

4. Kőolaj- és földgázipar

4.1 A kőolaj és földgáz jelentősége

Az emberiség igen régen ismeri a kőolajat és a földgázt. A természetes kőolajelőfordulások, földgázfeltörések már régen érdekelték az embereket: ahol szabadon feltörő kőolaj vagy a földgáz meggyulladt, vallási kultúrák alakultak ki.

A tudatos kőolajkutatás és -feltárás a XIX. században kezdődött. 1857-ben mélyítették le az első kutat Amerikában. Ez idő tájt Romániában és Oroszországban is megkezdődött a kőolajkutatás. A múlt században a kőolajtermelés így gyors fejlődésnek indult, de jelentősége a XX. században nőtt meg. A fejlődés ütemére jellemző, hogy 1940-ben a világ kőolajtermelése még csak 300 millió tonna volt, és 1980-ban meghaladta a 3 milliárd tonnát. A világ és a jelentősebb kőolajtermelő országok kőolajtermelésének alakulását a 4.1. táblázat szemlélteti. Az adatokból kitűnik, hogy a világ legnagyobb olajtermelő országa a Szovjetunió, 1980-ban a világtermelés kerekén 20%-át adta. Az Amerikai Egyesült Államok részesedése 16%.

Magyarországon 1937-ben Lispe-Lovásziban kezdődött a kőolaj kitermelése. Hazánkban a legjelentősebb kőolajmezők jelenleg a nagylengyeli nagy bitumentartalmú és az algyői kénzegény paraffinos típusú kőolajmezők. A hazai kőolajtermelés napjainkban kerekén két millió tonna évenként. Ez az érték a jövőben sem változik számottevő mértékben.

A kőolajtermeléssel egyidejűleg, de főleg az utolsó évtizedekben rohamosan nőtt a földgáztermelés is (4.2. táblázat).

A világ legnagyobb földgázmezői a Szovjetunióban, az Amerikai Egyesült Államokban, Iránban, Irakban és más közel-keleti arab országokban található, rendszerint kőolajelőfordulásokkal együtt. Európában jelentős földgázkincset találtak Franciaországban, Hollandiában és az Északi-tengerben.

Magyarországon Hajdúszoboszló és Algyő környékén van számottevő földgázkincs. A hazai földgáztermelés 1980-ban kerekén 6 milliárd m³ volt, 1985-ben meghaladta a 7 milliárd m³-t.

A kőolajtermelés gyors fejlődése elsősorban a világ energiamérlegének rohamos átalakulásával járt. A világ energiaszükségletének kerekén 66%-át a

A kőolajtermelés alakulása a fontosabb termelő országokban és a világon összesen,
1970–1986

Ország	millió tonna				
	1970	1975	1980	1983	1986
Szovjetunió	353	491	603	616	615
Egyesült Államok	475	413	482	481	433
Szaúd Arábia	177	352	496	249	242
Mexikó	22	36	107	147	121
Egyesült Királyság	–	–	80	115	127
Kína*	20	80	106	106	131
Venezuela	194	122	113	95	82
Irán	192	268	77	123	92
Kanada	63	70	83	77	74
Indonézia	42	64	78	64	62
Nigéria	54	89	102	61	73
Líbia	162	72	86	53	52
Irak	76	111	130	47	85
Kuvait	137	105	81	54	62
Abu Dhabi	34	67	65	37	–
Algéria	47	48	52	31	31
Norvégia	–	9	25	30	43
Magyarország	2	2	2	2	2
Világ	2270	2655	3059	2754	2790

* Becslés

szénhidrogének fedezik, ezen belül a kőolaj részesedése 45%, a földgázé 21% (1984-es adat). A kőolajnak és földgáznak nemcsak energetikai jelentősége van, mert a termelésük növekedése tette lehetővé a vegyipar, különösen a nitrogénműtrágya-gyártás és a szerves vegyipar átalakulását. Ma a legtöbb vegyipari alapanyagot az ún. petrolkémiai iparok gyártják, melyek nyersanyaga a kőolaj és földgáz. Korábban ezeket az alapanyagokat kőszén bázison állították elő.

A földgáztermelés alakulása a fontosabb termelő országokban és a világon összesen, 1970–1986

Ország	milliárd m ³				
	1970	1975	1980	1983	1986
Egyesült Államok	595,06	541,20	568,88	450,20	472,44
Szovjetunió	197,94	289,94	435,00	535,95	685,55
Hollandia	31,67	90,16	87,27	72,98	74,24
Kanada	56,71	75,01	68,08	71,34	89,69
Egyesült Királyság	11,22	36,08	37,29	39,53	46,26
Indonézia	3,07	2,30	29,11	20,83	32,72
Románia	23,63	29,50	28,19	39,60	34,26
Algéria	2,84	5,95	10,00	35,59	35,06
NSZK	13,01	19,06	18,66	17,73	15,44
Venezuela	8,99	11,31	14,66	16,25	17,41
Mexikó	11,90	14,29	32,35	31,11	35,45
Olaszország	13,18	14,58	14,85	13,07	14,93
Irán	12,24	21,83	8,27	8,90	13,85
Szaúd-Arábia	2,26	6,33	8,78	5,53	9,31
Nigéria	0,11	0,40	5,31	2,00	2,04
Magyarország	3,47	5,18	6,14	6,51	7,30
Világ	1077,70	1300,97	1522,00	1547,74	1802,87

4.2 Szénhidrogének tárolása és szállítása

4.2.1 A kőolaj és termékeinek tárolása és szállítása

A kőolajat, illetve kőolajtermékeket rendszerint földfeletti acéltartályokban tárolják. A fejlődés során egyre nagyobb méretű tartályokat építettek. Hazánkban a legnagyobb tartályok 60 000 m³-esek, de ismeretesek 100 000 m³-nél nagyobbak is.

Az állóhengeres tartályoknak két típusát különböztetjük meg: rögzített fedelű és úszófedeles tartályokat. A kevésbé illékony folyadékok tárolására rögzített fedelű tartályokat használnak. A könnyen illó termékeket általában úszófedeles tartályokban tárolják. A fedél egy acéltutaj, amely megfelelő tömítőgyűrűvel körbevéve, a hengerpalást belsejében a betöltött folyadék felszínén föl-le mozog. Az úszótetős tartályok előnye, hogy bennük kisebb a párolgási veszteség és ezzel együtt a tűzveszély is.

A tartályokat tartálytelepeken helyezik el szigorú tűz- és környezetvédelmi előírások szerint. A tartályokat védőgödör veszi körül, hogy megsérülésük esetén se folyhasson szét az olaj. A védőgödörben a tartály teljes tartalmának megfelelő mennyiségű kőolajterméknek kell elférnie.

A kisebb elosztótelepeken pl. benzinkutaknál a föld alá süllyesztett tartályok kisebbek, általában 25–100 m³ térfogatúak. A tartályokat légzőszelepekkel kell ellátni, gondoskodni kell a megfelelő földelésről és biztosítani kell a tűzvédelmi előírások pontos betartását.

A kőolajok és kisebb viszkozitású kőolajtermékek szállítására a legolcsóbb és legtermelékenyebb szállítási mód (nagy tömeg esetében) a csővezetékes szállítás. A világon jelentős kőolaj csővezetékrendszerek alakultak ki. Hazánkban nagy jelentőségű a „Barátság” kőolajvezeték, amely Kujbisev vidékéről indulva teszi lehetővé Lengyelország, a Német Demokratikus Köztársaság, Csehszlovákia és Magyarország kőolajimportját a Szovjetunióból. Ez a 4000 km-nél is hosszabb vezeték közel évi 100 millió tonna kőolaj szállítására alkalmas. Számos hasonló kőolajtvézeték épült Nyugat-Európában, pl. Marseille–Karlsruhe, Genova–Ingolstadt, Rotterdam és Köln stb. között. Magyarországot a tengerparttal az Adria kőolajvezeték köti össze.

Magyarország szénhidrogén távvezeték rendszerét, amely biztosítja a kőolaj-, kőolajtermékek és földgáz szállítását, a 4.1. ábra szemlélteti.

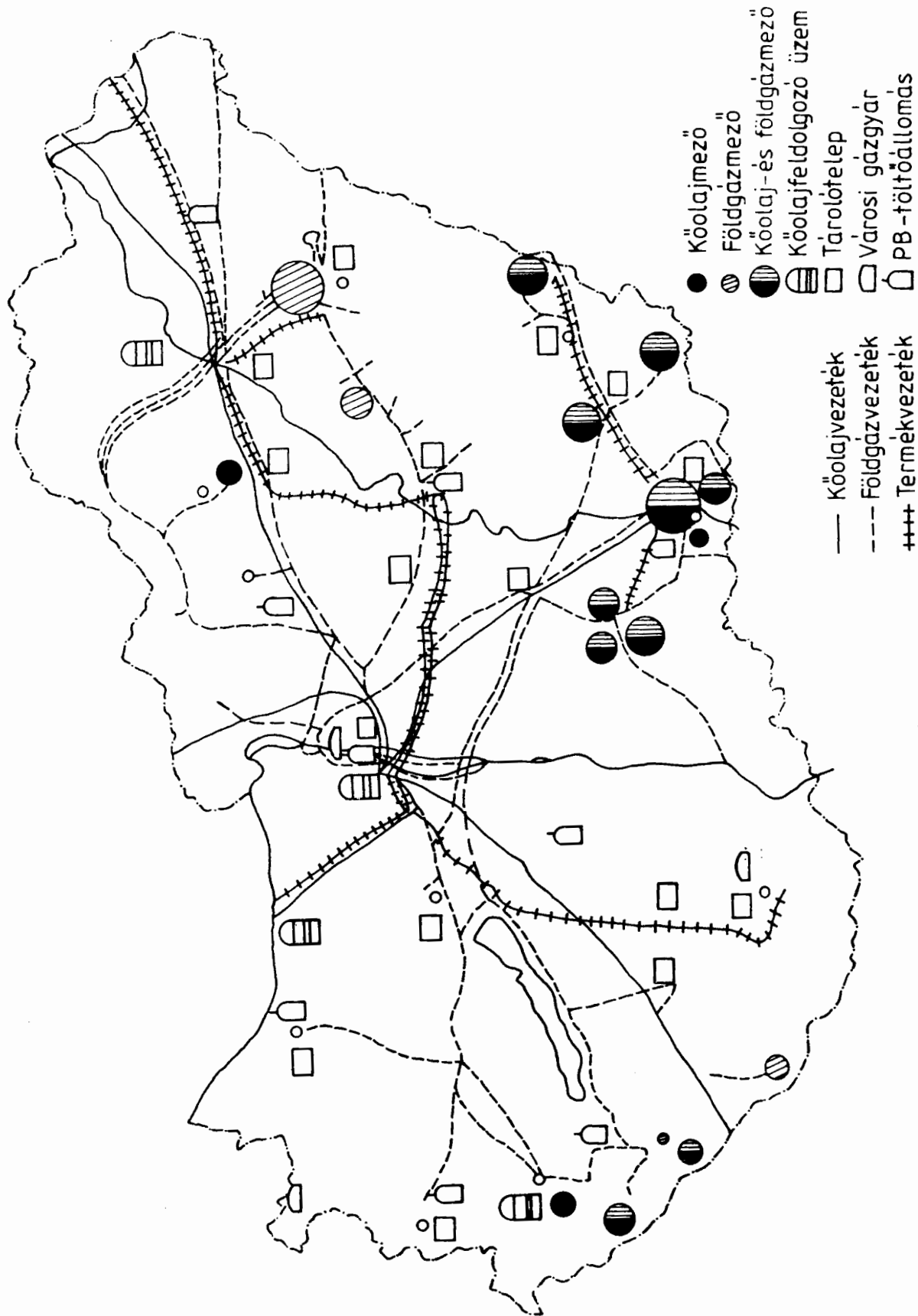
Míg szárazföldön a csővezetékes kőolaj szállítás a korszerű, a tengereken az egyre nagyobb űrméretű tankhajóké a szó. Jelenleg már több százezer tonnás tankhajók, ún. szupertankerek épülnek, amelyeknek szállítási költségei töredékei a kis térfogatú, 10–20 000 tonnás hajók szállítási költségeinek.

