaklygy üznüksiz kokslama prosesinde ýylylykgöterijiniň ýokary temperaturasynyň barlygy sebäpli emele gelýän dargama önümleri onuň üstünden çaltlyk bilen aýrylýar. Ilkinji dargamanyň agyr önümleriniň bir bölegi ýeňil frekssiýalara dargap ýetişmeýär, şeýle hem ýylylyk göterijiniň bölejikleriniň üstünde goşmaça smolaly koks çökündilerini çökdüriş ýetişmeýär we reaksiýa zonasyndan bug görnüşinde beýleki dargama önümleri bilen çykarylýar.

Gurum

Gurum diýip ugleroddan durýan organiki maddalaryň termiki dargamaklygyndan ýa-da doly ýanmazlykdan emele gelýän ýaly ownujak önümlerine aýdylýar. Elektron mikroskobynyň gözegçiligi netijesinde gurum bölejikleriniň ölçegleri 9 mmk- dan 600 mmk çenli (90-6000 Å) bolýanlygy kesgitlenildi. 1Å = 10⁻⁸ sm, ýa-da 0,0000001 mm deň ýa-da 0,1nm (nonometr). Gurumyň gurluşy köprüjik ýa-da azraýyk uzap gidýän zynjyrdan durýar, oňa gurumyň strukturasy diýilýär we ol aşakdaky görnüşi eýeleýär:

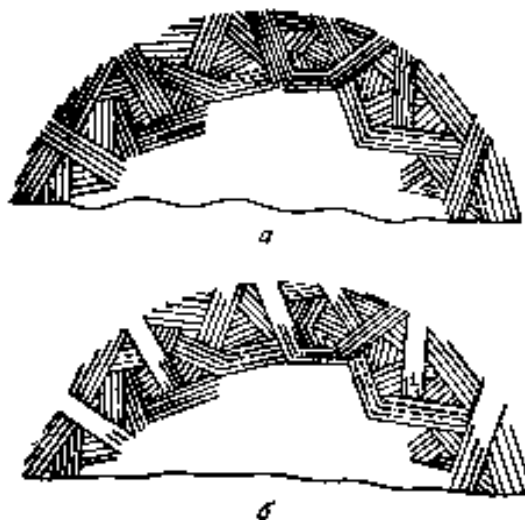
Gurumyň gurluşy



a) gurumly zynjyr; b) gurumyň aýratyn bölegi.

Köp halatlarda gurum bölejikleriniň köp bölegi sferiki görnüşe eýe bolýar. Gurumyň köp bölekleriniň üstki görnüşideňeşdirilende tekiz bolýar (a-surat), ýöne gurumyň bölekleriniň üsti kähalatda бүдүр-сүдүр hem bolup bilýär (b-surat).

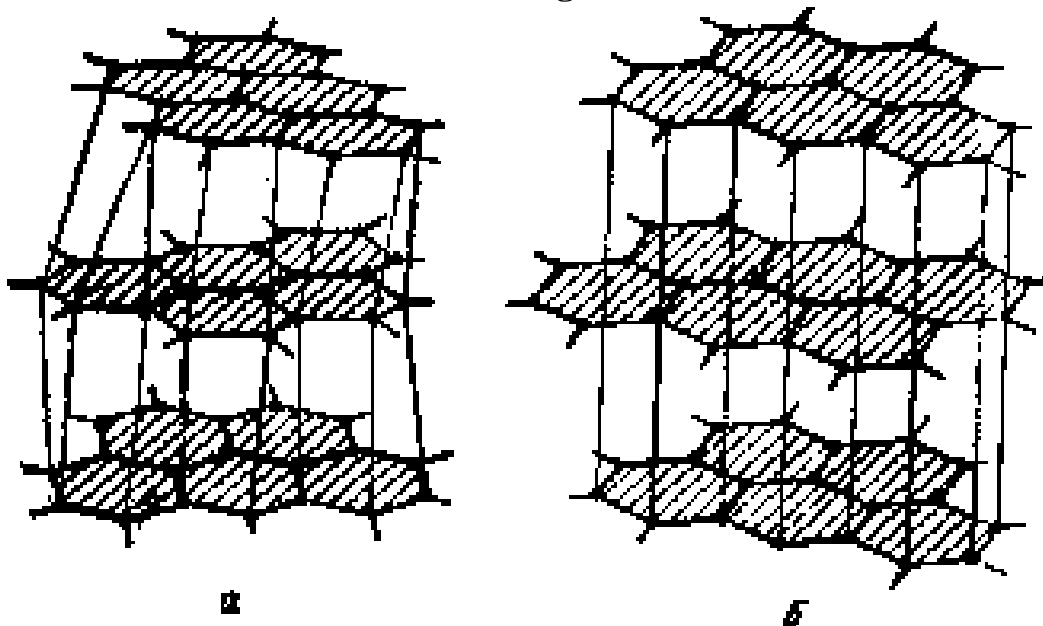
Gurum bölejiklerini üstki görnüş



a) tekiz; b) бүдүр-сүдүр.

Gurum bölejikleriniň gurluşy ýeterlik derejede öwrenilmedik. Synag geçirýänleriň köpüsi gurum bölejiklerini tertipsiz ýerleşen kristal bölejikleri ýaly göz önüne getirýärler, ol köplenç 3-5 garşydaş (parallel) tekiz ýerleşen germewli uglerod atomyndan durýar. Asetilenli gurum mysal üçin 7 we ondan hem köp germewli uglerod atomyndan durýar. Uglerod atomynyň kristalynyň her bir gatlagynyň üstünde deňje altyburçlyk ýerleşen (a-surat). Garşydaş ýerleşen altyburçlygyň üstüniň aralygy $2,45-2,58 \text{ \AA}$, garşydaş ýerleşen atom gatlagynyň tekizliginiň arasyndaky aralyk bolsa $3,45-3,65 \text{ \AA}$ deň bolýar. Kristaldaky dykyz germewler biri-birine her-hili ýerleşen, bu hem gurum bölejikleriniň strukturasynyň tertipsiz ýerleşmegini has-da ýokarlaýar (b-surat).

Kristalliki germewler



a-gurumlar; b-grafit.

Gurum bölejikleriniň arasynda atomyň tekiz germewi ýerleşen, ol başga tekiz germew bilen parallel ýerleşmedik, oňa täk gatlaklar diýulýär, ondaky bar bolan uglerod atomynyň zynjyry ulgam hataryna doly ugruklandyrylmadyk.

Gurum bölejikleriniň görnüşi şar görnüşli bolýar. Gurum bölejikleriniň diametriniň ortaça arifmetiki bahasy:

$$d_n = \frac{\sum n_i D_i}{\sum n}$$

Gurum bölejikleriniň ortaça diametrini gurumyň udel üstüni gazlary we buglary adsorbsiýa usuly bilen, erginlerden durýan maddalary adsorbsiýa usuly bilen we kolorometriki usuly bilen almak bolýar. Eger-de gurumyň udel üsti belli bolsa, onda gurum bölejikleriniň diametri deňdir:

$$d_A = \frac{60\,000}{pA}$$

bu ýerde d_A – gurum bölejikleriniň ortaça diametri, Å⁰;

p – gurumyň otnositel dykzlygy;

A – udel üsti, m²/g

Dürli görnüşli gurumyň bölejikleriniň ululygy we udel üsti uly gerimde üýtgäp durýar:

**Elektronly mikroskobyň kömegi arkaly ölçenilen gurumyň
gurum bölejikleriniň ortaça diametri we gurumyň dürli görnüşiniň udel üsti**

Gurumyň görnüşü	Bolejikleriň ortaça diametri mmk	Udel üsti m²/g
Kanally laklar boýaglar üçin..... rezinler üçin.....	9-35 32-25	250-100 90-110
Antrasenli.....	32-39	85-75
Asetilenli.....	35-45	70-60
Aktiw peçli SPF örnüşli.....	35	75-80
SAF görnüşli.....	18-23	140-130
ISAF görnüşli.....	25-30	115-105
GRF görnüşli.....	30-35	80-70
PM-70 we HAF görnüşli.....	28-35	85-70
Ýarymaktiw peçli PM-50 we FEF görnüşli.....	35-40	50-40
PG-33, PGM-33, PGM-30 we GPF görnüşli.....	70-50	30-40
Forsunkaly.....	65-80	35-25
Lampaly.....	150-120	14-18
Ýuka termiki.....	140-150	20-16
Termiki.....	280-320	10-8

Gurumyň düzüminde ýokardaky elementlerden başga-da oňa önümçilik proseslerinde düşýän mineral galyngylarynyň mukdary we gurum bölejikleriniň üstünde adsorbirlenen gazyň we suw buglarynyň käbir mukdarlaryny görmek mümkin. Gurumyň dürli görnüşiniň elementar düzümi aşakdaky jedwelde berlen:

Gurumyň dürli görnüşiniň elementar düzümi

Gurumyň görnüşü	Elementleriň düzümi,			
	uglerod	wodorod	kislород	kükürt
Kanally laklar boýaglar üçin..... rezinler üçin.....	88,6-93,7 94,5-94,0	0,7-0,8 0,5-1,0	5,5-10,5 3,0-4,5	- 0,0-0,2
Antrasenli.....	94,5-94,5	0,9-1,1	2,5-3,5	0,4-0,6
Aktiw peçli PM-70.....	97,5-98,5	0,2-0,3	0,5-1,0	0,3-0,9
Ýarymaktiw peçli PM-50 we FEF görnüşli.....	98,0-98,5	0,4-0,5	0,6	0,1
PGM-33, PM-30 we GPF görnüşli	98,6-99,1	0,4	0,2-0,3	0,2-0,5
Forsunkaly.....	98,3	0,7	0,4	0,5
Lampaly.....	99,0	0,5	0,1	0,3
Termiki.....	99,3-99,5	0,4-0,5	0,1	-
Asetilenli.....	99,7-99,8	0,1	0,1	-

Dürli görnüşdäki gurumyň hakyky göwrüm agramy $1750-2000 \text{ kg/m}^3$ çäkke bolýar, onda gurumyň öz bolaýjak göwrüm agramy $100-350 \text{ kg/m}^3$ düzýär. Bu diýildigi, 1 m^3 gurumyň düzümini $0,05-0,2 \text{ kg/m}^3$ uglerod tutýar, başga galan bölegi bolsa howadan ybarat bolup durýar.

Gurumyň senagatda ulanylyşy

Gurum esasy hem rezin önümçiliginde giňden ulanylýar (kalçukdan soňra ikinji orunda durýar). Rezin önümçiliginden başga-da lak-boýag, poligrafiki önümçiliginde we senagatyň beýleki pudaklarynda ulanylýar.

Öndürilýän küňň 80% köpüsi rezin önümçiliginde ulanylýar. Rezin garyndysyna gurum goşulanda, olaryň mehaniki berkligi ýokarlanýar, diýmek rezin önümçiliginiň ulanylýan möhleti artýar. Kauçugy gurum bilen berkitmegiň mehanizmi ýeterlik derejede öwrenilmändir. Ýeke täk takyk öwrenileni gurumyň berketmek ukyplylygy onuň bölejikleriniň ululygyna baglylygy bolup durýar. Gurum bölejikleriniň ortaça diametri näçe kiçi boldugyça, şonça-da onuň udel üsti uly bolýar. Gurumy kauçuga goşanymyzda zynjyrlý (цепочные) we setkaly (сетчатые) struktura ýüze çykýar. Kauçugyň düzüminde gurumyň köpelmegi bilen berk baglanyşykly struktura ýüze çykýar. Şeýle strukturanyň hasabyna gurum bölejikleriniň arasynda berk baglanyşygy ýüze çykarýar – kauçuk hem şonuň hasabyna berkleşýär.

Gurumyň görnüşleri

Gurumyň esasy görnüşlerini: kanal gazly görnüşli, peç gazly görnüşli, tebigy gazlardan alynýan termiki görnüşli. Peç gazly küli tebigy gazlardan ýa-da ýaglardan alynýar. Gurumyň peç gazly görnüşini kähallatlarda tebigy gazdan we nebit ýagyndan alýarlar;

Peç gurumy - suwuk hilli çig mallardan gurum emele gelmek prosesiniň temperaturasyňa çenli ýanyjy gazlary ulanmak bilen alynýar.

Antrasen gurumy - koks gazy bilen daş kömür uglewodorodlarynyň buglarynyň garyndysyndan alynýar. Başga-da ýokary hilli laklary we kraskalary almak üçin asetilenli gurum ulanylýar.

Her bir gurum aýratyn fiziki we himiki häsiýetlere ýe bolýarlar. Gurumyň wajyp fiziki-himiki häsiýetleri bolup dispersiýa derejesi, gurumyň gurluşynyň häsiýeti (zynjyrdaky), wodorodyň we kislorodyň düzümi hyzmat edýär. Gurumyň her bir görnüşli dürli ölçegli bölejiklerden durýar. Şeýlelikde, kanal gazly, antrasenli we peçli hereketjeň gurumlaryň bölejikleriniň ölçeg diametri 10-dan tä 100 mk, peçli gazlynyňky - 10-dan 140 mk, forsunkalyňky – 25-den 300 mk çenli bolýar.

Ýene-de has birsydyrgyn gönüşe eýe bolýany lampaly gurum bölejikleriniň diametri 25-den 400 mk we termiki gurum bölejikleriniň diametri 50-den 550 mk bolup bilýär.

Gurumyň udel üsti gönüden-göni dispersiýa derejesine bagly bolýar. Gurum bölejikleriniň ölçegi näçe kiçi boldugyça, şonça hem onuň udel üsti uly bolýar.