Viszkózusabb kőolajtermékek szállítására vasúti kocsikat használnak. A vasúti tartálykocsik mérete is növekvő, a korábbi 10–15 tonnások helyett egyre inkább a 40–45 tonnás, a Szovjetunióban a 100 tonnás tartálykocsik kerülnek forgalomba. A viszkózus termékek tartálykocsijait gőzfűtőkígyókkal látják el.

A termékeket a benzinkutakhoz, fogyasztókhoz tankautókkal szállítják. A kenőolajokat és speciális termékeket hordóban szállítják.

4.2.2 A földgáz szállítása

A földgáz szállítása az esetek túlnyomó részében 4–7 MPa nyomáson, távvezetékben történik. Külföldön kísérleteket folytattak és gazdaságos megoldást találtak egyes esetekben a metán cseppfolyós állapotban való szállítására is. Így pl. Algériából cseppfolyós metánt szállítanak Franciaországba. Az eljárás lényege, hogy a metánt –160 °C-on atmoszférikus nyomáson cseppfolyósítják és szállítás, valamint tárolás közben annyi metánt szívnak el a cseppfolyós fázis fölül, amennyinek a párolgáshője egyenlő a jól hőszigetelt tartályba falon át



4.1. ábra. Magyarország szénhidrogén távvezetékek rendszere

belépő hőmennyiséggel. Hazánkban a földgázt vezetékrendszerben szállítják és osztják el.

Legnagyobb gázmezőink Algyő, Hajdúszoboszló és a többi kisebb mező is gázvezetékrendszerrel van összekötve a fő fogyasztókkal. Budapestet földgázvezeték veszi körül. A hazai távvezetékrendszer a korábban említett 4.1. ábrán látható. A földgázfelhasználás növekedésére jellemző, hogy 1967-ben mintegy 2,4 milliárd m³ földgázt használtak fel, 1980-ban pedig már 10 milliárd m³-t, amelyből 4 milliárd m³ volt az import, a többit hazai termelés biztosította. Az import túlnyomó része a „Testvériség” távvezetéken érkezik az országba. 1985-ben a felhasználás 11 milliárd m³ volt.

4.3 A kőolajok és földgázok összetétele és csoportosítása

4.3.1 A kőolajok összetétele és csoportosítása

A kőolaj (másnéven ásványolaj, nyersolaj) kémiai szempontból főként szerves vegyületekből áll, és pedig majdnem kizárólag szénhidrogénekből. Kis mennyiségben vannak benne ként, nitrogént, oxigént és fémeket (főként Ni, V, Fe) tartalmazó vegyületek.

A nyersolajban a szénhidrogének különféle vegyületcsoportokba tartoznak (alifás, naftén és aromás szénhidrogének). Egy ilyen vegyes szénhidrogénelegy jellegét az dönti el, hogy melyik vegyületcsoportba tartozó szénhidrogének vannak benne túlsúlyban.

Az aszfaltos anyagok nem oszthatók be a szénhidrogének előbb felsorolt fajtái közé. Aszfaltos anyagokon hidrogénszegény gyűrűs szerkezetű, nagymolekulájú vegyületeket értünk. Ezek az anyagok ásványolajban nehezen oldódnak, könnyen oxidálódnak, és ilyenkor az olajoldatból kicsapódnak. Felosztásuk oldhatósági viszonyaik szerint történik. Az aszfaltanyagok szénen és hidrogéneken kívül más elemeket is tartalmazhatnak, így pl. oxigént, ként.

Jelentős befolyása van a feldolgozásra és felhasználásra a nyersolajok kén-tartalmának. A kén-tartalom majd minden esetben káros. A korrozív kénvegyületeket tartalmazó nyersolajokat „savanyúnak”, az ilyeneket nem tartalmazó nyersolajokat „édesnek” is nevezik. A kén-tartalom jelentősége miatt a Szovjetunióban a nyersolajokat kén-tartalmuk szerint osztályozzák.

A fémek főleg a nehéz párlatokban dúsulnak fel. Legveszélyesebb a vanádiumot tartalmazó vegyületek jelenléte, mert a fűtőolajok kén-tartalma az égés során a vanádium katalitikus hatása folytán kén-trioxiddá alakul, amely a ke-

letkező vízzel kénsavat alkotva károsítja a tüzelőberendezést (katasztrofális korrózió).

A nyersolajokat összetételük szerint a következőképpen csoportosítják:

1. paraffinbázisú nyersolajok,
2. intermedier vagy közbülső bázisú nyersolajok,
3. nafténbázisú vagy aszfaltbázisú nyersolajok.

Egyes országokban az aszfaltbázisú és nafténbázisú nyersolajokat külön csoportba sorolják. A nyersolajok csoportba sorolása önkényes. A besorolás alapját az képezi, hogy mely szénhidrogéncsoport nyomja rá jellegzetes bélyegét a vizsgált nyersolajra. Ennek megítélésére a sűrűség méréséből indulnak ki.

Minél szegényebb ugyanis egy szénhidrogén hidrogénben, annál nagyobb a sűrűsége. Így legkisebb sűrűsége a paraffinoknak van, nagyobb a nafténeknek, még nagyobb az aromás vegyületeknek és aszfaltanyagoknak.

Az összehasonlítás lehetővé tételére a nyersolajból ledesztillálnak két kulcspárlatot és megméri a sűrűségüket. Az egyik kulcspárlat légköri nyomáson 250–275 °C között forr, a másik vákuumban 5,33 kPa nyomáson 275–300 °C közt.

A nyersolaj bázisát a kulcspárlatok sűrűsége jellemzi a 4.3. táblázat szerint.

4.3. táblázat

A kulcspárlatok sűrűségének és a kőolaj bázisának összefüggése

Bázis	Első kulcspárlat sűrűsége 15,5 °C-on (kg/m ³)	Második kulcspárlat sűrűsége 15,5 °C-on (kg/m ³)
Paraffinos	830 alatt	874 alatt
Intermedier	830–860	874–928
Nafténes	860 felett	928 felett

A magyar nyersolajok egy részének mindkét kulcspárlata intermedier, ezek az olajok intermedier-intermedier bázisúak.

A világpiacon a kőolajok jellemzésére általában a kőolaj származási helyét és sűrűségét adják meg. Minél kisebb a kőolaj sűrűsége, annál több motorhajtó anyagot lehet belőle előállítani, és ennek megfelelően ára magasabb.

A sűrűséget gyakran API-fokban adják meg. API az American Petroleum Institute rövidítése: a sűrűséget speciális areométerrel mérik, amelynek skálája 100 egyenlő részre (API-fokra) van osztva. A világpiacon a kőolaj viszkozitását elsősorban hordóban (barrelben, 1 barrel kerekben 159 liter) mérik.

Technikai szempontból a nyersolaj könnyen illó fehérárukat (benzin, petróleum, gázolaj), kenőolajok és paraffinok előállítására alkalmas nagymolekulájú komponenseket valamint bitument tartalmaz. A kőolajfeldolgozás célja ezeknek az alkotórészeknek egymástól való szétválasztása.

4.3.2 A földgázok összetétele és csoportosítása

Földgáznak szűkebb értelemben a földből előtörő meggyújtható gázokat nevezik, amelyek főleg szénhidrogénekből állnak. Tágabb értelemben ide soroljuk a meg nem gyújtható komponenseket (nitrogén, szén-dioxid) tartalmazó előfordulásokat is.

Az Amerikai Egyesült Államokban egyes földgázok gazdaságosan kinyerhető mennyiségben héliumot is tartalmaznak.

Az éghető földgázok főtömegét gázhalmazállapotú szénhidrogének (metán, etán, propán, normál- és izobután) alkotják. Az erdélyi földgáz pl. csaknem tiszta metán. Számos földgázban (pl. dunántúli gázmezők) vannak a butánnál több szénatomot tartalmazó szénhidrogének is. Előfordul pentán, hexán, heptán, amelyek bár normális körülmények között cseppfolyósak, a földgázban mégis gőz alakban vannak jelen. Az ilyen gőzöket tartalmazó gázokat „nedves” gázoknak nevezik. A gőzök mennyisége némely esetben a 300 g-ot is eléri m³-enként.

A földgázokban a szénhidrogéneken, kén-hidrogéneken, szén-dioxidon stb. kívül víz is előfordul, amely a gázállapotú szénhidrogénekekkel szilárd zárványvegyület szerkezetű, kristályos hidrátokat képezhet. Ezek a földgáz szállításakor és a földgáz szénhidrogénjeinek feldolgozása során káros hatásúak, mert kristályok alakjában kiválnak a csővezetékekben, szelepekben, és így dugulásokat okoznak. A kellemetlen hatású gázhidrátokat a földgáz szállítása előtt el kell távolítani, a gázt meg kell szárítani.

Ipari értékesítés szempontjából a magyarországi gázok szén-dioxid tartalmuk alapján három csoportba oszthatók.

Az első a szénhidrogéngázok csoportja, ide sorolják azokat a gázokat, amelyek szén-dioxid-tartalma nem éri el a 10%-ot, és így a felhasználás szempontjából is szénhidrogéngáznak minősíthetők.

A második csoportba sorolják a szén-dioxidos kevertgázokat, amelyekre általában a 33–75% CO₂-tartalom jellemző, anélkül, hogy az összetételre vonatkozó százalékos adatok alapján éles elhatárolás volna lehetséges a szénhidrogén és a tisztán szén-dioxidos gázoktól.

Végül a szén-dioxidos gázok csoportjába sorolják az ország több területén talált földgázokat, amelyek túlnyomórészt (85–98%-ban) szén-dioxidból állnak.

Ez a tisztán technológiai szempontok szerinti csoportosítás merev vagy egyértelmű már azért sem lehet, mert a szén-dioxidon kívül más összetevők jelenléte és mennyisége is figyelembe veendő.

Hazánkban Répcelakon működik szénsavgyár, amely természetes eredetű szén-dioxidból gyárt palackozott szén-dioxidot, szárazjeget és cseppfolyós szén-dioxidot hűtőiparunk számára.

4.4 A kőolaj feldolgozása és termékei

A kőolajat finomítókban dolgozzák fel, melyeknek több típusa alakult ki attól függően, hogy milyen fő termékcsoporthoz gyártására épültek. A kőolajfinomítók egyik csoportjába tartoznak a motorhajtóanyag-fűtőolaj típusú finomítók. Itt az a cél, hogy a feldolgozott kőolajból jó minőségű benzint, petróleumot, gázolajat és fűtő-, valamint tüzelőolajokat állítsanak elő. A finomítók másik csoportjában a motorhajtóanyag-séma bővült kenőolajgyártási feladatokkal is. A legkorszerűbb finomítók petrokémiai termékek gyártásával is foglalkoznak. Bármelyik finomító típusról van is szó, a kőolajfeldolgozás első lépése a kőolaj atmoszferikus desztillációja.