Gurumly suw garyndysynyň üstüniň häsiýeti wodorod ionlarynyň konsentrasiýasyny häsiýetlendiriji ululyk P^H boýunça häsiýetlendirilýär. $P^H > 7$ bolanda kül esas häsiýetine eýedir.

P^H ululygyň bahasy näçe pes bolsa, şonça hem gurumyň düzüminde çygyň mukdary köp bolýar. P^H ululygy pes bolan gurum rezin galyndylarynyň wulkanizasiýalaryny peseltýär, esas häsiýetli gurum rezin galyndylarynyň wulkanizasiýasyny peseldýär, esas häsiýetli gurum wulkanizasiýa prosesini tizleşdirýär.

Gurumy öndürmekligiň usullary

Gurum önümçiliginiň senagat usullary, ýokary temperaturanyň täsiri astynda uglewodorodlaryň dargamaklygyna esaslanandyr. Gurumyň emele gelmeginiň bir usuly ýanýan çig malyň oduna çäklendirilen howa täsir etdirmek bilen alynýar, başgabiri bolsa howa täsir etdirmezden çig maly termiki dargatmak arkaly alynýar. Gurumyň käbir görnüşleri uglewodorodlary sintezlemekde emele gelýän önümlerinden alynýar, meselem, metandan asetilen sintezlenen wagty gurum emele gelýär. Howanyň çäkli mukdarynda çig maly ýakmaklyk bilen gurumyň alynmagy esasan hem iki usul bilen ýerine ýetirilýär. Bu usullaryň biri dürli görnüşli gorelkaly peçlerde çig mallaryň ýakylmagy bilen ýerine ýetirilýär. Ikinji usulynda bolsa ýörite demir desgada ýerleşdirilen gorelkanyň kömegi bilen çig maly ýakýarlar. Iki usulda hem gurumyň emele gelmegi ýanýan çig malyň ýalynynda geçýär, şeýlelikde çig malyň bir bölegi çig malyň galan böleginiň ýanmagy üçin gerek bolan temperaturany emele getirmek bilen ýanýar.

Soňky döwürde çig maly dagytmak üçin gerek bolan temperaturany ýangyjyň bir bölegini ýakmak bilen almak ulanylman, eýsem başga haýsydyr bir ýangyjy ulanmak ýola goýuldy. Has elýeter ýangyç bolup tebigy gaz we nebiti gaýtadan işlenende köp mukdarda alynýan alynýan nebitli pirolizli gaz bolup durýar. Kähalatlarda şeýle maksat üçin haýsydyr bir arzan suwuk nebitli ýangyç ulanylýar. Şeýle usulda gurum alynanda reaktorlar we peçler iki zonadan ybarat bolup durýar. Olaryň birinde gaz ýa-da suwuk ýangyç köp boladyk howanyň täsirinde ýakýarlar, ýanýan gaçyň ýalynly beýleki bir zonasyna bolsa gyzdrylan, kähalatda bugardylan çig mal guýýarlar.

Şeýle usulda gurum alynanda çig maly ýakyp alandakydan önüm köp alynýar. Şeýle hem, bu usuly sazlamak ýeňil bolýar we gurumyň dürli görnüşini almak mümkin.

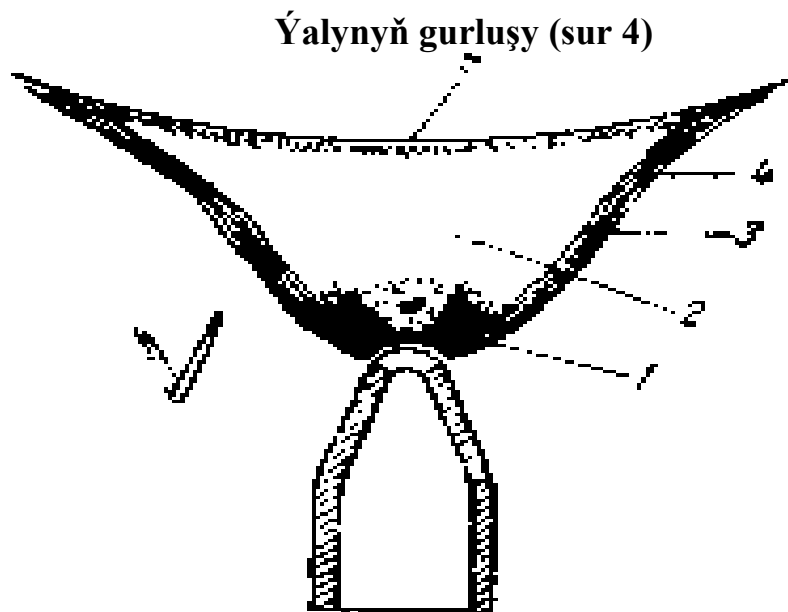
Gurum emele gelmek prosesiniň nazary esaslary

Ýanmak we ýalyn

Ýanmak diýip, maddanyň kislorod bilen birleşmegi netijesinde (ýa-da başga gaz bilen), ýylylyk bölünip çykmagy bilen odyň emele gelmegine aýdylýar. Ýanma prosesiniň başlamagy üçin, ilki bilen ýanyjy madda ot alma temperatura çenli gyzdrylmalydyr. Haçan-da, maddanyň ýanmagy netijesinde onuň ýanma temperaturasyny goldaýan ýeterlik derejede ýylylyk bölünip çykan ýagdaýynda,

ýanma prosesi dowam etdirip bilýär. Temperatura şol derejeden pese gaçanda ýanma kesilýär.

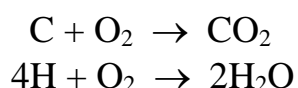
Ýanma prosesiniň mehanizmi ýeterlik derejede öwrenilmedik. Ýananda ýanyjy maddanyň molekulasy bölünip çykýar, bölejikleri soň kislorod bilen birleşýärler diýip çak edilýär.



- 1- içki bölegi; 2- ortaky bölegi; 3- daşky bölegi;
4- ýanma fronty; 5- sowadýan üsti

Gurumy gaz görnüşli we suwuk, kä halatlarda gaty uglewodorodlardan alýarlar; suwuk we gaty uglewodorodlar ýananda bug ýagdaýyndaky görnüşe geçýärler. Gurum alowlap ýanýan ýalyndan alynýar. Şeýle ýalyn üç bölekden durýar.

Suwuk ýa-da gaty uglewodorodlar ýalynyň içki böleginde bug ýagdaýyndaky görnüşe geçýärler. Ýalynyň şu böleginde ýokary temperaturanyň täsir etmegi netijesinde ýanyjy maddanyň molekulasyň bölünip çykmagy bolup geçýär. Ýalynyň ortaça bölegini uglewodorodly radikallar, uglerod bölejikleri we wodorod tutýar. Uglerodyň köz ýaly bölejikleri ýalynyň bu bölegini ýagtylandyrýar. Ýalynyň içki böleginden kislorodyň we termiki dagadylan ýanyjy maddanyň (uglerodyň we wodorodyň) önümleri geçýär, olaryň netijesinde kömürturşy gazlary suw buglary emele gelýärler:



Şu reaksiýanyň netijesinde çykýan ýylylygyň hasabyna ýanyjy maddalar iň ýokary temperatura çenli dargaýarlar.

1 kg uglerodyň doly ýanmaklygy üçin 1,87 m³ kislorod ýa-da 8,91 m³ howa talap edilýär; 1 kg wodorodyň doly ýanmaklygy üçin bolsa – 5,55 m³ kislorod ýa-da 26,47 m³ howa talap edilýär.

Ýangyjy maddanyň doly ýanmaklygy üçin howany berlen mukdardan köpräjik ulanmaly bolýar, seböbi kislorodyň barysy ýanmada harçlanylmaýar. Howanyň ýeterlikli berilmedik ýagdaýynda ýangyjyň doly ýanmagy üpjün edilmeyär; uglerod şonda iki oksidi emele getirmeyärde ol uglerod oksidini emele getirýär; onda 1 kg ugleroda 0,93 m³ kislorot harçlanýar, beýle diýildigi doly ýanmaklyk üçin iki esse az bolýar.

Ýangyjyň doly ýanmaklyk prosesini ýeňil hasaplamak mümkin. Ýagny proses üçin gerekli howanyň mukdaryny we ýanma önümleriniň (uglerodyň ikiliokisi, kükürdiň ikiliokisi we suw bugy) mukdaryny hem-de ýanma önümleriniň temperaturasyny eger-de bir birlikde ýanýan ýangyjyň mukdary belli bolsa.

Bu kesgitlemeleri ýangyjyň ýanma prosesiniň maddy we ýylylyk balansy esasynda kesgitlep bolýar. Maddy balansy ýanmaklyga gatnaşýan maddalaryň umumy massasy ýanma önümleriniň umumy massasyna deňligine esaslanyp düzýärlär.

Maddy balansyň esasynda dört sany deňleme düzülýär: uglerodyň balansy, kükürdiň balansy, wodorodyň balansy we kislorodyň balansy.

Bu deňlemelerde kislorodyň, howanyň mukdary, emele gelýän uglerodyň ikiliokisiniň we kükürdiň ikiliokisiniň mukdary hem-de suw buglarynyň mukdary belli däl ululyk hasaplanylýar. Dört näbellili dört deňleme ulgamynyň çözgüdi bu näbelli ululyklary kesgitlemäge mümkinçilik döredýär.

Şeýle hasaplamalaryň esasynda ýangyjyň doly ýanmaklygy üçin gerekli howanyň mukdaryny kesgitlemäge formulalary düzüp bolýar.

Suwuk ýa-da gaty ýangyç üçin (m³/kg)

$$9C + 26,9H + 3,4O + 3,4S$$

Bu ýerde C, H, O we S – uglerodyň hodorodyň, kislorodyň we kükürdiň ýangyçdaky agram göterim mukdary.

Gaz görnüşli ýangyç üçin (m³/m³)

$$1,0476 \left(\frac{H_2 + CO}{2} + 2CH_4 + 3C_2H_4 + 3,5C_2H_6 + 4,5C_3H_6 + 5C_3H_8 + \right. \\ \left. + 6,5C_4H_{10} + 8 C_5H_{12} - O_2 \right)$$

Bu ýerde H₂, CO, CH₄, C₂H₄, C₂H₆, C₂H₄, C₃H₆, C₃H₈, C₄H₁₀, C₅H₁₂ we O₂ – wodorodyň, uglerodyň okisiniň, metanyň, etanyň, propeniň, propanyň, butanyň, pentanyň we kislorodyň 1 m³ gaz görnüşli ýangyçdaky göwrüm göterim mukdary.

Gurum emele gelmeklik prosesiniň ýylylyk balansy energiýanyň hemişelik kanunyna esaslanandyr: ýanmaklyk prosesine gatnaşan maddalaryň umumy ýylylyk mukdary ýanma önümleriniň ýylylyk mukdary bilen daş töwerege ýitýän ýylylyk mukdarynyň jemine deňdir. Ýangyjyň we howanyň temperaturasy belli bolýar. Ýylylyk balansy düzülen wagtynda Mendeleyewiň formulalary ulanylýar.

Gaz görnüşli çig mal üçin (kkal/m³)

$$Q = 30,4\text{CO} + 25,8\text{H}_2 + 25,3\text{CH}_4 + 143,2 \text{C}_2\text{H}_4 + 136,0 \text{C}_2\text{H}_2 + 170 \text{C}_n\text{H}_m$$

Bu ýerde CO, H₂, CH₄, C₂H₄, C₂H₂, C_nH_m – görkezilen maddalaryň çig maldaky göwrüm göterim mukdarlary.

Suwuk we gaty çig mal üçin (kkal/kg)

$$Q = 81\text{C} + 300\text{H} - 26(\text{O} - \text{S}) - 6(9\text{H} + \text{H}_2\text{O})$$

Bu ýerde C, H, O, S we H₂O – bu elementleriň we suwuň çig maldaky agram göterim mukdary.

Gurum emele gelmek prosesine gatnaşýan maddalaryň fiziki ýylylygyny kesgitlemek üçin berlen önümiň massasyny ýa-da göwrümini onuň orta udel ýylylyk sygymyna we temperaturasyna köpeltmeli.

Gurum emele gelmek prosesleri

Gurum emele gelmeklik prosesleri diýip, ýokary temperaturanyň täsiri bilen uglewodorodlaryň dargamaklygy netijesinde emele gelýän önümlerden uglerodyň gurum görnüşinde bölünip çykmaklygyna aýdylýar. Uglewodorodlardan gurum almaklyk amatly, sebäbi olar örän ugleroda baý bolýar. Mysal üçin, iň ýönekeý uglewodorodlarda – metanda 75% uglerod we 25% wodorod bolýar; köp ýadroly aromatiki uglewodorodlarda – antrasende we fenantrende uglerodyň düzümi 94,4% tutýar.

Gurumy gaty, suwuk we gaz görnüşli uglewodorod maddalaryndan alyp bolýar. Tebigy gaz kanal gazly, peçli gazly we termiki gurumlar üçin çig mal bolup hyzmat edýär; asetilenden dürli görnüşli asetilenli gurumy alýarlar; forsunkaly we lampaly gurumy dürli suwuk uglewodorodlaryň garyndylarynyň ýanmagy netijesinde alynýar; antrasenli gurumy bolsa gaty ýa-da suwuk uglewodorodlarynyň buglarynyň garyndylaryny koks gazy bilen ýakmak arkaly alynýar.

Uglewodorodlaryň ugleroda we wodoroda dargamaklygy üçin ýokary temperatura gerek bolýar, mysal üçin, metanyň dargamaklygy 1100 °C-da geçýär, has çylşyrymly uglewodorodlary has köp ýylykda dargaýarlar. Açyk zynjyrlý uglewodorodlara görä siklli we has hem aromatiki uglewodorodlar açyk zynjyrlý uglewodorodlara görä ýylylygyň täsir etmegine çydamly bolýarlar.