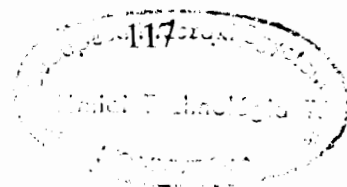
4.4.1 A kőolaj atmoszferikus desztillációja

A desztillációs feldolgozásban az elválasztás azon alapszik, hogy egy elegy desztillálásakor a gőz összetétele más, mint a folyadék összetétele. A gőzfázisban dúsabban fordulnak elő az illékonyabb, nagy tenziójú termékek, mint a folyadékban. Ha a gőzöket a folyadéktól elválasztják, akkor így a könnyebb termékeket el tudjuk választani a nehezebb termékektől.

A desztillációnak két módszere alakult ki, az egyensúlyi desztilláció és a differenciál desztilláció. Régebben a differenciál desztillációt használták a kőolajiparban, ahol a melegített folyadékból kilépő gőzöket azonnal elvezették a folyadék felszíne felől, s azokat kondenzálva a párlatot kinyerték. Ebben az esetben a gőzösszetétel állandóan változott és nem alakulhatott ki egyensúly a gőzök és a folyadékfázis között. Újabban az egyensúlyi desztilláció elvét alkalmazzák, melynél a kőolajat a desztilláció kívánt véghőmérsékletéig melegítik fel. A desztillálható anyagot, gőzöket és folyadékfázist együtt tartva lehetővé teszik, hogy így az egyensúly kialakuljon. Ebben az eljárásban élénk energiacserére kerül sor a gőzfázisba lépő molekulák között.

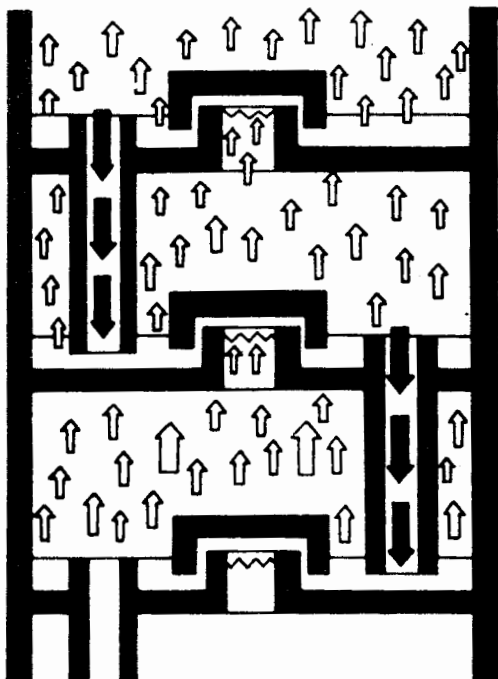
A nagy illékonyágú, kis molekulatömegű molekulák mozgási energiája a gőzfázisban megnő, nő az ütközések száma, és az ütközésekkor az aránylag kisebb energiaszintű, nagy molekulák energiát vesznek át a gyors mozgású, kis molekuláktól. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy ha ugyanazt a kőolajat dolgozzák fel differenciál desztillációval vagy egyensúlyi desztillációval, akkor az azonos párlatmennyiség eléréséhez egyensúlyi desztillációkor kisebb desztillációs véghőmérséklet elegendő. Ha pedig azonos hőmérsékleten végezzük a desztillációt, akkor egyensúlyi desztillációval nagyobb párlatmennyiséget tudunk előállítani, mint differenciál desztillációval.

A jelenlegi kőolajfinomítók desztillációs üzemei az egyensúlyi desztilláció



elvén alapulnak. Ezek az ún. csőkemencés desztillációs üzemek, amelyekben a kőolajat megfelelő hőcserélőkön keresztül előmelegítve csőkemencébe szivattyúzzák.

A csőkemence konvekciós és radiációs hőátadáson alapuló melegítő rendszer, ahol a csőkígyón átáramló kőolajat a desztillációs véghőmérsékletig melegítik. A csőkemencéből kilépő meleg anyag az ún. transzfer vezetéken kerül a frakcionáló toronyba. A belépés helyén kiképzett hengeres tér az ún. evaporátor tér, amelyben a desztilláció kialakult véghőmérsékletén szétválik a gőz és a folyadékfázis. A gőzfázisú részek felfelé haladnak a desztillációs toronyban. Ebben rendszerint buboréksapkás tányérok vannak elhelyezve, és a gőzök ezeken a tányérokon haladnak felfelé a torony tetejéig. Ha semmilyen beavatkozás nem történne, akkor ezek a gőzök változatlanul áthaladnának a desztillációs tornyon, és mint gőzelegy lépnének ki a toronyból. Ha gondoskodnak a gőzök kondenzálásához szükséges hőelvonásról, akkor azok a frakcionáló toronyban kondenzálódnak, és megkezdődik a frakcionált kondenzáció, illetőleg a frakcionálás. A hőelvonást úgy biztosítják, hogy a torony felső részét hűtik oly módon, hogy a toronytetőn távozó terméket lehűtött állapotban szivattyúzzák vissza a torony felső részére. A kőolajdesztillációban a torony fejterméke a benzin. Ha hideg benzint szivattyúznak vissza a torony tetejére, akkor az felülről lefelé áramolva a buboréksapkás tányérokon folyadékra teget képez, amelyen megindul a kondenzáció. Kettős áramlás alakul ki a frakcionáló tornyokban. A gőzök felfelé szállnak, és közben keresztezik a buboréksapkás tányérokban lévő folyadékot, a folyadékban a nehezebb alkatrészek kondenzálódnak, a könnyebb alkatrészek pedig gőzfázisban haladnak tovább. Míg a gőzök felfelé áramlanak, a nehezebb alkatrészek tálcáról tálcára lefelé haladva, ellenáramban folynak vissza. A frakcionáló torony működési elve a 4.2. ábrán látható.



4.2. ábra. A frakcionáló torony működési elve

Ha megfelelő tálcákat, vagy tálcacsoportokat megcsapolnak, akkor adott összetételű oldalpárlatokat nyernek. Ezek az oldalpárlatok azonban még az áthaladó gőzök miatt könnyű termékeket is tartalmaznak, s ezért a könnyű alkatrészeket egy külön kiforráló oszlopban vízgőzzel kell kihajtani. A *Raoult–Dalton-törvény* szerint a vízgőz parciális nyomást csökkentő hatása biztosítja a könnyű termékek elpárolgását. Ezeket visszavezetik

a csapolás helye fölé a fő frakcionáló toronyba. A visszavezetésre több módszer lehet alkalmazni.

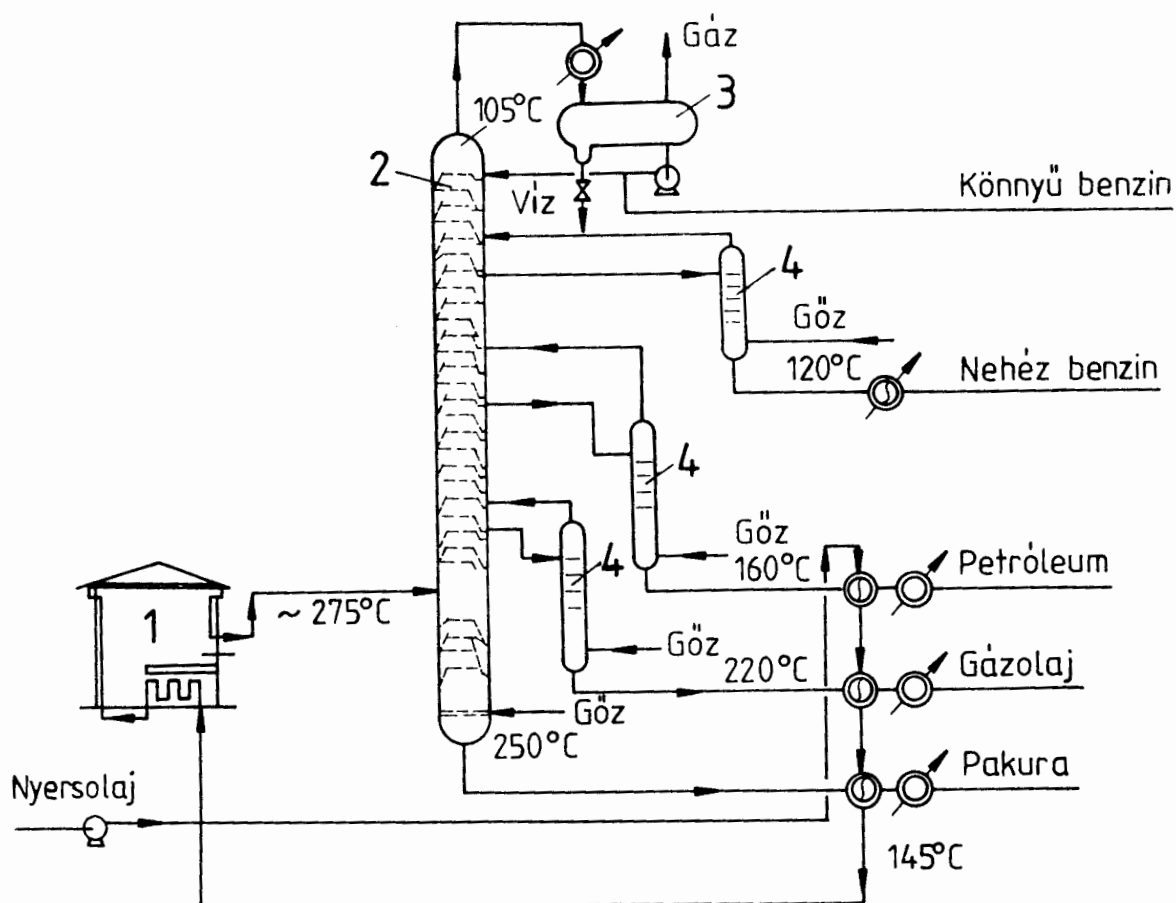
Az úgynevezett meleg reflux alkalmazásakor közvetlenül a toronycsúcsba beépített vagy a fölé elhelyezett kondenzátoron kondenzált terméket engedik vissza a toronytetőbe. Hideg reflux esetében a torony teljes fejtermékét elvezetik, lehűtik és hideg állapotban szivattyúzzák vissza a torony csúcsára. A hőelvonás nemcsak a toronycsúcson következhet be, hanem a hőelvonás biztosítható a torony közbülső szakaszain is, az ún. cirkulációs reflux alkalmazásával. Ha valamely tálcáról megcsapolt terméket elvezetik, lehűtik és a csapolt tálca fölötti tálcára vezetik vissza, akkor közbülső hőelvonást biztosítanak, amivel a torony terhelését lehet csökkenteni, és a torony kapacitását növelni. Az atmoszferikus desztillációkor az evaporátor alján kilépő cseppfolyós termék a pakura, ami lefelé halad egy kigőzölő szakaszon keresztül, hogy a könnyű termékek eltávozzanak belőle.

A csökemencés desztilláció folyamatos üzemben működik. A csökemencés desztilláció vezérlő paraméterei: a folyamatos betáplálás egyenletességének a biztosítása, a csökemence kilépő hőmérséklete, a toronycsúcs hőmérséklete, a csapolások mértéke és a kigőzölő oszlopokban, valamint a pakura-evaporátor alatti részben a kigőzölő gőzök mennyiségének az adagolása.

Az egyenletes betáplálás az alapja az üzem technológiai egyensúlyának. A csökemence kilépő hőmérsékletének az emelésével párhuzamosan a párlathozam nő, és nő a maradványfűtőolaj viszkozitása. A toronycsúcs hőmérsékletének a megszabásával a fejtermék minőségét is lehet szabályozni. Általában az atmoszferikus desztillációk során a csökemence kilépő hőmérséklete 280–300 °C között, a toronycsúcs-hőmérséklet pedig 105–110 °C között szokott lenni. A csapolások mértéke befolyásolja az egyes termékek hozamát és minőségét. Ha egy csapolást nyitnak, az illető termék mennyisége nő, és a termék átlag molekulatömege és átlag forráspontja emelkedik. Ha egy csapolást zárnak, a termék mennyiségének a csökkenésén kívül annak átlag molekulatömege és átlag forráspontja is csökken. A kiforráló gőzeit nem szokták szabályozásra felhasználni, de gondoskodni kell azok jellemzőinek egyenletességéről (nyomás, hőmérséklet, mennyiség).