Köp uglewodorodlar ýylylygy ýuwutmak bilen dargaýar, asetilen we käbir aromatiki uglewodorodlar dargan wagty ýylylyk bölünip çykýar.

Gurum bölekleriniň we kül strukturalarynyň emele gelmekligine emeli usul boýunça täsir edip bolýar. Tehnologiki önümçilik proseslerde gurum bölekleriniň ösmegine, ýagny gurum emele gelmekde olaryň diametriniň ulalmagyna üç ýol bilen täsir edip bolýar: oduň ýalynyna sowuk metal üstüni täsir etmek bilen , gazly-kül garyndysyny suw sepip çalt sowatmak bilen, çig mal hökmünde ulanylýan gazlara inert gazlaryny goşup, konsentrasıyasyny suwuklandyrmak bilen.

Oduň ýalynyna suwuk metal üstüni täsir etmeklik, kanal we antrasen külleri alynanda ulanylýar. Tebigy gazlary wodorod ýa-da azot bilen suwuklandyrmak

termiki kül önümçiliginde ulanylýar. Häzirki döwürde gurum almak prosesi çylşyrymly we yzygider usullarda amala aşyrylýar.

Uglewodorodlary sada ugleroda we wodoroda dargatmak üçin ýokary temperatura gerek bolýar. Meselem, metanyň dargamaklygy 1100 °S temperaturada geçýär; has çylşyrymly uglewodorodlarda bolsa has ýokary temperaturada dargaýarlar. Esasan hem siklli uglewodorodlar we aromatiki uglewodorodlary ýylylyk täsirine örän çydamly bolýar.

Köp görnüşli uglewodorodlar ýylylygy ýuwutmaklyk bilen dargaýarlar; asetilen we birnäçe aromatiki uglewodorodlary bolsa dargan wagty ýylylyk bölüp çykarýarlar. Ýokary temperaturanyň täsiri astynda uglewodorodlaryň dargamaklygy netijesinde alynýan molekulalaryň bölejikleri kristalliki görnüşlere öwrülýärler. Bu prosesiň netijesinde grafit emele gelmeli ýaly, emma grafitiň kristalliki gözeneklerini döretmek üçin has köp wagt talap edilýär we 3000 °S temperaturadan ýokary ýylylyk gerek bolýar. Gurum alynan wagtynda reaksiýa zonyndaky temperatura 1500 °S bolýar, gurumyň reaksiýa zonynda bolýan wagtyň dowamlylygy bolsa sekunt bölekleri bilen ölçenýär, kristallizasiýa prosesi doly geçip gutarmaga ýetişmeýär.

Uglewodorodlar dargan ýagdaýynda alynýan gurum bölejikleri aýry-aýry bitertip ýerleşen kristallardan durýar we kristalliki gurluşy bolmaýar.

Çig mal hökmünde suwuk uglewodorod ýaglary ulanylanda gurum bölejikleri bu ýagyň düzümindäki aromatiki uglewodorodlaryň molekulalarynyň kondensasiýasy esasynda emele gelýär.

Çig mal hökmünde tebigy gaz ulanylan ýagdaýynda gurumyň emele gelmekligi gaza täsir edýän ýokary temperatura astynda binäçe çylşyrymly reaksiýalaryň geçmegi netijesinde emele gelýär.

Gurum emele gelmek prosesiniň önümleri

Gurum alynan wagty dürli görnüşli reaksiýa önümleri emele gelýär. Gurum peç usuly boýunça alynanda, gurumdan başga uglerodyň okisi we ikili okisi, kükürtli wodorod, metan, wodorod, kislorod, azot, suw buglary we beýleki uglewodorodlar emele gelýär. Kanal antrasen külleri alynan wagtynda, aýrylýan zyňyndy gazlaryň düzüminde 20% göwrümde kislorod gazy bolýar. Bu hadysa apparatlaryň üsti bilen köp mukdarda howanyň geçýänligi bilen we kül emele gelmek prosesinde howanyň doly mukdarda harçlanmaýanlygy bilen düşündirilýär; termiki gurum alynan wagty hem, çyg malyň doly derejede dargamazlygy netijesinde metan we beýleki uglewodorod gazlary emele gelýärler.

Gurumdan we gazlardan başga-da gurum emele gelmek prosesinde gatly önümler hem emele gelýärler. Bu emele gelýän goşmaça önümler hem reziniň hilini peseldýär. Kähalatlarda kanal, antrasen, peçli aktiw we asetilenli gurumlary alynanda gritiň emele gelmegi yzlanylýar. Şeýle gurumyň ulanylmagy bilen grit gurumy dyknadýar we şol bir wagtda reziniň hilini erbetleşdirýär.

Gurum önümçiligi üçin çig mal

Gurum önümçiligi üçin suwuk çig malyň himiki düzümi barada umumy maglumat

Gurum öndürmeklikde çig mal hökmünde nebit fraksiýalary we ýaglary, tebigy gaz, asetilen, koks gazy, nebiti gaýtadan işlemekligiň gazlary ulanylýar. Kähalatlar kül almak üçin tehniki naftalin we tehniki antrasen ulanylýar. Kähalatlarda gurum almak üçin tehniki naftalin we tehniki antrasen ulanylýar. Gurum almakda çig malyň esasy görnüşi bolup nebitiň we daşkömüriň smolasynyň gaýtadan işlenen suwuk önümi bolup durýar, olardan 80% ýokary bolan gurum öndürilýär.

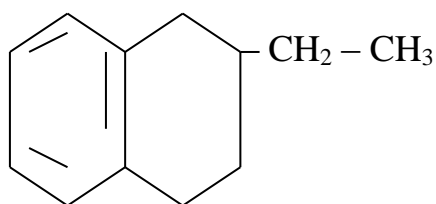
Gurum öndürmeklik üçin ulanylýan suwuk çig mal esasan hem bir molekulada birden dört halka çenli saklaýan aromatiki we naften uglewodorodlaryndan, şeýle hem olefinli we parafinli uglewodorodlardan durýar.

Çig malyň düzüminde şu uglewodorodlardan başga-da garyşyk gurluşly uglewodorodlar saklanýar, bir molekulada şol bir wagtyň özünde hem aromatiki hem naftenli halkany saklaýar, gapdal halkasy bolsa olefinli we parafinli. Uglewodorodlar bilen bir hatarda kükürtli, azotly, kislorodly birleşmeler saklanýar, şeýle-de çylşyrymly düzümlü ýokarymolekulýar birleşmeleri, olara smolaly maddalar we asfaltenler diýilýär.

Gurum almak üçin çig malyň düzümini häsiýetlendirmek üçin köp halatlarda struktura-gruppaly derňew usuly ulanylýar. Şeýle ýagdaýda çig malyň düzümi бүтewi аýратын struktura gruppany аňладýар(ароматикi, наftenli we parafinli). Anyk bolmagy üçin aromatiki we naftenli halkalarynyň sanynyň altyhalkaly (şестиçленный) we kondensirlenendigini kesgitleýärler (naftaliniň we antraseniň görnüşi boýunça).

Mysal üçin, etiltetragidronaftalinde 50 % aromatikiden uglerod, 33 % - naftenli we 17 % parafinli strukturadan saklaýar.

Etiltetragidronaftalin iki kondensirlenen halka ulgamyny görkezýär



Bu ýerde uglerodyň iki atomy şol bir wagtda iki halka degişli bolýar. Şonuň üçin halkadaky uglerodyň ortaça atom sany 5-e deň. Aromatiki halkanyň sany 1,2 deň hasaplanylýar, naftenliniňki bolsa – 0,8 deň.

Çig malyň düzümindäki wodorodyň ugleroda bolan gatnaşygy

Gurum bölekleriniň emele gelmekligi üçin uglewodorod molekulalarynyň siklli bölegi esasy material bolup hyzmat edýär. Siklleriň aromatizasiýasynyň sanynyň we derejesiniň ösmegi bilen kül emele gelmek prosesiniň tizligi ýokarlanýar.

Berlen çyg maldan gurumyň emele gelmekliginiň derejesini häsiýetlendirýän birnäçe görkezijiler bolýar; çig maldaky wodorod atomlarynyň sanynyň uglerod atomlarynyň sanyna bolan gatnaşygy (H:C)

$$H:C = \frac{12 A_H}{A_C} ;$$

A_H - wodorodyň %; A_C - uglerodyň %

Gurum almak üçin iň gowy çig malyň H:C gatnaşygy 1,0-1,2 bolmaly. Çig malyň häsiýetlendiriji faktory

$$\frac{0,82 \sqrt[3]{T_{\text{gaýn.}}}}{d} \quad 8-9 \text{ bolanda ýokary derejeli}$$

gurum almak bolýar.

d- 20⁰S- da çig malyň otnositel dykzyzlygy.

$$\text{Korrelyasiya indeksi:} \quad \frac{473d - 456,8 + 45640}{T_{\text{gaýn.}}} ;$$

95- 105 aralykda bolanda çig mal ýokary hilli hasaplanýar.

Çig malyň aromatizasiya koeffisiýenti;

$$A = (K_a + 0,4 K_H) (C_a + 0,4 C_H)$$

K_a – molekulada aromatiki halkalaryň sany;

K_H – molakulalarda naften halkalaryň sany;

C_a – aromatiki strukturalarda uglerodyň mukdary, % ;

C_H – naften strukturalarda uglerodyň mukdary, %.

Aromatizasiya koeffisiýenti sadalaşdyrylan formulalar bilen hem hasaplap bolýar:

$$A = K_o \cdot C_a ; \quad K_o = K_a + K_H$$

Gurum önümçiligi üçin gerekli çig mallara edilýän talap

Gurum almak üçin ulanylýan çig mallaryň standartlygyna edilýän talap örän ýokary. Standarta deň gelmedik çig mallar ulanylmagy tilsimat düzgünleriniň bozulmagyna, gurumyň hiliniň peselmegine we çig malyň harajatynyň ýokarlanmagyna getirýär.

Gurum bölejikleriniň emele gelmekligi üçin uglewodorod molekulalarynyň siklli bölümleri esasy material bolup hyzmat edýär.

Aromatlaşdyrylan siklleriň sanynyň we derejesiniň ýokarlanmagy bilen gurum emele gelmeklik prosesiniň tizligi ýokarlanýar. Meselem, bir deň şertlerde monosiklli aromatiki uglewodorodlaryndan emele gelýän gurumyň mukdary diwe üçsiklli aromatiki uglewodorodlaryndan emele gelýän gurumyň mukdaryndan ep-esli az bolýar.

Peç işjeň gurumlarynyň alynýan şertlerinde molekulalaryň parafin bölegi gurum emele gelmeklik prosesine gatnaşmaýar. Ýone parafin gurluşykly

uglerodyň biraz mukdary (15 % çenli) gurum bölejiklerine öwrülmeclige mümkinçilik döredýän uglewodorod radikallarynyň emele gelmekligini tizleşdirip bilýär. Aromatiki uglewodorodlarynyň gapdal zynjyrlaryndaky doýgun däl baglanyşklar hem gurum emele gelmeklik prosesini tizleşdirmeklige ýardam edýärler.

Molekulalarynda öz aralarynda üç baglanyşyk bilen birleşen uglerod atomlarynyň bolmaklygy esasynda polisiklli naften uglewodorodlary hem gurum emele gelmek prosesine gatnaşýarlar.

Şeýlelik-de, gurum öndürmek üçin çig mal doýgun däl gysga gapdal zynjyrlý polisiklli aromatiki uglewodorodlardan ybarat bolmalydyr.

Gurumy öndürmekde gerekli çig malyň hiline baha bermek üçin onuň gereklilik derejesini anyklamak üçin birnäçe empiriki görkezijiler bolýar.

Derňew işlerinde görkezilişi ýaly aromatizasiýa koeffisiýenti 140-170 çäklerinde bolmaly. Eger çig malyň düzümindäki kükürt emele gelen gurum önümlerinde deň ölçegli ýaýramaýar. Çig malyň düzüminde saklanylýan kükürdiň 40 % çenlisi gurum önümine baglanyşylan görnüşinde geçýär.

Gurumyň düzümindäki kükürdiň mukdaryna gurum emele gelmek prosesiniň temperaturasy we wagty örän uly täsir edýär. Şu ululyklaryň ulalmagy bilen gurumyň düzümindäki kükürdiň mukdary ýokarlanyp 3,0 agram. % çenli bolup biler. Çig malyň düzümindäki kükürdiň bir bölegi kükürtliwodorod we kükürtliuglerod görnüşinde gaz halyndaky önümleriň düzümine geçýär.

Düzüminde azot saklaýjy birleşmeler hem gurumyň çykýan mukdaryny peseldýär, şonuň üçin hem olaryň çig malyň düzüminde bolmaklygy islenilmeýär.

Kislorodly organiki birleşmelerini okislene uglewodorodlar hökmünde seretmek bolar; bu birleşmelerden alynýan gurumyň mukdary beýleki uglewodorodlara görä pesrāk bolýar. Çig malyň düzümindäki kislorodly birleşmeler gurumyň struktura gurluş derejesini peseldýär.

Gurum bölejikleriniň emele gelmekligi gaz fazasynda amala aşyrylýar. Çig malyň bugarmadyk bölegi guruma öwrülip bilmeýär. Çig malyň ýokary temperaturada gaýnaýan fraksiýalarynyň düzümindäki smola maddalary we asfaltenler wagtyň ýetmezçiligi zerarly ýokary temperaturaly zonada dargamaýarlar. Galtaşma wagtyny ýokarlardan ýagdaýynda olar termiki dargamaklyga sezewar bolýarlar we koksa öwrülýärler.

Smola maddalary we asfaltenler ýanyjy gurluşlaryň we reaktoryň içki diwarynyň üstüni koks bölejikleri bilen örtülmegine ýardam edýärlet. Bu bolsa öz gezeginde koksyň ownuk bölejikleri bilen gurumyň hapalanmagyna getirýär.

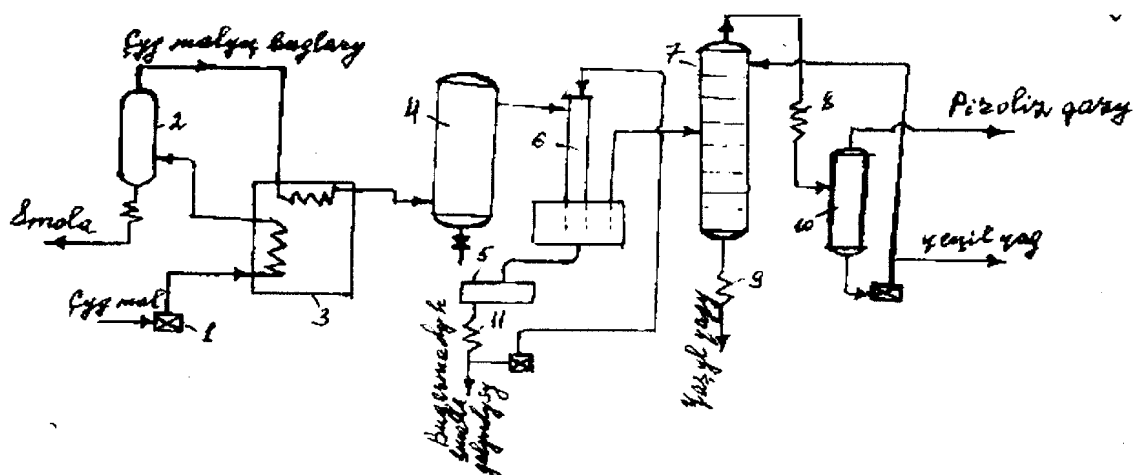
Şeýlelik-de, çig malyň düzümindäki smola maddalaryň we asfaltenleriň mukdary örän az bolmaly. Gurum öndüriji zawodlaryň iş tejribesiniň görkezmegine görä, işjeň peç gurumlaryny öndürmek üçin ulanylýan çig mallaryň kokslanmasy 1,5 %-den ýokary bolmaly däl.

Çig malyň düzümindäki suw emulgirlenen ýagdaýynda bolýar. Suw emulsiýasynyň bölejikleriniň ölçegleri giň gerimde üýtgäp durýar.

Çig malyň düzümindäki suwuň emulgirlenen bölekleri çig mal pürkülende iri bölejiklere öwrülmän çig malyň damjasyna goşulýar. Suwuň şeýle damjasy gyzdyrlan ýagdaýynda damja partlamak bilen bugarýar we çig malyň pürkülmesini

Çig malyň düzüminde şu uglewodorodlardan başga-da garyşyk gurluşly uglewodorodlar saklanýar, bir molekulada şol bir wagtyň özünde hem aromatik hem naftenli halkany saklaýar, gapdal halkasy bolsa olefinli we parafinli. Uglewodorodlar bilen bir hatarda kükürtli, azotly, kislorodly birleşmeler saklanýar, şeýle-de çylşyrymly düzümlü ýokarymolekulýar birleşmeleri, olara smolaly maddalar we asfaltenler diýilýär.

Ýaşyl ýag-keresin-krekingiň piroliz önümleriniň 170-360 °S – daky kerosin – gazoýl fraksiýasydyr. Häzirki döwürde suwuk nebit önüminiň termiki pirolizi Soýuz döwriň pirogonly turbaly pejinde amala aşyrylýar. Aşakdaky suratda ýaşyl ýagy öndürmegiň tilsimi çyzgysy görkezilen:



Piroliziň çig maly nasosyň 1 kömegi bilen turbaly pejiň 3 konweksiýa böleginiň üsti bilen smolany aýyryja 2 barýar, ol ýerde çig malyň buglary bugarmadyk galyndydan aýrylýar. Çig malyň buglary turbaly pejiň radiant bölegine barýar we ol ýerde 600-800 °S çenli gyzyr we soňra reaktora 4 barýar. Reaktor demirden ýasalan, içi boş silindir görnüşli bolup, içki diwary gyzygyna çydamly kerpiçden örülendir. Reaktoryň içinde piroliz reaksiýasy geçýär.

Reaksiýa önümleri sowamaklyk üçin suwlaýjy gidrawlik apparata 6 barýar, ol ýerden bug we gaz rektifikasiýa kolonna barýar 7; kolonnanyň ýokarky böleginden piroliz gazlary çykýar hem-de ýeňil ýaglaryň buglary çykýarlar. Bug sowadyjyda 8 kondensata öwrülýär we seperatorda 10 gazdan aýrylýar. Piroliz gazlary absorbsiýa prosesine ýönelýär, ýeňil gaz rektifikasiýa prosesine tarap ýönelýär. Rektifikasiýa kolonnanyň aşaky böleginden 7 ýaşyl ýag alynýar.

Piroliz önümleriniň galyndy fraksiýasy smola çökdürijiniň 5 we sowadyjynyň 11 üsti bilen geçip ulgamdan çykarylýar.

Kreking kerosiniň piroliziniň ilkinji önümleri: gaz, suwuk önüm, koks, olaryň massa gatnaşygy 50:48:2; Piroliz gazlarynyň düzüminde esasan hem doýgun däl uglewodorodlardan: etilen, propilenden, butilenden durýar. Suwuk önümlerde esasan hem aromatiki uglewodorodlar bolýar. Ýaşyl ýag aromatiki uglewodorodlardan durýar. Kükürdiň mukdary 0,2-0,4%.

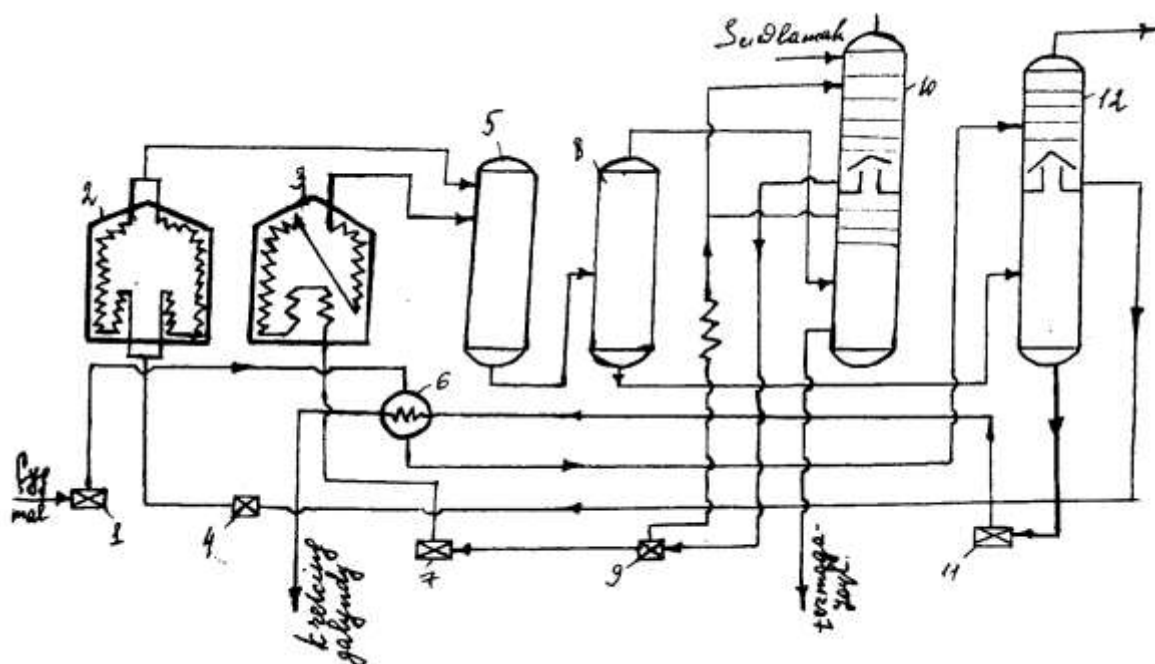
Gurum önümçiliginde çig mal bolup koks galyndysy ulanylýar. Koks galyndysy nebit galyndylarynyň (gudron, smola we ş.m) kokslanma önümidir. Koks kowmasynyň aromatizasiýa derejesi ýaşyl ýag bilen deňeşdirilende pes bolýar, şonuň üçin hem ýokary aromatizasiýaly çig mallar, ýaşyl ýag, daş kömür ýaglary bilen bilelikde ulanylýar.

Termogazoýl- termiki, katalitiki krekingiň gazoýl fraksiýasyndan we ýagly distilýatlaryň fenolly ekstraktlaryndan ybaratdyr. Agyr katalitiki gazoýla katalitiki kreking önüminiň galyndy fraksiýasynyňgöni kowmanyň, benzinsizleşdirilen nebitiň, wakum distilýatynyň we ýeňil mazudyň göni kowmasy degişli. Katalitiki krekingiň maksada laýyk önümi bolup awiasiýa benzini we dizel ýangyjynyň düzümine girýänýeňil katalitiki gazoýl hyzmat edýär. Katalitiki krekinginiň agyr gazoýlynyň 250-350 °S gaýnaýan kükürdi az bolan ýeňil çig malyň has aromatlaşdyrylan ýaglar bilen garmak mümkin. Şeýle garyndylar gurumy almakda çig mal hökmünde ulanylýar. Agyr gazoýlly, 350 °S-dan ýokary temperaturada gaýnaýan katalitiki krekingli agyr çig malyndan termogazoýl alýarlar. Aşakdaky suratda termogazoýlynyň öndüriliş çyzygysy berlen:

Çig mal (katalitik kreking we ýag önümçiliginiň ekstraktlary) nasosyň 1 kömegi bilen ýylylyk çalşyjynyň 6 üsti bilen pes basyşly bugardyjynyň 12 ýokarky bölegine berilýär, bu ýerde termiki krekingiň önümleriniň agyr fraksiýalary kondensirlenýärler, soňra nasosyň 4 üsti bilen agyr çig mal üçin turbaly peje 2 barýar, ol ýerde basyş astynda 490-510°C temperatura çenli gyzydrylýar. Rektifikasion sütüniň 10 ýokarky böleginiň aşaky tarelkasyndan alynýan kreking-flegma nasosyň 9 kömegi bilen ýeňil çig maly üçin turbaly peje 3 ugradylýar we basyş astynda 520-550°C temperatura çenli gyzydrylýar. Iki pejiň hem kreking önümleri reaksiyon kamera 5 , soňra ýokary basyşly bugardyja 8 gelýärler. Bugardyjydan gazlar we buglar rektifikasion sütüniň 10 aşaky bölegine gelýärler.

Sütüniň ýokarky böleginden benzin we gaz çykarylýar, sowadylýar we gazseperatoryna barýar.

Termogazoýl önümçiliginiň tilsimat çyzgysy



1, 4, 7, 9, 11- nasoslar; 2- agyr çyg mal üçin turbaly peç; 3- ýeňil çyg mal üçin turbaly peç; 5- reaksiýon kamera; 6- ýylylyk çalşyjy; 8- ýokary basyşly bugardyjy; 10- rektifikasion sütün; 12- pes basyşly bugardyjy.

Gurum önümçiligi üçin sütünden 10 termogazoýl fraksiýasy alynýar. Ýokary basyşly bugardyjydan 8 suwuk önümler pes basyşly bugardyja 12 barýar. Ýokarky bölekden ýeňil fraksiýalaryň buglary çykarylýar, sowadylýar we rektifikasion sütüni 10 suwlamak üçin ulanylýar. Pes basyşly bugardyjydan 12 nasos 11 bilen ýylylykçalşyjynyň 6 üsti bilen kreking-galyndysy çykarylýar we suwuk katýol ýangyçlaryny almaklyk üçin ugradylýar.

Gurumyň öndürlişinde çig mal hökmünde ýag önüminiň ekstraktynyň bir topar kemçilikleri bolýar: ýa-da pes aromatizasiýasy, kükürdiň düzüminiň agdyklyk etmegi, ýa-da ýokary derejeli kokslama. Şonuň üçin olar gurumyň önümçiliginde organiki mukdarda, çig malyň başga görnüşleriniň garyndylarynda ulanylýar.

Daşkömür smolasynyň distilýaty

Daşkömüriň ýokary temperaturaly kokslamasyndan alynýan daşkömür smolasynyň gaýtadan işlenilen önümi antrasen fraksiýasyndan we antrasen ýagyndan durýar. Olar esasan hem köplenç gysga gapdal zynjyrlý köp ýaderli aromatik uglewodorodlaryndan we düzüminde kislorod, azot, kükürt saklaýan beýleki aromatik uglewodorodlaryndan durýar. Daşkömür smolasy dargadylanda aşaky fraksiýalar alynýar: fenol (170 °S çenli), naftalin (170-230 °S çenli), ýuwdujy (230-270 °S çenli) we antrasen (270-360 °S).

Bu prosesin soňunda daşkömür peki galýar. Fenol fraksiýasynyň çykym mukdary 0,3-0,5 %, naftaliniňki 3,5-7,5 %, ýuwdujynyňky 10-13 % we antraseniňki 20-25 %. Bu prosesin tilsimat çyzgysy aşakda görkezilebndir.