Az atmoszferikus desztillációs berendezés fő részei a csökemence vagy csökemencék, frakcionáló torony vagy frakcionáló tornyok és kigőzölőtornyok, hűtők, hőcserélők, ezenkívül a szivattyúk, és igen fontos az automatika. A folyamatos üzemű kőolajdesztilláció vázlata a 4.3. ábrán látható. A desztillációs berendezések kapacitása rohamosan nő. Míg a 60-as években az 1 millió tonna/év kapacitású desztillációs berendezés nagynak számított, ma már 6 millió tonna/év kapacitású berendezéseket is alkalmaznak. Magyarországon a legnagyobb berendezés 3 millió tonna/év kapacitású.

A csökemencés desztilláció alkalmas volt arra, hogy az automatizálás különböző fokait valósítsák meg rajta. Az automatizálás első állapota az volt, ami-



4.3. ábra. Folyamatos üzemű kőolajdesztilláció folyamatábrája
 1 – csőkemence, 2 – frakcionáló torony, 3 – refluxtartály, 4 – kigőzőlő tornyok

kor az egyes vezérlő paramétereket külön-külön mérték és szabályozták. Így a betáplálás egyenletességét, a csőkemence kilépő hőmérsékletét, vagy pl. a toronycsúcs hőmérsékletét úgy szabályozták, hogy a toronycsúcs-hőmérséklettel vezérelték a visszanyomott reflux-benzin mennyiségét, és ha a toronycsúcs-hőmérséklet emelkedett, a reflux-benzin mennyiségét növelték, ha csökkent, annak a mennyiségét csökkentették. Ma már olyan komplex automatizált desztillációs berendezések vannak, amelyek paraméter összefüggéseit matematikai modellbe foglalták össze, és elektronikus számítógépbe táplált program szerint szabályozzák a berendezést. Az automatizálás ilyen foka még nem általános, de jól automatizált desztillációs berendezésnél napi 6 000 tonna kőolaj feldolgozásához nem kell több ember, mint műszakonként 4–5 fő. Az automatizálás újabb iránya az, hogy a termékek minőségének folyamatos megállapításával vezéreljék az üzemet. Az automatizálásnak nagy gazdasági jelentősége van, mert az egyes termékek világpiaci árában jelentős árkülönbségek vannak, ezért már az értékesebb termékek néhány tized % hozamjavulása is megtérítheti az automatizálás többletköltségét.

Az atmoszferikus desztilláció termékei a párlatok, az ún. fehérárúk (benzin, petróleum, gázolaj) és a párlási maradék (pakura vagy mazut). Ezek a párlatok még nem késztermékek, továbbfeldolgozásukra van szükség. A pakura sem szokott késztermékként a legtöbb esetben forgalomba kerülni, hanem továbbfeldolgozási alapanyagként lehet tekinteni. A fehérárúk fő felhasználási területe a motorhajtó anyagként való alkalmazása, amely különféle követelményeket támaszt.

4.4.2 Motorhajtó anyagok

A kőolaj-feldolgozó iparban gyártott motorhajtó anyagok a belsőégésű motorok üzemeltetésére szolgálnak. A belsőégésű motorok két nagy csoportba oszthatók: az első csoportba tartoznak a reciprokáló vagy dugattyús motorok, a második csoportba a gázturbinák. A reciprokáló, dugattyús motoroknak is két nagy csoportja van: a szikragyújtású- vagy *Otto-motorok* és a kompressziógyújtású vagy *dizelmotorok*.

A szikragyújtású motorok üzemanyaga motorbenzin, a dizelmotoroké a gázolaj, a gázturbinák motorhajtó anyagaként pedig speciális petróleumokat használnak.

4.4.2.1 Motorbenzin

A motorbenzinek tulajdonságai néhány, a motor által támasztott követelménynek kell, hogy megfeleljenek. Ezek közül az első a motorbenzin megfelelő *illékonyága*. Mint ismeretes, a szikragyújtású- vagy *Otto-motorokban* a keveréket a szívóütemben a karburátorból szívja be a motorba a dugattyú. Ebben a karburátorban légáram halad el a karburátor fúvókái előtt és a keletkezett keverék koncentrációja részben a benzin illékonyágának a függvénye. Ha a benzin túl sok nehezen illó, nagy forráspontú részt tartalmaz, ezek nem gőz halmazállapotban, hanem cseppek formájában kerülnek a hengerbe, a henger falán lecsapódnak, és a motorolaj túlzott hígulásához vezetnek.

Ha pedig túl sok nagyon illékony, kis forráspontú rész van a benzinben, akkor súlyos üzemzavar veszélye áll fenn. A gépjárművek legnagyobb részében a benzint szivattyú szívja fel a motorhajtóanyag-tartályból. Ebben a szívóvezetékben tehát kis depresszió van. Ha túl illékony komponenseket tartalmaz a benzin, a szívóvezetékben gőzbuborék képződésének a veszélye áll fenn, amely a benzin folyamatos szállítását megakadályozza. Különösen veszélyes ez a gőzbuborékképződés a repülőbenzinek és a repülőgépek esetében. Fentiekből kitűnik, hogy a benzin illékonyágát pontos határok közé kell szorítani.

Az illékonyág vizsgálatára *desztillációs próbákat* alkalmaznak. Általában 100 cm³ benzint szabványos körülmények között desztillálnak le, és feljegyzik

a forrás kezdetétől a forrás végéig a hőmérséklet alakulását az átdestilláló benzin térfogatszázalékának függvényében. Így olyan desztillációs görbét kapnak, mely nemcsak az illékonysági határookra jellemző, de a benzin frakciók szerinti összetételére is. A könnyűpárlat-tartalmat a desztillációs görbe adatain túlmenően külön vizsgálattal is ellenőrzik. Ez a vizsgálat a *Reid-féle gőznyomásvizsgálat*. A *Reid-készülékbe* bemért benzint 38 °C-os fürdőben melegítik fel és meghatározzák, hogy ezen a hőmérsékleten mennyi a benzin gőznyomása. Ez a nyomásérték a szabványok szerint télen nagyobb, nyáron kisebb. A legszigorúbbak a gőznyomás-előírások a repülőbenzinekre.

A motorbenzinekkal szemben támasztott második követelmény, hogy ne tartalmazzanak gyantát, vagy gyantaképzésre hajlamos vegyületeket. A benzinekben ugyanis lepárlásuk után kevés gyantaszerű anyag marad vissza, egyes benzinekben pedig olyan vegyületek vannak, melyek gyantásodásra hajlamosak. Ezek a gyantaszerű anyagok a karburátorokban dugulásra vezethetnek, ezért mennyiségüket szigorú határok között kell tartani. Az ún. *aktuális* (jelenlévő) *gyantatartalom* meghatározása úgy történik, hogy üvegtálba bemérnek 100 cm³ benzint, és azt elpárologtatva, megméri a visszamaradó gyanta mennyiségét. A különböző előírások max. 8 mg gyantatartalmat engedélyeznek a benzinekben, de jó benzinekben ennek csak egy kisebb hányada található meg. A *potenciális gyanta* (vagy gyantaképzési hajlam) főként azokban a benzinekben található, amelyekben több olefin-szénhidrogén van. Ilyen benzinek pl. hőbontáson alapuló eljárásokkal készülnek. Az olefinek, de főleg a diolefinek hajlamosak arra, hogy polimerizálódjanak, és olyan molekulatömegű termékek keletkezzenek, melyek már gyantajellegűek. Ezeknél tehát magában a benzinben még nem nagy a gyantatartalom, de ha a benzint tárolják, a gyantatartalom megemelkedik. A vizsgálat arra irányul, hogy megállapítsa, tárolás közben mennyire hajlamos a benzin gyantaképzésre. Számos vizsgálat közül legjobban elterjedt az ún. *indukciós periódus* vizsgálata, amelyben a benzint oxigénnyomás alá helyezik, és figyelik a nyomás alakulását. A bombában egy ideig a nyomás állandó, majd amikor az oxigén kezd beépülni az olefin-szénhidrogénekbe és a nagymolekulájú vegyületekbe, a nyomás rohamosan csökkenni kezd. Azt az időtartamot, amely a vizsgálat kezdetétől az oxigénnyomás csökkenésének kezdetéig tart, nevezik *indukciós periódusnak*. A különböző benzinekre ezt az indukciós periódust több órában, 6–10 órás periódusban írják elő. Ez megnövelhető, ha a megfelelő benzinekbe inhibitorokat kevernek, amelyek az oxigén beépülését késleltetik.

A benzinekkel szemben támasztott követelmény az is, hogy ne tartalmazzanak korróziót okozó vegyületeket. Ilyenek a kénvegyületek, elsősorban a merkaptánok. A *korróziós vizsgálatot* úgy végzik el, hogy a benzinbe rézlemez helyeznek, és megfigyelik, hogy a rézlemez elszíneződik-e vagy sem.

A benzinekben lévő szerves vagy különösen szervesetlen *vízben oldható sav-, illetőleg lúgtartalmat* szigorúan tiltják a minőségi előírások.

A benzinek motorikus viselkedésének legfontosabb jellemzője a *kompresziótűrés*. Ezzel kapcsolatban a kompresszióviszonnyal és a benzinmotorban lezajló égési folyamatokkal kell kissé bővebben foglalkozni. A benzinmotorban a szívási ütemben bekerülő benzin-levegő keveréket a kompressziós ütemben a dugattyú összesűriti. A sűrités mértékét a motor kompresszióviszonya szabja meg. Kompresszióviszonynak nevezzük a dugattyú felső holtpontjában a dugattyú felett lévő holttér viszonyát a teljes hengertérfogathoz, ami a dugattyú alsó holtpontjáig terjedő teljes lökettérfogat és a holttér összege. Ezt a kompresszióviszonyt az évek folyamán állandóan növelték, mert növelésével a motor termikus hatásfoka javult. A kompresszióviszonyt azonban nem lehet minden határon túl emelni, mert a termikus hatásfok növekedésével romlik a motor mechanikus hatásfoka. A korszerű benzinmotorok kompresszióviszonya 1:9, 1:10-ig jutott el.

A kompresszióviszony növelésekor – kb. 60 évvel ezelőtt – érdekes jelenséget tapasztaltak; a motor hatásfoka hirtelen romlani kezdett, és az elégést erős csörgő, kopogó hang kísérte. Ezt a jelenséget RICARDO professzor vizsgálta, és a vizsgálatok szerteágazó okokra mutattak rá. A kopogásos elégés okai három tényezőcsoportban kereshetők. Az első tényezőcsoport a motor szerkezeti tulajdonsága, a második a motor üzemeltetési körülményei, a harmadik a benzin minősége. Ezeket az okokat vizsgálva a következőket állapították meg. A kopogásos elégés úgy következik be, hogy a motor égési folyamatai lényegesen meggyorsulnak. Amikor a kompresszióütem vége felé a felső holtpont előtt néhány fokkal az előgyújtásnak megfelelően a gyújtógyertya szikrája meggyújtja a keveréket, akkor normális elégéskor néhány m/s lángsebességgel halad a lángfront a keveréken belül. Kopogásos elégéskor azonban a gyújtógyertya szikrája után a láng normális ütemben és normális sebességgel indul el, a lángfront azonban tovább összesűriti a még el nem égett keveréket. A sűrités növekedésekor az összesűritett keverékben részben öngyulladás következik be, mely láncreakciószerű elégéshez vezet, és az égési sebesség a normális égési sebesség 100–1000-szeresére nő.

Az igen gyors elégés során nyomás csúcserkékek alakulnak ki, és ez azt jelenti, hogy a még felfelé haladó dugattyú hirtelen ütésszerű nyomásnövekedéssel találkozik. Ez okozza a hatásfok romlását és a kopogó, csörgő hangot. A motor szerkezeti tulajdonságai közül ezen jelenségek bekövetkezésére elsősorban a nagyobb kompresszióviszony, valamint az égéstér alakja van jelentős befolyással. Ha a beszívott levegő hidegebb és nedvesebb, valamint szakaszos üzemben a kopogási veszély kisebb. Legnagyobb a kopogási veszély kis fordulatszámnál és teljes gázadáskor.

A benzinek tulajdonságainak vizsgálatára tisztázni kellett, hogy a motor szerkezeti tulajdonságok és az üzemeltetési viszonyok milyenek legyenek. Nyilván csak megszabott motor és előírt motorüzemeltetési viszonyok mellett lehet a benzinminőség befolyását a kopogásra vizsgálni. Az Amerikai Egyesült

Államokban alakult ún. CFR Bizottság szabványosított egy motort és vizsgálati módszereket a benzinek kompressziótűrésének vizsgálatára. Ez az ún. CFR-motor egyhengeres, változtatható kompresszióviszonyú motor, melyben a motorszerkezet pontosan előírt, és az üzemeltetési viszonyokat is előírják. A vizsgálatoknak több módja alakult ki, a legelterjedtebb az ún. motormódszer és a kísérleti (research) módszer. A motormódszerben a motor fordulatszámja 900, a kísérleti módszerben 600. A levegő hőmérséklete az első esetben 24 és 52 °C között van, a másodikban 52 °C.

A vizsgálatok során azt találták, hogy a benzinek kompressziótűrése elsősorban a benzinek összetételétől függ. Felállítottak egy empirikus skálát, az ún. oktánszámskálát. Ennek nulla pontja egy elágazás nélküli paraffin-szénhidrogén, a *n*-heptán, a 100-as pontja pedig egy izooktán, a 2,2,4-trimetil-pentán. Az oktánszám azt fejezi ki, hogy a motorbenzin hány tf% *i*-oktánt tartalmazó *i*-oktán-*n*-heptán eleggyel azonos kompressziótűrésű.

Oktánszámot úgy határoznak meg, hogy vizsgálják, hány % *i*-oktánt tartalmaz az elegy, amellyel üzemeltetve a motort, ugyanolyan kompresszióviszony mellett észlelnek kopogást, mint a vizsgálandó benzinnel. Ha egy és ugyanazon benzinnel motormódszerrel és kísérleti módszerrel végezzük el az oktánszám meghatározását, akkor két különböző értéket kapunk.

A motormódszer a nagyobb fordulatszám miatt nagyobb igénybevételt jelent üzemeltetéskor, mint a kísérleti módszer, ezért ugyanaz a benzin kisebb oktánszámot mutat a motormódszer szerint. A két oktánszám értékének az eltérése az ún. szenzibilitás, amely arra jellemző, hogy az illető benzin mennyire érzékeny az üzemeltetési viszonyok változtatására. A vizsgálatokat a szénhidrogéncsoportokra kiterjesztve megállapították, hogy nemcsak az izoparaffinoknak jó az oktánszámuk, hanem az olefineké is jobb a normál-paraffinokénál, és kedvező az aromás szénhidrogének oktánszáma is.

Repülőbenzinekre a vizsgálatnak egy további módszere is használatos, az ún. teljesítményszámmérés dús keverékben. Dús keverékkel, amely még benzincseppeket is tartalmaz, a benzin oktánszáma nagyobb, mint a normálkeverékkel. Az így kapott mérési értékek sokszor 100 felett vannak. Az ilyen dús keverékben való viselkedésnél fontos az aromás szénhidrogének jelenléte. Éppen ezért, ha valamilyen benzin oktánszámát megadják, mindig meg kell jelölni a vizsgálati módszert is, mert enélkül az oktánszám értéke nem ítéhető meg. A világirodalomban az ún. *research* vizsgálati módszert F_1 , a motormódszert F_2 módszernek, a dús keverékben való ún. teljesítményszámmérést F_4 módszernek nevezik.

Motorbenzinekre általában a *research*-oktánszámot adják meg. Ez korszerű motorbenzinek esetében 86 és 98 között változik. Repülőbenzinekre mind a *research*-oktánszámot, mind a dús keverékben mért oktánszámot megadják. Elterjedt repülőbenzin-fajta pl. a 95/130-as oktánszámú. Autóbenzinek esetében a 100 °C-ig forró rész oktánszámát is meghatározzák (front oktánszám).

Előzőekből kitűnik, hogy a desztillációval nyert benzin, az ún. *straight-run* benzin ma már nem elégíti ki a motorbenzin követelményeket. Ezért a motorbenzint több komponens keverésével, egyes komponensek kémiai átalakításával, adalékolással kell előállítani.

4.4.2.2 Petróleum

A petróleum gazdasági jelentősége sokat változott az elmúlt 100 év alatt. A kőolajipar kezdeti idejében a legfontosabb céltermék a petróleum volt, majd jelentősége állandóan csökkent, s ma ismét nő. Régebben a petróleum mint világítóanyag játszott nagy szerepet, ma reaktív motorok részére speciális petróleumot gyártanak. Míg a világító petróleumok mintegy 180 °C-tól 300 °C-ig forró párlatok, a lökhajtásos petróleum tulajdonképpen átmenetet képez a nehézbenzin és a petróleum első frakciói között.

A speciális petróleumok forrásponthatára általában 150 és 250 °C között van. Nem elegendő a dermedéspont meghatározása, hanem előírják az üzemanyagot zavarossá tevő kristálykiválás kezdetének az értékét is (zavarosodási pont). Érthető tehát, hogy a reaktív üzemanyagoknak vízmenteseknek kell lenniük, és a vízfelvevő képességük is csak csekély lehet, minthogy a korszerű repülőgépek a sztratoszféra határán repülnek. A kristálykiválás kezdete –60 °C alatt lehet. Fontos a különböző hőmérsékleteken mért viszkozitás és a koromképzési hajlam. Mint ismeretes, ezt az üzemanyagot égetőkamrákban égetik el nagy mennyiségben, és a kamrából kilépő forró füstgázok hajtják a gázturbinát, illetőleg a sugárhajtású gépekben az aggregátból kifújva, a reaktív erővel hajtják a gépet. Az elégetéskor képződő nagy mennyiségű korom dugulásokra vezethet, és ezért a kormozási hajlam nagyon fontos. A kormozási hajlam csökkentése miatt az aromástartalmat korlátozni kell. Ezeknek a petróleumoknak az aromástartalma legfeljebb 20–22% lehet. Ugyancsak fontos, hogy a lökhajtásos petróleumokban korrózióra vezető vegyület, mint pl. merkap-tán, csak egész kis mennyiségben – maximum 0,005% – lehet.

4.4.2.3 Gázolaj

Fontos motorhajtó anyag a gázolaj. Sok helyen dízelolajnak (*Diesel fuel, dieselnoe toplivo*) nevezik. A gázolaj az atmoszferikus desztilláció harmadik frakciója. Forrásponthatára általában 200 és 360 °C között van.

A gázolaj a dízelmotorok vagy kompressziós gyújtású motorok hajtóanyaga. A gázolajjal szemben támasztott egyik követelmény a *szivattyúzhatóság*. A gázolajat adagolószivattyúk szállítják a porlasztókba. Ezekben a gázolaj megfelelő viszkozitását kell biztosítani. A tapasztalat azt mutatja, hogy a jó gázolajok viszkozitása 20 °C-on 2,5–6 mm²/s.

A szivattyúzhatóság másik feltétele, hogy a gázolaj dermedéspontja megfelelően kicsi legyen. A mi időjárási viszonyaink között 0°C dermedéspontú gázolaj az év jelentős részében megfelelő. A téli gázolajsükségletet -15°C -os dermedéspontú gázolajjal lehet biztosítani, különleges esetekben -25°C alatti dermedéspontút is elő kell állítani.

A gázolajokkal szemben támasztott második fontos követelmény a *porlaszt-hatóság*. Ebből a szempontból a gázolaj forrásponthatárait kell megállapítani. Ezt is desztillációs próbával végzik, s annak a már említett határok között kell lennie. Fontos a porlaszthatóság szempontjából a gázolaj *kokszosodási hajlamma*, amelyet a *Conradson-számmal* jellemeznek. A kokszosodásra hajló gázolaj ugyanis kokszlerakódásra vezet a porlasztószájnál. Így a porlasztás romlik, és a motor hatásfoka csökken. A kokszosodási hajlamot úgy mérik, hogy a gázolaj desztillációs próbájának 10%-os maradványát egy vastégelyben elégetik, és mérik a kokszos maradvány mennyiségét. A *Conradson-szám* a 10%-os maradékból max. 0,2% lehet. Természetesen a gázolaj sem tartalmazhat korróziót okozó vegyületeket, vízben oldható savakat vagy lúgokat.

Az előírások közül ismét az égési tulajdonságokra hívjuk fel a figyelmet, amelyekre a gázolaj gyulladási hajlamának a vizsgálata, a gázolaj *cetánszámának* meghatározása ad felvilágosítást. Mint ismeretes, a dízelmotorban a kompresszió végén komprimált forró levegő van, mert a dízelmotor a szívóütemben csak levegőt szív be. A komprimált forró levegőbe beporlasztott gázolajnak meg kell gyulladnia. Azt az időt, amely a beporlasztás kezdetétől a gyulladás kezdetéig eltelik, gyújtási késésnek nevezik. Ha ez a gyújtási késés nagy, a dízel-kopogás jelensége lép fel. Ez úgy következik be, hogy a nagy gyújtási késés alatt aránylag sok gázolaj kerül az égési térbe, ez hirtelen elégséggé ugyancsak nyomás csúcsértéket alakít ki. A nyomás csúcsértékek kopogó hangban és hatásfok romlásban nyilvánulnak meg. A dízel-kopogás ugyanúgy több tényező függvénye, mint a kopogásos elégsé a benzinmotorokban. Szerepet játszanak a motor konstrukciós viszonyai, az üzemeltetési tényezők és végül a gázolaj kémiai összetétele. A motorkonstruktőrök igyekeznek a dízel-kopogás jelenségét kiküszöbölni, azaz a gyújtási késést lecsökkenteni.

A kompresszióra való gyulladás értelemszerűen éppen ellentéte a kompressziótűrésnek. Ebből az következik, hogy a normál-paraffin-szénhidrogének kedvezőek a dízelmotorokban, és az aromás szénhidrogének kedvezőtlenek. Összeállítottak egy gyakorlati skálát a kompressziógyújtás ellenőrzésére és a gázolajok értékelésére. Ez a cetánszám-skála, amelynek 0-pontja az α -metil-naftalin, 100-as pontja – tehát legkedvezőbb értéke – pedig egy *n*-paraffin-szénhidrogén, a 16 szénatomos cetán.

Ha egy gázolaj cetánszáma 45, az azt jelenti, hogy olyan keveréknek felel meg a gyulladási hajlam szempontjából, amely 45% normál-cetánból és 55% α -metil-naftalinból áll.