Düzümünde 9 % çenli suw bolan daşkömür smolasy aralyk bakdan bug nasosynyň 1 kömegi bilen turbaly pejiň 2 konweksion bölegine barýar, ol ýerde 130 °S çenli gyzdyrylýar. Soňra ol bugardyja 3 barýar, ol ýerde smolanyň suwsyzlanmagy amala aşyrylýar. Suwy aýrylan smola bugardyjynyň aşak böleginden çykyp aralyk sygymyň 4 üsti bilen turbaly pejiň 2 radiant bölegine barýar, ol ýerde 360-380 °S çenli gyzdyrylýar. Suw buglary we ýeňil freksiýanyň buglary bugardyjynyň 3 ýokary böleginden umumylaşdyrylan kondensator-sowadyjy-separatora 7 berilýär, suw we ýeňil ýag bolsa aýratyn ýygnaýjy sygymlara berilýär. Smola turbaly peçden pek sütüniniň 5 aşak bölegine berilýär. Daşkömür peki sütüniň aşak böleginden aýrylýar. Antrasen fraksiýasy bolsa pek sütüniniň 3-nji tabagyndan alynýar. Ýuwudyjy, naftalin we fenol fraksiýalarynyň buglary pek sütüninden fraksion sütünine 8 barýar. Fenol fraksiýasynyň buglary fraksion sütüniň ýokarsyndan çykýar we böleginden umumylaşdyrylan kondensator-sowadyjy-separatora 7 barýar. Fenol fraksiýasynyň bir bölegi sütüni suwlamak üçin gaýdyp gelýär. Naftalin we ýuwdujy fraksiýalary fraksion sütüninden çykýar, antrasen fraksiýasy bolsa pek sütüninden çykýar, sowadyjynyň 6 üsti bilen geçip, hersi hersi öz kabul edijilerine barýar. Pek sütüniniň aşaky böleginden çykýan pek bolsa jebis dykzlaşan pek almak üçin reaktora 10 ugradylýar. Ol ýerde pek gysylan howa bilen işlenilýär. Reaktorda polimerizasiýa kondensasiýa prosesleri amala aşyrylýar. Netijede ýumşama temperaturasy 130-140 °S çenli bolan pek alynýar. Reaktordan hrizen fraksiýasynyň buglary çykarylýar. Bu buglar sowadyjynyň 6 üsti bilen geçip kabul ediji gaba barýar. Kondensirlenmedik buglar we gaz (esasan azot) tüsse çykaryjy turba ugradylýar.

Katalitiki kreking distilýaty

Ekstraksion desgalarynda katalitiki krekingiň gazoýlyndan katalitiki gazoýlyň ekstraktyny alýarlar.

Eredijiler hökmünde kükürt angidridi, fenol, furfurol, üçetilenglikol we ş. m. ulanylýar. Proses geçirlende erediji maddalar diňe aromatiki uglewodorodlary, smola maddalary we kükürtli birleşmeleri özünde eredýär. Dürli dykzlyklar netijesinde ekstrakt (erediji bilen bilelikde) rafinatdan (rafinat parafin, naften we naften-aromatiki uglewodorodlaryndan durýar) aýrylýar. Soňra rafinat transformator çalgı we beýleki ýaglary taýýarlamak üçin ulanylýar. Ekstrakt bolsa ondan erediji aýrylandan soňra, fraksion dargamaklyga sezewar edilýär. Bu ekstraktyň 250-240 °S aralygynda gaýnaýn fraksiýasy bolsa gurum almak üçin ýokary hilli çig mal bolup hyzmat edýär.

Ekstraksion sütünine 1 garşylyklaýyn akymlar bilen katalitiki gazoýl we fenol berilýär. Rafinatyň fenol ergini ekstraksion sütüniň 1 ýokarky böleginden çykýar we turbaly peje 2 berilýär, soňra esasy rektifikasion sütünine 3 barýar, ol ýerde rafinatdan fenol aýrylýar. Sütünden 3 rafinat buglaýjy sütünine 4 baýar, ol ýerde doly buglanýar. Ekstrakt ergini sütüniň 1 aşaky böleginden çykýar we

suwsyzlandyryjy sütünä 5 berilýär, soňra pejiň 6 üstünden geçip rektifikasion sütünä 7 barýar. Ýene-de rektifikasion sütüniň 7 aşagyndan çykýan ekstrakt peje 6 barýar soňra buglaýjy sütünä 8 gelýär, ol ýerde fenolýň we katalitiki gazoýlyň ýeňil fraksiýasynyň kowulmasy amala aşyrylýar. Buglaýjy sütünlerden 4, 8 fenol we ýeňil gazoýl fraksiýalary sygyma 9 ugradylýar, soňra fenol prosese gaýdyp gelýär.

Gurum önümçiliginde ulanylýan gazlar we gurumy öndürmegiň peç usuly

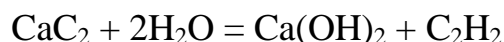
Öňräkki döwürlere çenli tebigy gaz gurumy öndürmekde esasy çig malyň görnüşi bolup hyzmat edip gelýär. Häzirki döwürde kanally gazly, peçli gazly we termiki gurumlar tebigy gazlarda öndürilýär.

Ýöne welin şu gurumyň bir bölegi ulanylmagyň umumy balansynda ýyldan-ýyla pese gaçýar, sebäpi gurumy suwuk çig maldan almagyň has netijeli kämil peç usuly ulanylyp başlanyldy. Şeýle hem energetiki ýangyç hökmünde ýanyjy gazlar ulanylýar, ol hem gurumyň çykmagyna we hiliniň gowy bolmagyna gaty uly hemaýat berýär.

Tebigy gaz, nebiti gaýtadan işlemekde alynýan gazlar, ýagny pirolizde, termiki-katalitiki krekingde we beýleki proseslerde alynýan gazlar gurum öndürmeklikde çig mal bolup durýarlar. Tebigy gaz gurum önümçiliginde gurum almak üçin diňe çig mal hökmünde däl, eýsem peçlerde we reaktorlarda çig maly dargatmak üçin gerekli temperaturany döretmek üçin we apparaturalary gyzdyrmaklyk üçin ulanylýar.

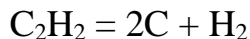
Önümçilikde antrasen gurumyny almak üçin koks gazlary ulanylýar. Şeýle hem aktiw peç gurumlaryny almak üçin koks gazy ýangyç hökmünde ulanylýar.

Asetilen dürli görnüşli asetilenli gurumyny almak üçin ulanylýar. Ol karbidi kalsiý suwunda eretmek bilen aşakdaky görnüşde alynýar:



1 m³ asetilende 1,08 kg uglerod saklanýar.

Asetilenli gurumyny asetileni termiki dagytmak arkaly alynanda aşakdaky reaksiýada geçýär



1 kg kalsiý karbidinden 0,3m³ asetilen alynýar; 0,3m³ asetilenden öz gezeginde 300 gr gurum almak mümkin.

Gurum almakda ulanylýan termiki asetilen aşakdaky düzümden durýar (% göwrümde):

Asetilen.....	99,5
Howa.....	0,4
Ammiak.....	0,009
Forforistyň wodorod.....	0,05
Kükürtli wodorod.....	0,005

Gurumyň gazly peç usuly bilen alnyşy

Gurumy almaklygyň peç usuly giňden ýaýrandyr, häzirki döwürde ulanylýan gurumyň 80% şu usul boýunça öndürilýär. Peç usuly bilen gurumy, çig maly peçlerde çäklendirilen howa mukdary bilen ýakmaklyk esasynda alýarlar. Çig mal hökmünde, tilsimat çig mallary bilen bir heterda ýangyç gazlary we suwuk ýangyçlar ulanylýarlar.

Gazlaryň ýa-da ýangyjyň reaktorda ýanmaklygy esasynda ýokary temperaturaly zona döreýär, ol ýerde esasy çig malyň guruma we ýanma önümlerine dargamaklygy amala aşyrylýar.

Gurumy peç usuly bilen almaklygyň artykmaçlygy:

Dürli görnüşli tilsimat häsiýetli gurumy almaklyga mümkinçilik döreýär;

Gurumyň çykýan mukdary ýokary bolýar, netijede peç gurumlarynyň özüni ödeýän gymmaty, beýleki usullar bilen öndürilen gurumlaryň özüni ödeýän gymmatyna görä pes bolýar;

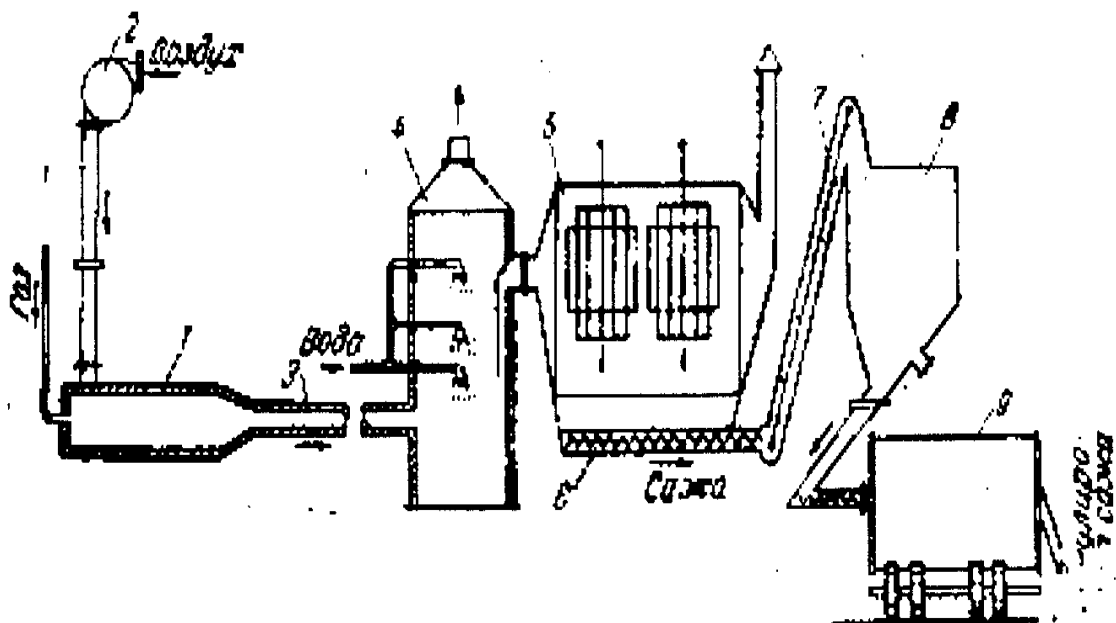
Suwuk çig malyň ulanyp bolýanlygy sebäpli, gurum öndürýän zawodlaryny tebigy gazy çykarylýan ýerinden daş aralykda gurmaklyga mümkinçilik döreýär; Gurum emele gelmek prosesini ýeňillik bilen dolandyryp bolýanlygy sebäpli, önünden kesgitlenen häsiýetli gurumy almak üçin mümkinçilik döredýär. Beýleki usullarda gurumy almak prosesini doly awtomatizasiýalaşdyrmak başartmaýar. Gurumyň gazly peçde tebigy gazdan alynýan tilsimi çyzgydy aşakdaky ýaly berlen:

Mehaniki garyndylardan, suwdan, nebitden we kükürtliwodorotdan arassalanan tebigy gaz peje 1 ugradylýar (reaktor), ol ýere howaüfleýjiden 2 howa berýärler. Ýananda emele gelen gurum bilen gaz turbageçiriji 3 boýunça sowadyja 4 ugradylýar, ol ýerde gazly gurum garyndysy suwuň bugardylmagy netijesinde forsunka bilen pürkülip sowadylýar.

Sowadyjydan gurum bilen gaz gurumyň aýrylmagy üçin elektriksüzüjä 5 geçýär. Soňra gurum şnek 6 we elewator 7 bilen işlenilýän sehe seperatora 8 ugradylýar, ol ýerde ondan gerekmejek goşundylar aýrylýar, we soňra granulirlmek üçin barabana 9 ugradylýar.

Reaktorlarda ýa-da peçlerde gurumyň emele gelmek prosesi aşakdaky görnüşde geçýär. Çig mal gyzdyrylan we ýaýran görnüşde reaktora gelýär. Çig malyň ýaýran, çüwdürim görnüşinde berilmegi, mehaniki forsunkalaryň üsti bilen çig malyň öz basyşyna görä alynýar ýa-da howa forsunkasynyň , ýagny gysylan howanyň kömegi bilen ýerine ýetirilýär.

Tilsimat çyzgysy



1-peç, 2-howa, 3-gurum geçiriji, 4-sowadyjy, 5-süzgüç, 6-şnek, 7-elewator, 8-baraban

Çig malyň termiki dargamaklygy üçin gerekli temperatura, reaktorda çig malyň bir bölegini ýakmak bilen ýa-da ýangyç çaňlaryny ýakmaklyk esasynda döredilýär. Çig maly ugleroda we wodoroda dargatmak üçin reaktorda 7000-den 10000 kkal çenli ýylylykmukdaryny almaly bolýar.

Ýangyç gazyň, çig malyň we howanyň reaktora dürli ugurlar boýunça berilýänligi esasynda ýangyç gazynyň we çig malyň güýçli turbulent akymlyry döreýär. Bu turbulent ýalynyň merkezi böleginde çig malyň dargamagy bolup geçýär.

Berilýän çig malyň, howanyň we ýangyjyň mukdarlarynyň arasyndaky gatnaşygy üýtgedip, alynýan gurumyň häsiýetini üýtgedip bolýar. Meselem, şol bir mukdardaky çig mala harçlanýan howanyň mukdaryny köpeltmeklik prosesiniň temperaturasyny ýokarlandýar, bu bolsa has gowy nderejede böleklenen gurumy almaklyga mümkinçilik döredýär, ýöne çykýan gurumyň mukdary peselýär. Reaksion göwrümiň peselmegi, gurumyň çykýan mukdaryny ýokarladýar.