Míg az oktánszám mérésére kialakultak a világon teljesen egységesített mérőmotorok és mérési-rendszerek, a cetánszám mérésére ilyen egységes módszer nem alakult ki. Az egyik módszer az ún. *CCR-módszer*, a kritikus kompresszióviszony módszere, amely egyhengeres, változtatható kompresszióviszonyú motorban méri a dízel-kopogás kezdetét jelző kompresszióviszony értéket, és ennél az értéknél hasonlítja össze a gázolajokat az előbb említett alapanyagkeveréssel. Nem is szükséges a dízel-kopogást, illetőleg a cetánszámot mindenképpen motorban mérni, vannak megfelelő laboratóriumi módszerek a gázolaj értékelésére. Ezen módszereknek az a lényege, hogy azt vizsgálják, hogy a gázolaj mennyiben paraffinos jellegű, és mennyiben tartalmaz aromákat. Az egyik ilyen módszer az *anilinpont* vizsgálata. Az anilin mint szelektív oldószer jól oldja az aromás vegyületeket, és nem oldja a paraffinos alkotórészeket. Ha a vizsgált gázolajat anilinnal összekeverjük, és utána a homogén keveréket lehűtjük, akkor egy bizonyos hőmérsékleten az oldat két fázisra oszlik szét. Minél magasabb ez a hőmérséklet, annál paraffinosabb a gázolaj, az *anilinpont* tehát jellemző a szénhidrogén összetételére.

A cetánszám mellett az ún. *Dízel-index* is jellemző a gázolaj gyulladási hajlámára. A *Dízel-index* számszerűleg nem egyezik a cetánszámmal, de értelmében azonos jelentőségű. Kiszámításához a gázolaj sűrűségének és anilinpontjának ismerete szükséges.

Az intermedier és paraffinos kőolajokból gyártott gázolajok cetánszáma külön beavatkozás nélkül eléri a 45–48-as értéket, ami a korszerű gyorsfordulat-számú dízelmotorokhoz elégséges.

A gázolajok lényeges jellemzője azok *kéntartalma* is. Minthogy a világon egyre több nagy kéntartalmú kőolajat kénytelenek feldolgozni, egyre nő a kéntartalmú gázolajok mennyisége is. A világpiacon kénmentesnek nevezik azokat a gázolajokat, amelyeknek kéntartalma 0,2% alatt van. A kénes gázolajok kéntartalmát általában 1% kéntartalomig engedik meg. Bár kénes gázolajokkal is zavartalanul lehet dízelmotorokat működtetni, a nagyobb motorolajfogyasztás, a szigorú környezetvédelmi előírások és korróziós kérdések miatt szükséges a kéntartalom csökkentése, amit ma már a világ számos kőolajfinomítójában (hazánkban is) katalitikus hidrogénezéssel érnek el.

4.4.3 Destruktív eljárások

A kőolajipar kezdeti éveiben a kőolajból desztillációval előállítható fehérárúk fedezték a szükségleteket. Századunk elején a motorhajtóanyag-igény gyorsabban nőtt, mint a kőolajból desztillációval előállítható motorhajtóanyag-mennyiség és ezért alakultak ki azok a destruktív eljárások, melyeknek a lényege, hogy a nagyobb molekulák elbontásával olyan kisebb molekulákat állítanak elő, melyek motorhajtó anyagnak alkalmasak.

A destruktív eljárások kezdetben elsősorban benzin előállítására szolgáltak, és a benzin mennyiségének növelése mellett egyidejűleg minőségjavító hatásuk is volt. Később olyan destruktív eljárásokat is bevezettek, melyek a gázolajtermelést növelik meg. A destruktív eljárások közé tartoznak a termikus és katalitikus krakkolások, valamint a hidrokrakkolások.

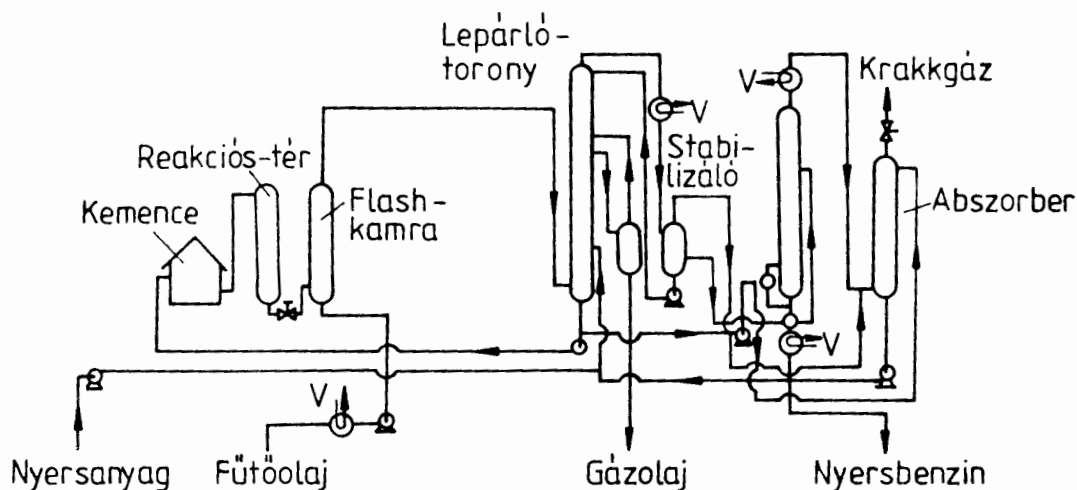
A destruktív eljárások lényege, hogy a hosszú szénláncú paraffinok hő hatására elbomlanak, amelynek során rövid szénláncú paraffinok és olefinek keletkeznek. A keletkezett olefinek a reakció körülményei között hajlamosak polimerizálódásra, amikor ismét nagyobb molekulák keletkeznek. Ezek azonban a kiinduló molekulánál hidrogénben szegényebbek, és ismét bomlanak, így hidrogénben egyre szegényebb termékek keletkezhetnek. A többszöri bomlás és rekombinálódás eredményeképpen a krakkolás eljuthat egy egészen hidrogénszegény petrolkocszig, és a termékekben egyre több kis molekulájú, de ugyancsak hidrogénben szegényebb termék található. Hogy ezek a bomlási folyamatok hogyan zajlanak le, az elsősorban az alkalmazott hőmérsékletnek és a reakció időtartamának függvénye. A hőmérséklet növelésekor a bomlás gyorsabban zajlik le, ha a reakció ideje hosszabbodik meg, ugyancsak eléggé nagy mértékű krakkolást lehet elérni. A krakkolás megvalósítására három módszer alakult ki, amelyeket a következőkben ismertetünk.

4.4.3.1 Termikus krakkolás

A termikus krakkolásokat 450–600 °C hőmérsékleten valósítják meg. Kishőmérsékletű krakkolásnak is nevezik, szemben a pirolízissel (750–950 °C) és a nagyhőmérsékletű pirolízissel ($T > 1200$ °C).

A termikus krakkolás alapanyaga a párlási maradék, a pakura. Csökemencés krakkoló eljárásokat alkalmaznak, amelyekben a pakurát csökemencében melegítik fel. A legjobban elterjedt krakkolási eljárásban az ún. *szelektív módszert* használják. A krakkolási hőmérséklet ugyanis a molekula nagyságának függvénye. A nagyobb molekulák kisebb hőmérsékleten bomlanak, a kisebb molekulák nagyobb hőmérsékleten. Szelektív krakkoláskor úgy járnak el, hogy a krakkolandó pakurát hőcserélőkön keresztül a fő frakcionáló torony alsó harmadába nyomják. A meleg frakcionáló toronyban a pakurában levő párlatok eldesztillálnak, a párlási maradék a torony fenekén távozik. Innen forróolaj-szivattyú nyomja át egy csökemencébe, melyben 3–5 MPa nyomást biztosítanak. A kemencéből kilépő termék 500 °C felett egy reakciókamrába kerül, ahol bomlási reakciók zajlanak le. A reakciókamrából a termékek egy folyadék-gőz elválasztóedénybe jutnak, melynek alján a krakkolás maradéka, a maradványfűtőolaj gyűlik össze, párlatai pedig a fő frakcionáló toronyba kerülnek a nyersanyagbevezetés alá. A krakkolóberendezés fő frakcionáló toronyának a gázolajfrakcióit megcsapolják, és ezt a gázolajfrakciót egy másik, magasabb hőmérsékleten az ún. mélykrakkoló csökemencébe vezetik. Ebben

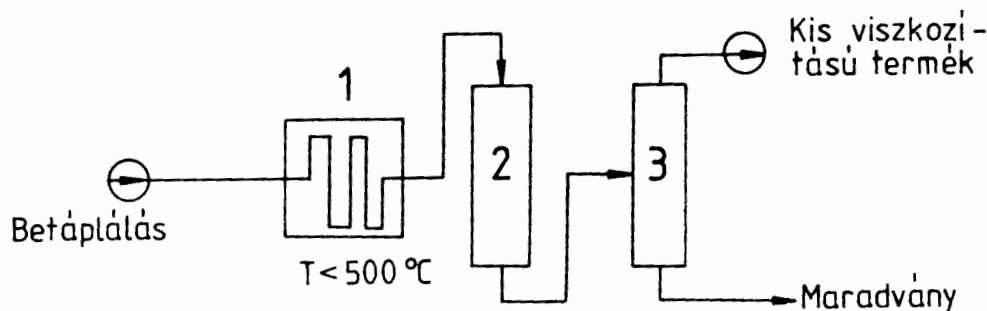
a mélykrakkoló csőkemencében felhevített gázolaj gőzeit ugyanabba a reakciókamrába vezetik be, melybe az előző csőkemence termékei kerültek. A gőzök azután már közösen lépnek a frakcionáló toronyba (lásd 4.4. ábra).



4.4. ábra. Dubbs-rendszerű hőbontás

A vázolt szelektív krakkolóberendezésnek a termékei részben gázok, amelyek C_2 -, C_3 -, C_4 -olefin-szénhidrogéneket tartalmaznak. A cseppfolyós termék a krakkbenzin, amelyben mintegy 40–45% olefin-szénhidrogén van. Krakk-gázolaj mint termék nem kerül ki a szelektív krakkolásból, mert feldolgozzák a mélykrakkoló kemencében. A párlási maradék a krakkfűtőolaj, amelyik közel 1-es sűrűségű, és jelentős mennyiségű olefin-szénhidrogént tartalmaz. A termikus krakkoló úgy is üzemeltethető, hogy a krakkolás maradványa az alumíniumipar számára rendkívül jelentős petrokoksz.

A termikus krakkolás speciális formájának tekinthető a *viszkozitástörés* (Visbreaking). Az alapanyagok nagyviszkozitású desztillációs maradékok, amelyeket folyadékfázisban $500\text{ }^\circ\text{C}$ alatti hőmérsékleten kiméletesen krakkolnak. Ennek során a viszkozitás olyan mértékig csökken, hogy a terméket tüzelőolajként vagy krakkolási alapanyagként lehet felhasználni. A viszkozitással egyidejűleg a dermedéspont is jelentősen csökken. Kocsz nem keletkezik. Az eljárás vázolata a 4.5. ábrán látható.