Tilsimat düzgüni

Gazly peçde ýokary hilli gurumy almak üçin düzülen tilsimi düzgüni birkemsiz yzlamaly bolýar.

Peje berilýän howanyň mukdary, çig malyň düzümindäki uglewodorodyň doly ýanmagy üçin gerek bolan göteriminden 50 % tutmaly.

Hatda peje berilýän howanyň düzümi tilsimi kartada berleninden 1 % agdyklyk etse, onda ol prosesiň gidişine täsir edip biler.

Peçdäki temperatura dürli zonalarda 1200 – 1500°S aralykda çäklendirilen bolmaly, gaz garyşykly gurumyň sowadyjydan soňky temperaturasy – 250-350°s çäginde saklanylmaly.

Berlen temperaturada 10 °S gyşarnyk bolsa-da gurumyň hiline we çykmagyna täsir etdirip biler. Peçde temperaturanyň ýokarlanmagy bilen gurumyň çykmagy peselýär.

Pejiň temperaturasy sazlananda peje berilýän howanyň we gazyň göwrüm gatnaşygyny üýtgedýärler.

Aşakda gurumyň alnyş prosesiniň esasy ölçegleri (parametrleri) getirilen:

1 m³ ýanan gaz üçin harçlanan howa, m³.....5,4

1 m³ gaz ýakylanda gurumyň emele gelmek prosesinde

alnan gaz görnüşli önümiň mukdary, m³.....7,17

şol sanda suwuň bugynyň mukdary, m³.....1,15

Gurum emele geliş meýdandaky temperatura, °S.....1260

Gurum emele gelende çykýan gaz takmynan aşakdaky düzümi tutýar (% göwrümde):

Azot.....71,2

Wodorod.....14,0

Uglerodyň oksidi.....8,1

Uglerodyň ikioksidi.....5,8

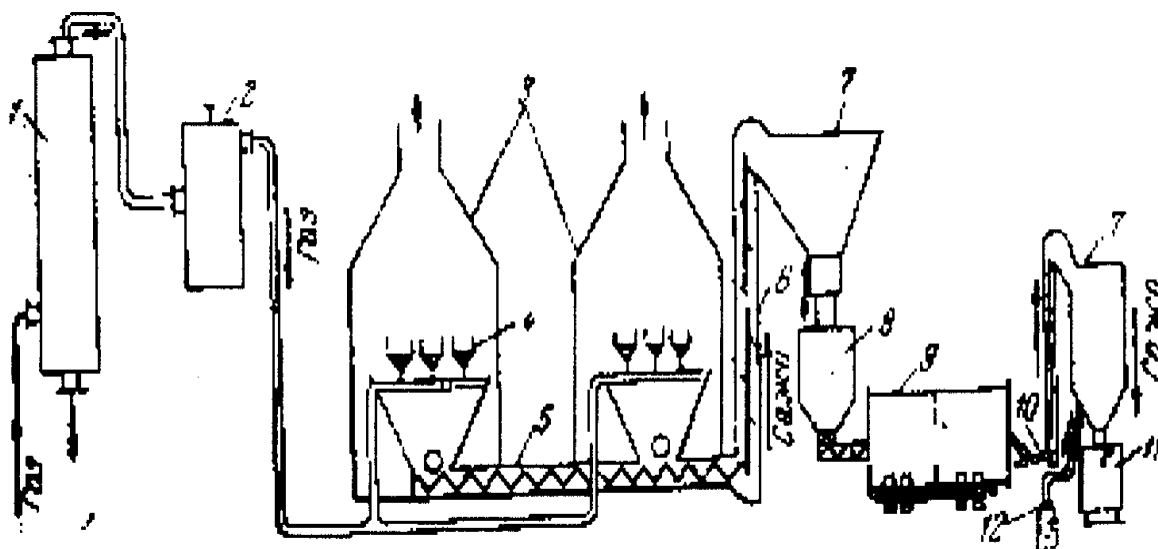
Metan.....0,9

Gurumyň gazly peçde alynyşynyň göwrümi uly däl, sebäbi şeýle görnüşli gurumy has tygşytly ulanyp suwuk çig maldan peçli usulda almak amatly bolup durýar.

Gurum öndürmegiň kanal we ýarymaktiw peç usuly

Kanal gaz gurumyny almak prosesiniň peç usulyndan aýratynlygy, ýanýan tebigy gazdan çykýan gurumy, ýalynyň üstündäki hereketlenýän çökdüriji üsti çökdürmekden ybarat bolýar. Çökdüriji üstde çökdürilýän gurum bu üstden aýrylýar we işlenilmäge iberilýär. Çökdüriji üst hökmünde aýlanýan barabanlar, rolikler, halkalar, diskler, hereketlenýän plitalar, şweller pürsleri ulanylýar. Ulanylýan çökdüriji üste baglylykda, gurumyň alynýan usuly, "baraban" usuly, "disk" usuly, "rolik" usuly, "kanal" usuly – diýlip atlandyrylýar.

Tilsimat çyzgysy



1-seperator, 2-basyşyň sazlaýjysy, 3-ýanyjy kameralar, 4-şwella sütüni, 5-şnek, 6-elewator, 7-bunker, 8-süzgüç, 9-baraban, 10-elek, 11-wagon

Kanal usuly boýunça alynýan gurm ýokary tilsimat häsiýetlere eýe bolýar. Kanal gaz gurumy rezin senagatynda laklary, reňkleri we ýokary hilli gara emellery öndürmekde ulanylýar. Ähli öndürilýän gurumlaryň içinde kanal gurumy has çuň gara reňkli bolýar, şonuň üçin hem laklaryň, emallaryň we reňkleriň (esasan hem poligrafiki senagaty üçin) kop görnüşleri kanal gurumlaryny ulanmak bilen taýýarlanylýar. Kanal gurumyny öndürmek üçin tebigy gaz çig mal hökmünde ulanylýar.

Gurum öndürmegiň ýarymaktiw peçli usuly

1942-nji ýylda çäkden daşary FEF atly ýarymaktiw peçli gurumy goýberilip başlanyldy, ol “peçli basym şprisuemli” diýmegi aňladýar. Soýuz döwründe şu görnüşli guruma PM-50 ady berlipdi.

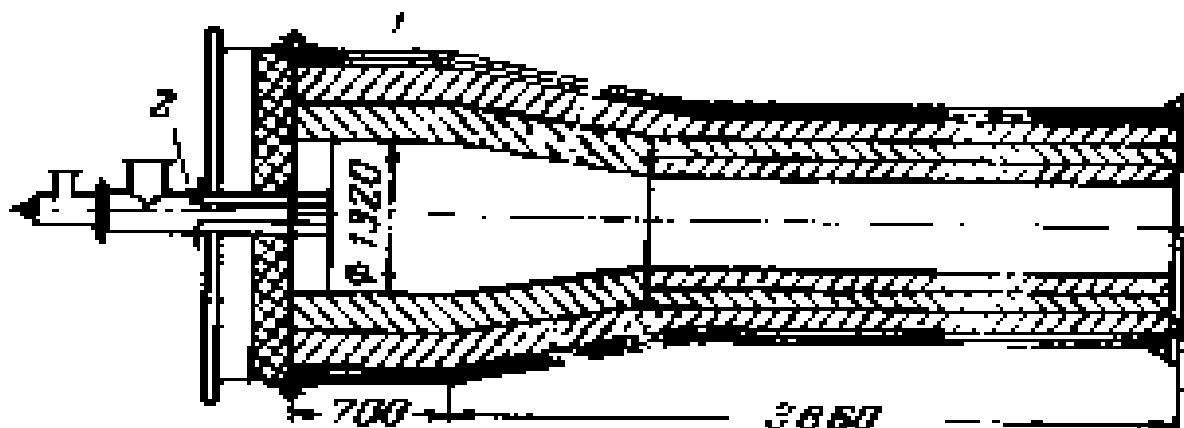
Şu gurumy saklaýan şeýle rezin garyşykly önümiň aýratyn tapawudy bolup, onuň ýeňil forma emele getirmegi we tekiz üstüniň bolmagy bolup durýar. 28-nji jedwelde FEF görnüşli gurumyň dürli ýurtlardaky esasy görkezijileri berlen.

Peçli ýarymaktiw PM-50 gurumy silindrli reaktorda, onda nebitli ýa-da daşkömür ýagyny çäklendirilip, gaty dykgat barlag astynda howany barlap we siklon görnüşli reaktorda alýarlar. Şeýle reaktorlaryň gurluşy peçli aktiw gurumy alýan reaktoryň gurluşyndan işi (prinsipi) boýunça tapawutlanmaýar. Tapawudy reaktoryň ölçeginde we ondaky gazyň herekediniň tizligi, 32-nji suratda peçli ýarymaktiw gurumyň alnyşynyň silindr görnüşli reaktory görkezilen.

Import (ýokary hilli) gurumyň esasy häsiýetleri

Gurumyň atlandyrylyşy	Deňölçeqli üsti m ² /gr	Ýagyň adsorbsiýasy sm ³ /gr	pH	CKC-30 A esasynda reziniň hili		
				Süýnenede çeyelik çägi kg s/sm ²	300%-li ösdürilme moduly kg s/sm ²	Ortaça ösdürilme %
Filblek A (Angliýa)	46,5	1,14	7,75	192	114	600
Sterling So (Kanada)	45,1	1,14	6,96	168	111	552
Nitron 10 (Ýaponiýa)	52,6	1,42	6,56	182	122	564
Nitron 200 (Ýaponiýa)	55,0	1,31	5,06	168	112	624
Antraks (Italiýa)	42,2	1,04	3,24	144	72	700

Gurumy almak üçin PM-50 silindr görnüşli reaktor



1-reaktoryň özi; 2-gorelkaly gurluş

Peçli ýarymaktiw gurumyň öndürililiği tilsimi çyzgydy boýunça peçli aktiw gurumyň öndürililiginden tapawudy onuň granula (bölejik) emle getirmek ukyby bolup durýar. Şonuň netijesinde peçli ýarymaktiw gurum has strukturlanan peçli aktiwliniňkä, granulirlеме ukyplylygy aktiw gurumyň önümçiliginde ulanylany, ýarymaktiw gurumyň granulirlemesinde ulanylyp bolmaýar. Şonuň üçin ýarymaktiw gurumyň önümçiliginde öl granulirlеме ulanylýar.

PM-50 gurumyň öndürilişiniň tilsimi çyzgydy 33-nji suratda berlen.

Alnan gurumy magnitli seperatora 13 geçirýärler, soňra mikroizmolçitele 14 we iki basgançakly gurumy suw bilen 15 garyja geçirýärler. Garyja berlen gurumyň iki essesiçe 20% köp mukdarda suw guýulýar (agramyna görä), netijede gurumyň suwa garylan topbajyk görnüşli esasy gurumly granula alynýar.

Garyjydan gurum topbajygy bar agramynyň 60% suw bolan, guradyjy barabana 17 barýar. Bu ýerde gurumyň granula öwrülmegi we guradylmagy bolup geçýär. Gurumy gyzgyn gazyň howury bilen guradýarlar, 16 ýangynda alynýan, ýangynda suwuk ýangyjy ýakylýar ýa-da bolmasa tebigy ýa-da haýsydyr bir başga ýangyjy gazy ýakýarlar. Wentilýator ýangyna howa berýär, ol ýangyjy ýakmak üçin hökman zerurdyr. Käbir gurumyň düzümindäki gazlar guradylandan soňra batareýaly siklona 18 we el süzüjisine 21 barýar. Batareýaly siklonly bunkerden 18 granulirlenen gurum şlýuzaly zatworyň üsti bilen 11 wibrasiýa sito 22 geçirilýär. Sito önüm gurumyny tozandan we iri granulalardan arassalaýar. Tozan gurumy şnegiň 10 kömegi arkaly we elewatoryň 12 kömegi bilen bunkere 25 ugradylýar, ol ýerde gurumyň metal goşundylaryny aýyrmak üçin magnitli seperatory ýerleşdirilen. Gurum bunkerden awtomatlaşdyrylan çeküwe 23 geçýär we soňra şnek 10 bilen bunkere 25 ýüklenýär. Gurum tozanlary we iri granularlar wibrasiýa sitinden soňra şnikiň 10 kömegi bilen gaýtadan granulirlemä goýberilýär.

Aşakda silindr görnüşli reaktorda peçli ýarymaktiw gurumyň alnys prosesiniň esasy (parametrleri) ölçegleri görkezlen:

57

Howanyň harajady, m ³ /sag çig maly tozatmak üçin.....	440
ýanma üçin.....	1200
1 kg guruma harçlanýan çig mal we ýangyç, kg.....	2,8
Prosesiň temperaturasy, °C.....	1260

Prosesiň gaz görnüşli önümleri öz düzüminde bugdan başga-da 2,5-3,5 % uglerodyň iki oksidini, 16-18 % uglerodyň oksidini, 14-16 % wodorody, 0,5 % çenli metany we 0,5 % çenli kislorody saklaýarlar.

Antrasen we termiki gurumyny almak

Antrasen gurumy hem kanal gaz gurumy ýaly, gönümel ýanýan çig malyň ýalynyndan hereketlenýän üste çykarylyp alnýar.

Antrasen gurumyny, antrasen ýagyň ýa-da antrasen fraksiýasynyň buglarynyň koks gazy bilen garyndysyny gorelkalarda ýakmak esasynda alýarlar.