4.5. ábra. A viszkozitástörés folyamatvázlata
1 – csőkemence, 2 – reakciókamra, 3 – elválasztó

4.4.3.2 Katalitikus krakkolás

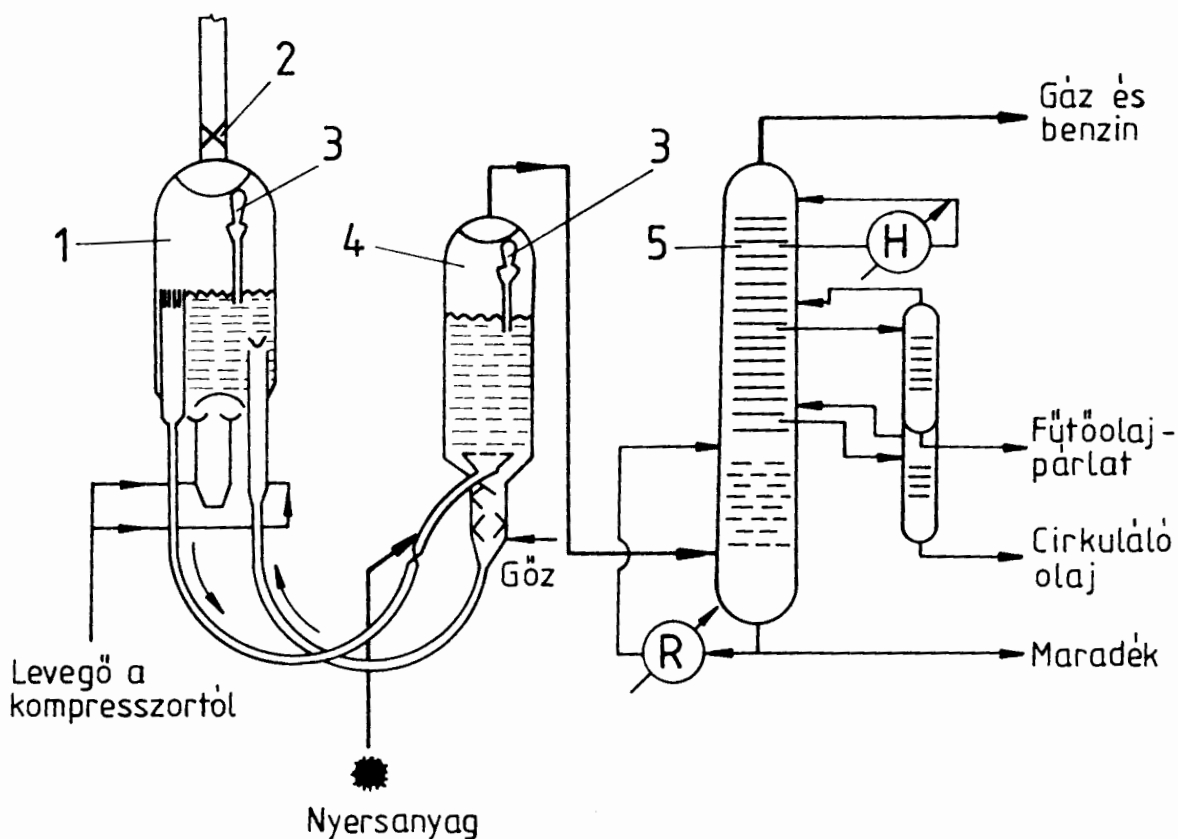
A katalitikus krakkolás a legjelentősebb destruktív eljárás. Míg a termikus krakkolás alapanyaga a pakura, a katalitikus krakkolással maradványolajokat nem lehet feldolgozni, mert ezen frakciók nagyobb kokszosodási hajlama miatt a katalizátorra gyorsabban rakódik le a dezaktiválódást előidéző kokszmennyiség. Ezért gyakoribb regenerálásra lenne szükség. A katalitikus krakkolás alapanyaga kezdetben gázolaj volt, újabban 350 °C-tól 510 °C-ig terjedő vákuumpárlatokat használnak. A katalitikus krakkolás hőmérséklete mintegy 50–70 °C-kal kisebb a termikus krakkolási eljárás hőmérsékleténél.

A katalitikus krakküzemben a hőmérséklet és az időparaméter mellett nagy szerepet játszanak a katalizátorok. Katalizátorként régebben amorf alumínium-szilikátokat alkalmaztak, a 60-as évektől kezdve terjedtek el a kristályos alumínium-szilikátok (zeolitok, molekulasziták). A katalizátor hatására a krakkfolyamatok kisebb hőmérsékleten játszódnak le, kisebb az olefinek mennyisége, és a hőbomlással egyidejűleg jelentős izomerizáció megy végbe. Ez azt jelenti, hogy a termékekben sok az elágazó szénláncú szénhidrogén, melyeknek, mint említettük, jó az oktánszáma.

A katalitikus krakkolást kezdetben álló katalizátorágyon majd a szemcsés mozgó(csúszó) ágyon végezték. Ez utóbbi az ún. termofor eljárás. Ma túlnyomórészt fluidizációs technológiával dolgoznak. A fluidizációs krakkolás folyamatvázlata a 4.6. ábrán látható. Ennél a technológiánál a reaktorba lebegve kerül az apró szemcsés katalizátor, és erre a lebegő katalizátorra vezetik rá a fölmelegített alapanyag gőzeit. A katalizátor felületén a bomlási reakciók lezajlanak, a bomlástermékeket a reaktorból elvezetik. A katalizátor felületén lerakódott kokszréteg miatt a katalizátor inaktiválódik, ezért regenerálni kell. A lebegtetett katalizátor folyamatosan a regeneráló kemencébe kerül, ahol leégetik a kokszot, majd a katalizátort visszavezetik a reaktorba.

A katalitikus krakkoláskor a főtermék a krakkbenzin. Amíg a termikus krakkolásban a benzinhozam mintegy 20%, katalitikus krakkoláskor a 60% is elérhető, de a benzin és a gázolaj aránya széles határok között változtatható. A katalitikus krakkbenzin jó oktánszámú, mert sok izomer szénhidrogént tartalmaz, ugyanakkor a gázolaj kevésbé értékes, éppen a rossz cetánszáma miatt.

A katalitikus krakkolás legnehezebb termékét recirkuláltatják, tehát mint termék nem hagyja el a rendszert, hanem teljes egészében elbomlik. A katalitikus krakkolás krakkgázai igen értékesek, nem annyira a benne levő kisebb molekulatömegű olefinek – bár ezek is hasznosíthatók –, hanem legfontosabb frakciója, az ún. *BB-frakció* miatt. Ez a *BB-frakció* a C₄-szénhidrogéneket, a butánt, buténeket tartalmazza, amelyek olajtechnológiai és petrolkémiai szempontból egyaránt fontos alapanyagok.



4.6. ábra. A fluidizációs krakkolás folyamatvázlata

1 - regeneráló, 2 - kémény, 3 - ciklon, 4 - reaktor, 5 - frakcionáló oszlop, R - visszaforráló, H - hűtő

4.4.3.3 Hidrokrakkolás

A katalitikus krakkolás nehéz párlatok és maradványok esetében nem alkalmazható, mert a katalizátor gyorsan dezaktiválódik a ráakadó koksztól. Ezt a hátrányt küszöböli ki a hidrokrakk eljárás, ahol a krakkreakciók nyomás alatt, hidrogén atmoszférában játszódnak le. Ennek az a következménye, hogy az olefinok rögtön hidrogéneződnek, és egyrészt több közepes molekulatömegű terméket, tehát gázolajfrakciót lehet kapni, másrészt nem keletkezik kokszt.

A hidrokrakkolás a katalitikus krakkolás és hidrogénezés kombinációjának tekinthető. Ennek megfelelően bifunkciós katalizátor szükséges, azaz savas és hidrogénező tulajdonságokat kell egyesítenie. A savas szerepet a katalizátorhordozó tölti be, a hidrogénező funkciót pedig a hordozóra felvitt fémek biztosítják. Két katalizátortípust különböztetnek meg, amelyek amorf és kristályos alumínium-szilikátokból épülnek fel. Az amorf $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ hordozón hidrogénező katalizátorként Ni, Mo, W, Co oxidjait, ill. szulfidjait használják, míg a zeolitok esetében fém Pd vagy Ni az aktív komponens. A hidrokrakkolást általában 320–420 °C hőmérsékleten, 100–200 bar nyomáson végzik.

A hidrokrakkoló eljárásnak két típusa alakult ki: a maradványok és a párlatok hidrokrakkolása. A maradványok hidrokrakkolása terén jelentős egyetemünk Kémiai Technológiai Tanszékén és a Nagynyomású Kísérleti Intézetben kidolgozott *Varga-féle* hidrokrakk eljárás. VARGA professzor hidrokrakk eljárása nehéz párlási maradványokat úgy dolgozott fel, hogy azokat gázolajjal keverte és középnyomáson hidrogén jelenlétében krakkolta. A *Varga-féle* hidrokrakk eljárással nehéz párlási maradékból mintegy 10% benzint és 40% gázolajat lehet előállítani kevés párlási maradvány kíséretével.

A hidrokrakk eljárások másik változata a katalitikus krakk alapanyagoknak megfelelő párlatokat dolgozza fel. Ezen párlatokból jó oktánszámú benzint, gázolajat és tüzelőolajokat állítanak elő. A hidrokrakk eljárásokban a gőzfázisban egyúttal kéntelenítés is végbemegy, így a termékek kénmentesek. A párlat hidrokrakk eljárásokhoz általában kobalt-molibdén-oxid katalizátorokat használnak.

4.4.4 Motorhajtó anyagok gyártása

4.4.4.1 Nagy oktánszámú benzinek előállítása

A nagy oktánszámú benzineket számos alapanyag felhasználásával gyártják. Ezen alapanyagok közé tartoznak a termikus, de inkább a katalitikus krakkbenzinek és gázolinok.

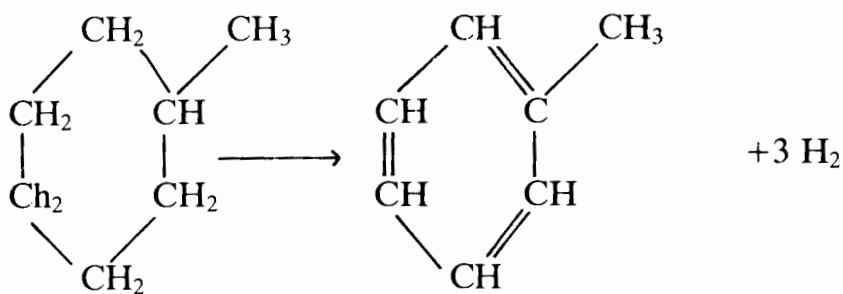
A desztillációval nyert benzinek továbbfeldolgozásra szorulnak. Ezen eljárásokhoz tartozik az izomerizálás és a reformálás.

A C_5 - C_6 szénatomszámú frakciót szokták izomerizálni, hogy a normálvegyületek átalakuljanak a nagyobb oktánszámú izovegyületekké. Az izomerizálást általában középnyomáson hidrogénatmoszférában végzik, platina katalizátor jelenlétében. Legnagyobb jelentősége a természetes benzinek reformálásának van.

Katalitikus reformálás (aromatizálás) és aromások gyártása. Nagy oktánszámú, sok aromás szénhidrogént tartalmazó benzinpárlatok előállítására legkorszerűbb a platforming eljárás, vagy annak valamelyik változata.

Az eljárás benzinpárlatokat dolgoz fel, és a nyersanyagtól függően 480–540 °C hőmérsékleten, 1–3,9 MPa hidrogénnyomáson, alumínium-oxid hordozóra felvitt platina katalizátorral végzik a reformálást. A kis és közepes oktánszámú paraffin- és naftén-szénhidrogénekből az említett feltételek mellett a következő típusú reakciókban keletkezhetnek nagy oktánszámú aromás és izo-paraffin-vegyületek.