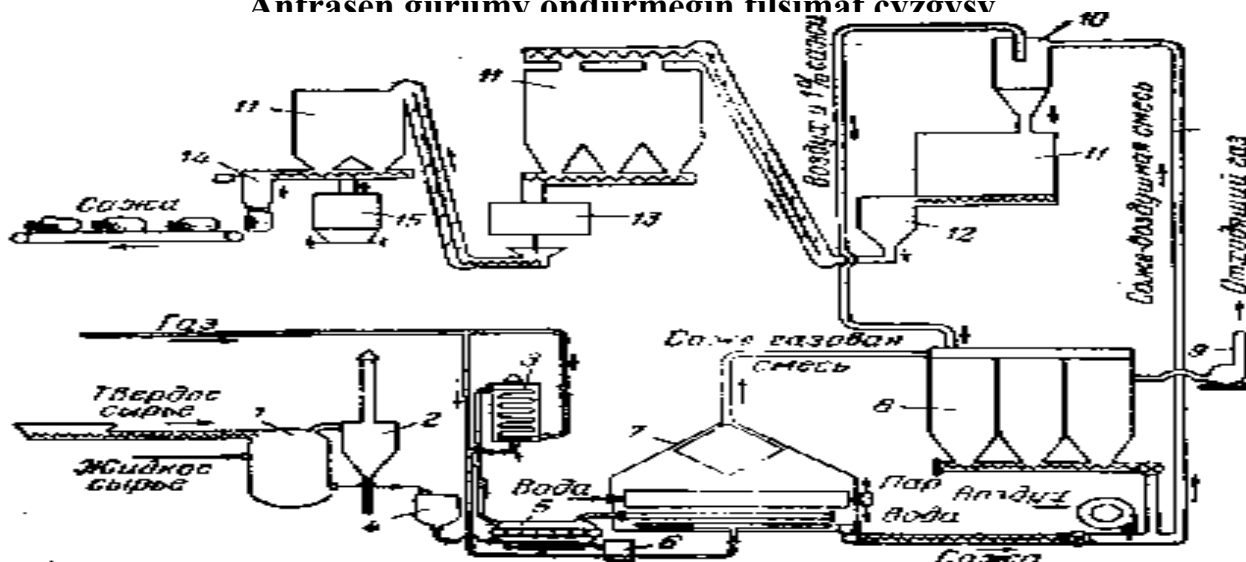
Antrasen ýagyna ýa-da antrasen fraksiýasyna derek ýaşyl ýag, naftalin, tehniki antrasen we düzüminde köp ýaderli aromatiki uglewodorodlary saklaýan suwuk ýa-da gaty maddalary ulanmak bolýar. Koks gazy beýleki wodoroda baý gazlar bilen çalşyp bolýar.

Antrasen gurumyny öndürmeklik prossesi aşakdaky etaplardan durýar:

- 1) çig mal taýýarlamak (çig malyň düzümindäki çyglygy we mehaniki garyndylary aýyrmak; gaty görnüşli çig mal bilen işlenende, ony eretmek);
- 2) koks gazyny naftalinden we kükürtli wodoroddan arassalamak;
- 3) koks gazyny gyzdymak;
- 4) ýagyň ýa-da fraksiýanyň buglarynyň koks gazy bilen garyndysyny almak.

Antrasen gurumynyň suwuk ýa-da gaty çig malyň koksly gazynyň bugunyň garyndylaryndan alnyşynyň tilsimi çyzygysy aşakdaky suratda berlen:

Antrasen gurumy öndürmeiň tilsimat çyzygy



1-erediji (plawilnik); 2-siklon-sublimator; 3-turbaly ýylylyk çalşyýy; 4-dozator; 5-karbýurator; 6-guýujy bak; 7-gurumy almak üçin enjam; 8-el süzüji; 9-tüsse sorujy; 10-siklon; 11-bunker; 12-gurumy çökdürmek üçin seperator; 13-granulirllemek üçin enjam; 14-awtomatlaşdyrylan çeküwde çekýän gaplaýjy maşyn; 15-granulirlenen gurumy ýüklemek üçin wagon.

Antrasen ýagy durlaýjydan eredijä 1 geçýär. Tehniki antraseni ýa-da naftalini eredijä şnek bilen ýükleýärler. Eredijidäki eredilen çig malyň ýeňil gaýnaýan uglewodorodlar we çyglylyk aýrylýar we mehaniki garyndylar çäkdürilýär. Ýeňil gaýnaýan uglewodorodlary sublimatoryň siklonynda 2 gapyp alýarlar. Bu- önümçiligiň galyndylary.

Eredijiden antrasenli ýagy, antrasenli fraksiýa, tehniki antrasen ýa-da naftalin karbýurator bölüme ugradylýar, ol ýerde uglewodorodyň koksly gazly bugundan garyndy taýýarlaýarlar, ol hem aktiw gurumy almak üçin çig mal bolup hyzmat edýär.

Antrasenli ýag ýa-da eredilen gaty çig mal dozatoryň 4 üsti bilen karbýuratori 5 barýar. Koksly gaz ýene-de turbaly ýylylyk çalşyja 3 eltilýär. Baran koksly gazyň mukdaryny çykdaýjyny ölçeýji bilen ölçeýärler. Karbýuratoryň düýbini koksly gazynyň ýalyny bilen ýyladýarlar. Kähalatlarda karbýuratory we turbageçirijini tebigy gaz bilen gyzdyrýarlar. Antrasenli ýagy we antrasen bugardylýar, we onuň buglary koksly gazy bilen garylýar. Çig malyň bugarmadyk galyndysy yzygider karbýuratordan guýujy başoga 6 guýulýar. Bu galyndy hem önümçiligiň zyňyndysy bolup durýar (kähalatlarda ony gara ýollary çekende ýa-da ýangyç hökmünde ulanýarlar).

Karbýuratorda alnan çig malyň koks gazy bilen garylan bugynyň garyndysyny turbageçiriji boýunça, ýanýan koks gazynyň ody bilen gyzdyrylýan, gurum almak üçin 7 enjamyň şelewoý gorelkasyna barýar. Gorelkanyň düýbünde içi suwly sowadýan baraban aýlawly ýerleşdirilen. Emele gelen gurumyň köp bolegi onda çökdürilýär, ol byçgy we şnek bilen enjamdan aýrylýar. Prosesiň galan gurumy (20-30%) we gaz görnüşli önümi gazgeçijiniň üsti bilen el süzüjä 8 geçýär, ol ýerde gurumyň doly aýrylmagy bolup geçýär. Gurum emele gelmek prosesindäki gaz görnüşli önümleri tüssesorujy 9 arkaly atmosfera çykarylýar. Gurumy almak üçin niýetlenen gurumy we pnevmatiki filtri enjamdan siklonyň 10 üsti bilen işlenilýän sehe geçirýärler, ol ýerde gurumyň esasy massasy çökdürilýär, düzüminde 1% gurumy saklaýan howa bolsa el süzüjiniň 8 üsti bilen atmosfera çykarylýar. Gurum siklondan bunkere 11 we seperatori 12 geçýär, ol ýerde gurumy gritden we çetki goşundylardan arassalaýarlar.

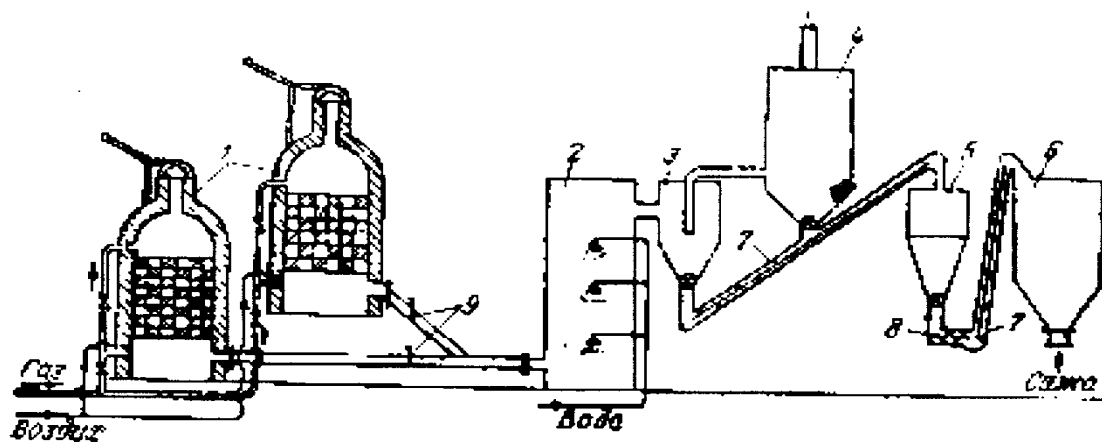
Termiki gurumyň alnyşy

Gurumyň çykýan mukdaryny ýokarlatmak üçin howa berilmesiz ýagdaýda, uglewodorodlaryň termiki dargamaklygy esasynda gurumy almak usuly hödürlendi. Termiki gurumy öndürmek üçin çig mal hökmünde tebigy gaz ulanylýar. Tebigy gaz güýçli gyzdyrylan meýdan üsti bilen galtaşyp, ýokary temperaturanyň täsiri astynda ugleroda we wodoroda dargaýar.

Tebigy gaz diňe 1100°C temperaturadan ýokary temperaturada ýylylyk mukdaryny ýuwutmak bilen elementlere dargaýar. Gazy dargatmak üçin gerekli temperaturany döretmek üçin ilki bilen termiki gurum alynýan reaktory gyzdyrýarlar; reaktory, tebigy gazy ýakyp, 1600°S temperatura çenli gyzdyrýarlar. Soňra gaz ýakmaklygy bes edýärler, generatoryň üsti bilen tebigy gazy goýberýärler we gurum alýarlar. Haçan-da generatorda temperatura 1200°S temperatura çenli peselen wagty gazyň berilmesini kesýärler we ýane-de

generatory gyzdryp ugraýarlar.Şeýlelik-de, gyzdymak we çig malyň dargadylmagy bilen gezekli-gezegine işleýär.

Termiki gurumy öndürmegiň tilsimat çyzgysy



1-generator, 2-sowadyjy, 3-siklon, 4-süzgüç, 5-seperator, 6-bunker, 7-elewator, 8-şnek, 9-klapan

Tebigy gaz dargamak üçin generatora 1 gelýär. Onda emele gelen gurum we dargama önümleri sowadyjyda 2 sowadylýar. Sowadylandan soňra gurum-gaz garyndysy çökdürilmek üçin siklona 3 barýar we gurumyň çökmedik bölegini tutup almak üçin 4 süzgüje barýar. Siklondan we süzgüçden gurum elewatoryň 7 kömegi bilen seperatora 5 barýar we gerekmejek garyndylardan arassalanylýar. Arassalanan gurum şnegiň 8 we elewatoryň 7 kömegi bilen bunkere 6 ugradylýar.

Generator gyzdrylan wagty onuň aşak bölegine gaz we howa berilýär, gazyň ýanmagy bilen emele gelýän gaz görnüşli önümler bolsa generatoryň ýokarky böleginde ýerleşen turbanyň üsti bilen çykarylýar. Bu wagtda generatory beýleki apparaturalar bilen birleşdirýän aşaky klapan bolsa 9 ýapyk bolýar; generatoryň nasadkasy gyzdrylýar. Temperatura 1550°S –a ýetenden bes edilýär, gazlary çykaryjy turbanyň klapany ýapylýar we generatory beýleki apparatlar bilen birleşdirýän klapany aýyrýarlar. Yz ýanyndan pejiň ýokarky bölegine gaz berip ugraýarlar. Gaz gyzdrylan nasadkanyň üstünden geçýär we guruma hem-de wodoroda dargaýar.

Senagatda temperaturasy krm-keden peselýär we haçan-d temperatura ýeten wagty dargamak üçin berilýän gazyň berilmesini kesýärler we gaýtadan gyzdyma başlanýar. Gyzdrylmak we dargamak 20-25 minuda çenli dowam edýär, şonuň üçin hem üznüksiz prosesi döretmek üçin iki generatory bir agregata birleşdirýärler. Senagatda emele gelýän gurum gazlar bilen bile sowadyja barýar we 110°S temperatura çenli sowadylýar. Sowadyja suw forsunkalaryň üsti bilen berilýär. Sowadylan gurumly- gaz garyndysy, gurumyň çykarylyp alynmagy üçin siklona we süzgüçlere gelýärler. Gurum süzgüçlerden şnegiň we elewatoryň kömegi bilen bunkere ugradylýar.

Taşlandy gazlary atmosfera zyňylýar ýa-da olary tebigy gazlara goşmak bilen termiki gurumlary almak üçin ulanylýar (taşlandy gazlaryň 3 göwrümüne tebigy gazyň 1 göwrümi goşulýar).

Asetilen gurumynyň alnyşy

Asetilenden gurumyň birnäçe görnüşi alynýar. Asetilen gurumynyň elektrik geçirijiligi, gurumyň beýleki görnüşlerine görä birnäçe gezek ýokary bolýar. Gurum almak üçin ulanylýan asetilen öňürti tozan bölejiklerinden, kükürdiň, fosforyň we uglerodyň ikili okisinden arassalanýar.

Şu goşundylardan arassalanan asetilen gazgoldere geçýär, ol ýerde gidrawliki zatworyň we suwy aýyryjynyň üsti bilen gaz üfleýji arkaly gurum almak üçin niýetlenen enjama geçirilýär.

Asetilen gurumy aşakdaky usullar boýunça alynýar

90 göwrüm % asetilenden we 10 göwrüm % kisloroddan durýan gaz garyndysyny gorelkada ýakyp, VA-416 markaly gurum alynýar;

atmosfera basyşynda asetileniň termiki dargadylyşy. Bu usul boýunça P-3040 we P-3252 markaly ýokary elektrik geçirijili gurum alynýar;

Ýokary basyşda asetileniň termiki dargamaklygy esasynda Hidrokarbon PHB-135 we Anakarbon PHB-41284 markaly gurum alynýar;

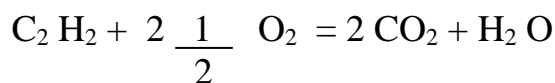
Asetileni elektrik dugasynda dargatmak;

Metanyň elektrokrekingi.

Asetilen we kislorod garyndysynyň ýakyjyda ýakmak arkaly gurumy almak

Şu usul bilen gurumyň alnyşy kanally gaz gurumynyň alnyş usulyn açalymdaş bolup durýar. Onuň çykymy harç edilen asetilene görä 60% düzýär. Gaz gasryndysyndaky kislorodyň düzümini peseltmek bilen gurumyň çykymy 75% ýokarlanýar, onuň disperdsligi (ownuklygy) bolsa peselýär.

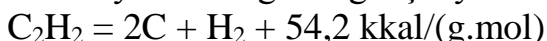
Asetilen gorelkada ýanyp, kömür kislotasyny we suw buguny emele getirýär:



Asetileniň kislorod bilen garyndysy Ýkyjy kameranyň gorelkasyna berilýär, kamera goşmaça howa betrilýär. Emele gelen gurumyň 65% kameranyň içinde galýar, galan 35% aýrylyp çykýan gazyň düzüminde bolýar. Aýrylýan gazlaryň düzüminde 12-13% O₂, 7% CO₂, 79% N₂ we 0,2% CO bolýar.

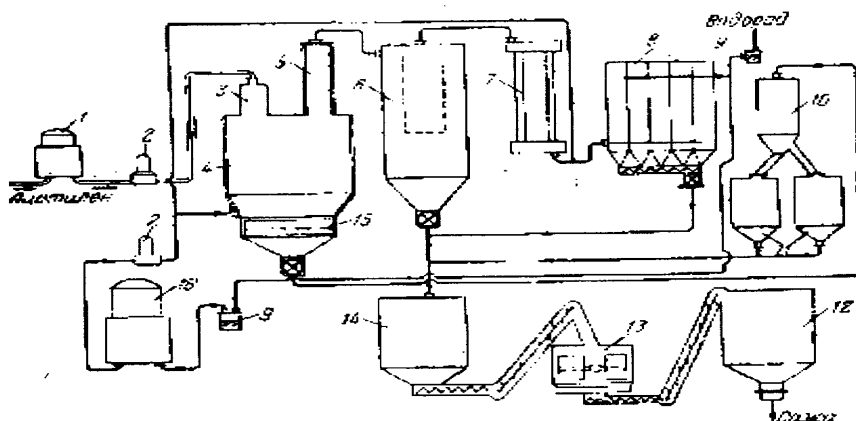
Atmosfera basyşynda asetileni termiki dargatmak esasynda gurumyň alnyşy

Gurumyň emele gelmegi aşaky reaksiýa boýunça geçýär:



Reaktora barýan asetilen 2400-2500 °S çenli gyzdyrylýar, reaksiýa netijesinde çykýan ýylylygyň hasabyna asetileniň dargama prosesi yzygider dowam edýär.

Atmosfera basyşynda asetileni termiki dargatmak esasynda gurumyň alnyşynyň tilsimat çyzgydy



1-gazgolder, gaz üfleýji, 3-reaktor, 4-bunker, 5-7-sowadyjy, 6-siklon, 8-süzgüç, 9-bekleýji, 10,11,12-bunkerler

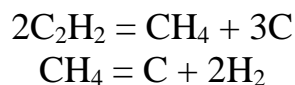
Asetilen gazgolderden 1 gaz üfleýjiniň 2 üsti bilen reaktora 3 berilýär, ol ýerde asetilen 2400-2500⁰S temperatura çenli gyzdyrylýar. Reaktorda emele gelen gurum bunkerde 4 wodoroddan aýrylýar, wodorod sowadyjynyň 5, 7 we siklonyň 6 hem-de süzgüjiň 8 üsti bilen geçýär; siklonda we süzgüçde çöken gurum bunkere 14 barýar. 4-nji bunkerdäki gurum pnevmotransportyň kömegi bilen 10-njy bunkere barýar.

Asetileniň dargamagy 2000-2500 ⁰S temperaturada geçýär. Reaktorda emele gelen gurum, bölünip aýrylýan gazlar bilen birlikde, reaktoryň aşagynda suw bilen sowadýan tegege, gritany bölejiklere bolmek üçin geçýär. Gurumyň düzüminde bar bolan takmynan 10% galyndylar seperatorada çökdürilýär. Siklonda çökdürilmedik arassa gurum bunkere ugradylýar we 75 kg/m³ göwrüm agramda ýörite hereketli presde preslenýär.

Asetileniň elektrik dugasynda dargamaklygy esasynda gurumyň alnyşy

Asetilen reaktora 1,0-1,5 m³/min tizlik bilen 400-1000 mm St. basyşda gelýär. Reaktor demir silindr bolup, beýikligi 1,8m we diametri 0,6m, daşynda sowadyjy bolýar. Naprýaženiýesi 40-60w we elektrik togunyň güýji 60-100a bolan iki sany kömür elektrodларыnyň arasynda elektrik dugasy emele gelýär.

Asetilen elektriki dugada aşakdaky formula boýunça dargaýar:



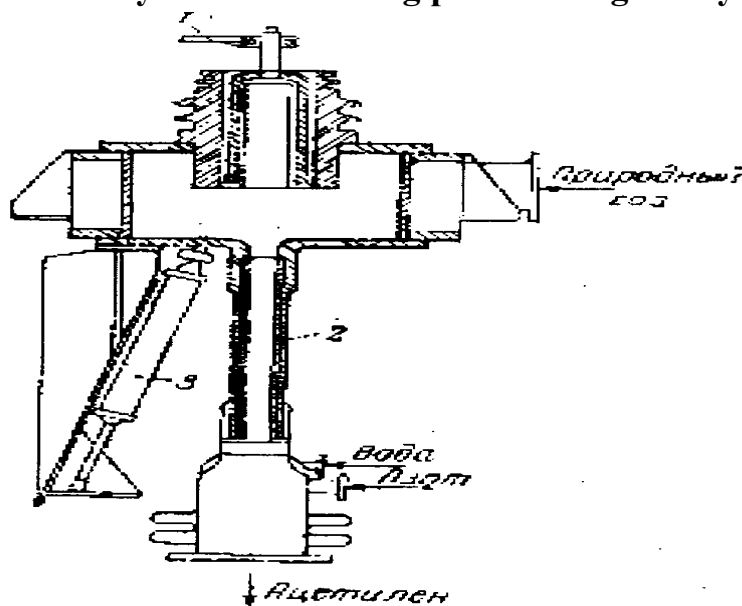
Asetileniň dargamafy 2000-2200 ⁰S temperaturada geçýär.

Asetilenli gurumynyň dürli usullarda alnyşynda kalsiý karbidiniň çykdaýjysy aşakdakyny düzýär:

Asetileniň gorelkada ýanmasy.....6

Atmosfera basyşynda asetileniň termiki dargamagy.....	4
Asetileniň elektriki dugada dargamagy.....	4,25
P-1250 bellikli asetilenli gurumy alnanda aýrylýan gaz takmynan aşakdaky düzümi tutýar:	
Wodorod.....	94,0
Metan.....	5,0
Asetilen.....	0,2
Uglerodyň oksidi.....	0,5
Azot.....	0,3
Gurumy elektriki dugasynda alynanda asetilenden gurumyň çykymy 90% düzýär. Çykýan gazyň düzümindäki wodorodyň mukdary 95% göterime barabar.	

Metanyň elektrokreking prosesinde gurumyň alnyşy



1-razrýadly turba; 2-ýokarywoltly girelge; 3-ýakyjy steržen.

Önümçilikde asetileniň tebigy gazy elktrokrekingi netijesinde almak usulyna esaslanandyr. Bu gazlary elektrokregingiň netijesinde asetilenden we wodorotdan başga gurum hem alynýar. Desga reaktorly bölümden, gurumy toplaýan bölümden, dožigiň we fakeliň pejinden durýar. Birnäçe reaktorlar batareýa birikdirilýär. Reaktor polatdan ýasalýar we sowadyjy suw bilen üpjün edilýär. Proses ýokary temperaturada we reaktoryň üstünden ýokary tizlikli gazy goýbermek bilen geçirilýär. Reaksion turbanyň diametri 95 mm, uzynlygy 1m. Elektrodларыň diametri 125 mm, aralygy 130 mm. Gaz reaktora iki akym bilen berilýär. Gaz 2-3 kg/sm² basyşda berilýär, reaktordan 0,4 kgg/sm² basyşda çykýar. Reaktoryň naprýaženiýesi 8000w, toguň güýji 900a. Duganyň zonasyndaky temperatura 1600°C.

Reaktoryň sowadyjysynyň diwaryndaky ýylylygyň derejesini belli bir çäkde saklamak üçin suwuň temperaturasyny 45 °S saklamak zerur. Reaktordan soňra

gazyň we gurumyň garyndylaryny suw sepmek arkaly sowadýarlar. Şonda gazyň temperaturasy 150-300 °S çenli peselýär.

Suw 3 mm diametri bolan aşakdaky elektroddaky halka şekilli goýum arkaly sepilýär. Sowatmak üçin niýetlenen suwuň mukdary 4 m³/s düzýär. Suwuň bir bölegi bugarýar, başga bir bölegi bolsa gidrawliki zatwordan çykarylýar. Sinil kislotasy netijesinde turşy reaksiýaly suw gidrawliki zatworda aşgar ergini bilen neýtrallaşdyrylýar.

Gazlar reaksiýa zonada 0,01 sek saklanylýar; şu wagt prosesiniň esasy önümi bolan – asetileni almaga ýeterlikli bolýar.

Eger-de kreking üçin tebigy gazy ulanylsa, onda krekingden soňky aýrylýan gazyň ortaça düzümi aşakdaky ýaly bolaýr:

Asetilen.....	11-13
Wodorod.....	50-60
Metan.....	25-30
Naftalin we benzol.....	0,02
Sianistli wodorod.....	0,0004
Diasetilen.....	1,0-1,5
Azot.....	3,0-4,0

Gurumy ilki bilen birnäçe yzygider gurnalan gurluşlarda alýarlar, soňra köpürjikli gazytutujyda, turbalentaly gazytutujyda we elektrofiltirde alynýar.

Elektrokrekingiň düzgünini üýtgetmek netijesinde udel üsti 40-dan 200 m²/g bolan gurumy almak mümkin.

Metany elektrokrekinge sezewar edilip alnan gurumyň gurluşy dürli, düzüminde kän küli saklaýar we az göwrümlü agramy tutýar. Şu döwürde çenli bu gurumy galňatmak položitel netije bermedi, sebäbi ol ýokary struktura gurluşa eýe.

Hödürlenilýän edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiniň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler, 1-nji tom, Aşgabat, türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2008
2. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiniň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler, 2-nji tom, Aşgabat, türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2009.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2008.
4. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan-sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2008.
5. T.Jürdekow. Ata arzuwyny amala aşyran agtyk. Aşgabat, Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2009.
6. И.А Александров Ректификационные и абсорбционные аппараты. М., Химия, 1978.
7. Т.М.Бекиров. Промысловая и заводская обработка природных и нефтяных газов, М., 1980.
8. М.А.Берлин. Переработка нефтяных и природных газов, Химия 1981.
9. А.И.Гриценко. Физические методы переработки и использование газа, Москва 1981.
10. И.Л.Гуревич Технология переработки нефти и газа, Химия 1972.
11. А.А. Кузнецов, Е.Н. Судаков Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности. М., Химия, 1974.
12. В.Н.Эрих. Химия и технология нефти и газа, Химия 1972.

MAZMUNY

Giriş	1
Termiki prosesleriniň kinetiki esaslary	5
Nebit çig malynyň kokslama prosesi	7
Koksyň köýdürilmegi	11
Dykyzlaşdyrma reaksiýanyň mehanizmi	12
Üznükli kokslama prosesi	14
Ýarym üznükli kokslama prosesi	17
Üznüksiz kokslama prosesi	21
Önümçilik prosesinde esasy görkezijileri we faktorlary	23
Emeli suwuklanma gatlagynda geçýän kokslama prosesi	24
Poroşok görnüşli koksyň ulanylyşy we maddy balansy	27
Gaýnama gatlakly koks öndürýän desganyň beýany	29
Agyr nebit çig malynyň kokslamasy	30
Gurum	33
Gurumyň gurluşy	34
Gurumyň senagatda ulanylyşy	37
Gurumyň görnüşleri	37
Gurumy öndürmekligiň usullary	38
Gurum emele gelmek prosesiniň nazary esaslary	38
Gurum emele gelmek prosesleri	41
Gurum emele gelmek prosesiniň önümleri	42
Gurum önümçiligi üçin çig mal	43
Çig malyň düzümindäki wodorodyň ugleroda bolan gatnaşygy	43
Gurum önümçiligi üçin çig mallaryň görnüşleri	46
Daşkömür smolasynyň distilýaty	48
Katalitiki kreking distilýaty	49
Gurum önümçiliginde ulanylýan gazlar we gurumy öndürmegiň peç usuly	50
Gurumyň gazly peç usuly bilen alnyşy	51
Tilsimat düzgüni	52
Gurum öndürmegiň kanal we ýarymaktiw peç usuly	53
Gurum öndürmegiň ýarymaktiw peçli usuly	54
Antrasen we termiki gurumyny almak	57
Termiki gurumyň alnyşy	58
Asetilen gurumynyň alnyşy	60
Asetileniň elektrik dugasynda dargamaklygy esasynda gurumyň alnyşy	61
Hödürlenilýän edebiýatlar	64
Mazmuny	65