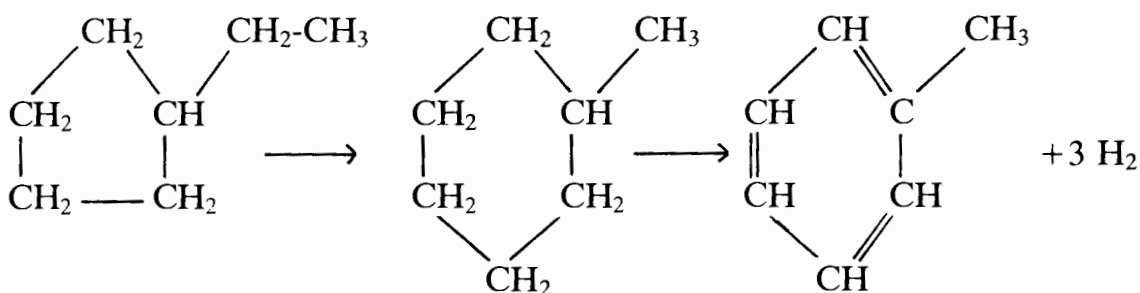
a) ciklohexán-gyűrű dehidrogéneződése. Például:



metil-ciklohexán

toluol

b) ciklopentán-származékok izomerizálódása, majd dehidrogéneződése. Például:

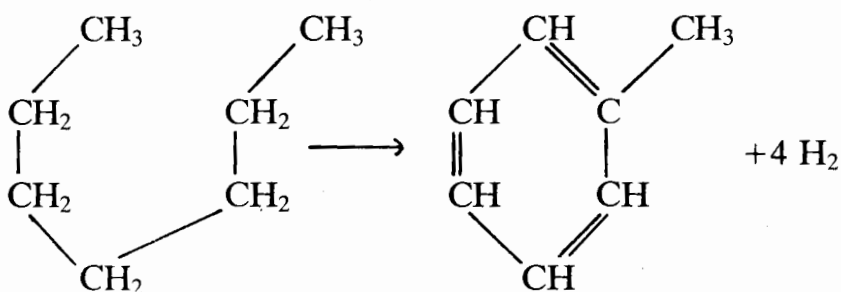


etil-ciklopentán

metil-ciklo-hexán

toluol

c) a paraffinok dehidrociklizálódása. Például:



normál-heptán

toluol

d) hidrokrakkolódás. Például:



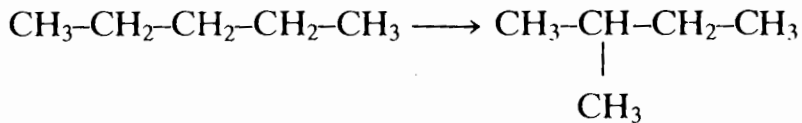
oktán

propán

pentán

A kis molekulatömegű paraffinok oktánszáma viszonylag jó, ezért az ilyen reakciók is oktánszámnövekedést eredményeznek.

e) izomerizálódás: *normál*-paraffinok izomerizálódása izoparaffinokká. Például:



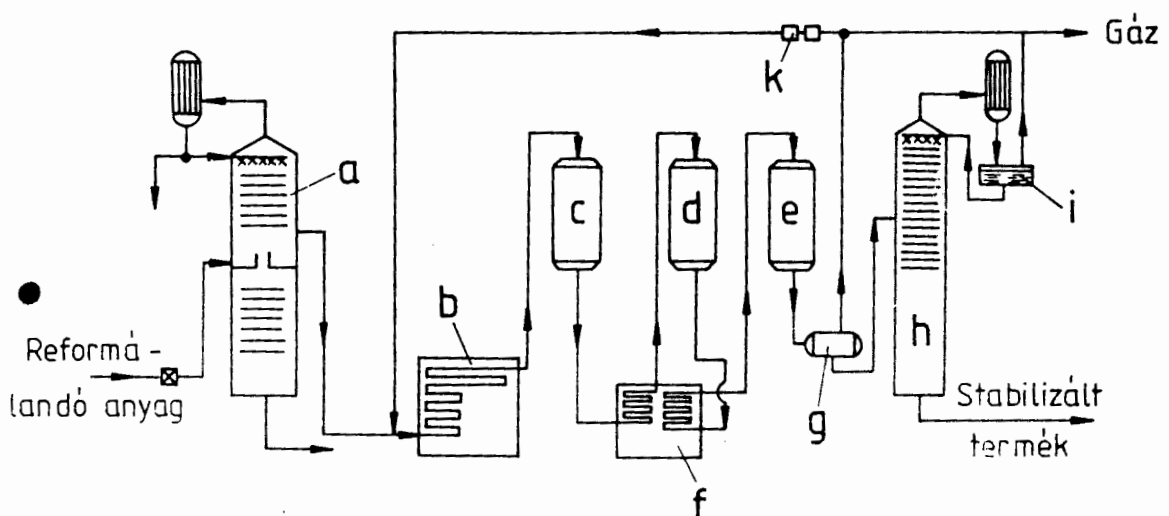
normál-pentán

izo-pentán

A reakciók közül az a) és b) pontban felsorolt típusúak jelentősége a legnagyobb.

Mint látható, az aromások képződése dehidrogénező reakciók eredménye. Az eljárás érdekessége, hogy a dehidrogénezést jelentős hidrogénnyomással valósítja meg. A hidrogénnyomásnak az a célja, hogy megakadályozza a kokszt képződését, mely a katalizátorra rakódva rontaná annak hatását. A kokszt általában polimerizációra és kondenzációra hajlamos telítetlen szénhidrogénekből keletkezik úgy, hogy azokból előbb nagy molekulatömegű termékek képződnek, majd ezek bomlásából jön létre a kokszt. Az ismertetett reakciófeltételek mellett (500 °C körüli hőmérséklet) elkerülhetetlenül bekövetkeznek krakkreakciók, melyek során telítetlen szénhidrogének is keletkeznek. A hidrogénnyomásnak éppen az a jelentősége, hogy ezek a telítetlen vegyületek paraffinokká hidrogéneződnek, még mielőtt polimerizálódhatnának (hidrokrakkreakciók). A hidrogénnyomás nagysága csak akkora lehet, hogy ne szorítsa vissza jelentősebb mértékben a dehidrogénező reakciókat.

A dehidrogénezés endoterm reakció. Ezért külső hőközléssel biztosítják a reaktorok kellő hőmérsékletét, mely mellett megfelelő konverzió érhető el. Több (3) sorbakapcsolt reaktort használnak, és az első, valamint második reaktorból távozó lehűlt elegyet kemencében ismét a szükséges hőmérsékletre hevítik. A katalitikus reformálás folyamatvázlata a 4.7. ábrán látható.



4.7. ábra. A katalitikus reformálás folyamatábrája

a – előfrakcionáló oszlop, b – előmelegítő kemence, c, d, e – reaktorok, f – közbenső kemencék, g – gázválasztó, h – stabilizátor, i – reflux-rendszer, k – cirkuláló gáz kompresszora

A katalitikus reformáló eljárással gyártott nagyoktánszámú benzinekből a vegyipar számára a benzolt, toluolt és xilolt (BTX aromások) is el lehet különíteni. E nagyfontosságú aromás alapanyagoknak éppen a reformált benzinek képezik egyik legfontosabb forrását.

A katalitikus reformálás dehidrogénező folyamat lévén, jelentős mennyiségű hidrogént termel. A keletkező hidrogént olajpárlatok hidrogénező finomítására vagy más célra, pl. ammóniaszintézisre használják.

A nagy oktánszámú benzin platina katalizátoros reformált benzin, gazolin (gázbenzin), katalitikus krakkbenzin vagy más *izo*-paraffin-tartalmú keverőkomponens (pl. alkilát) elegyből áll, melyhez ólom-tetraetilt és ólom-tetrametilt adagolnak. Ólommentes adalékként használják a metil-tercier-butil-étert (MTBE).

A korszerű üzemanyagok között meg kell említeni a ma még kevésbé használatos ólommentes benzineket, amelyeket az egyre szigorúbbá váló környezetvédelmi előírások miatt fejlesztettek ki. Azokban a gépjárművekben, amelyek a kipufogógáz káros komponenseinek átalakítására szolgáló nemesfém katalizátorral vannak ellátva, csak ólommentes benzin használható, mert az ólom katalizátorméreg. A katalizátor a kipufogógázban lévő CO és elégetlen szénhidrogének tökéletes elégését segíti elő.

4.4.4.2 *Reaktív motorok üzemanyagának gyártása*

A reaktív motorok üzemanyaga megfelelő minőségű kőolajból kiindulva közvetlenül atomoszférikus desztillációval gyártható. Kéntartalmú kőolajok feldolgozása esetén a korszerű reaktív üzemanyagokat a desztilláció után kénmentesíteni kell katalitikus hidrogénezéssel. Az eljárás lényege az, hogy a reaktív üzemanyagot hidrogénnel keverve csökemencében felmelegítik, és középnyomáson kobalt-molibdát katalizátorral töltött reaktoron vezetik át. A hidrogén hatására a szerves kénvegyületek kén-hidrogénné alakulnak át, melyet az olajtermékekből kigőzöléssel el lehet távolítani és így kénmentes termék marad vissza. A gázba kerülő kén-hidrogént kinyerik, majd parciális elégetéssel *Claus-eljárással* elemi kénre alakítják.

4.4.4.3 *Gázolajok előállítása*

A gázolajokat hasonlóképpen kell kénteleníteni, mint a reaktív üzemanyagokat. A komplex kőolajfinomítóban a benzinreformáló üzemből származó hidrogént használják fel a gázolajok kénmentesítésére. A hidrogénmérleg általában lehetővé teszi, hogy kb. kétszer annyi gázolajat kénmentesítsenek, mint amennyi benzint reformáltak. A kéntelenítő finomítás lényegesen egyszerűbb technológia, mint a reformálás. Hőmérséklete is kisebb, 300–350 °C.

4.4.5 A pakura vákuumdesztillációja

Az atmoszferikus desztilláció párlási maradéka a pakura vagy más néven mazut, amelyből vákuumdesztillációval nyernek további értékes termékeket ill. alapanyagokat.

A vákuumdesztilláció elve hasonló az atmoszferikus desztillációéhoz. A csökkentett nyomásra azért van szükség, hogy a forráspontok a bomlási hőmérséklet alá csökkenjenek. A vákuumot úgy biztosítják, hogy a vákuumdesztilláció toronycsúcsából elvezetett termékeket először kondenzátoron vezetik át, ahol a szénhidrogének kondenzálnak. A továbbáramló gázokat egy barometrikus, vízzel hűtött kondenzátorba vezetik. A barometrikus kondenzátorban kondenzál a vízgőz, és ezzel az a nyomás áll be, amely a kondenzátorhőmérsékleten kialakuló vízgőztenzióknak felel meg. A vákuumdesztillációkor azonban nemcsak a vízgőz kondenzálására kell gondot fordítani, hanem a permanens gázok eltávolítására is szükség van. Ezek a permanens gázok elsősorban a desztillációhoz beadagolt gőzből származnak. A barometrikus kondenzátorból ezen permanens gázok eltávolítása két módon lehetséges, vagy sorba kapcsolt gőzsugár-ejektorokat vagy vákuumszivattyúkat használnak. Miután a vákuumdesztillációban a párlat-folyadék elválás ugyanúgy az evaporátorban történik, mint az atmoszferikus desztillációkor, a párlat mennyisége attól függ, hogy az evaporátorban milyen a hőmérséklet és milyen a nyomás.

A vákuumdesztillációban a csökemencéből kilépő folyadék hőmérséklete mintegy 400 °C, amely lényegesen nem emelhető a hőbomlás veszélye nélkül. Ahhoz, hogy nagyobb párlatmennyiség keletkezzék, nagy vákuumot kell biztosítani az evaporátorban. Miután a barometrikus kondenzátorban kialakuló nyomás a vízgőz tenziójával azonos, biztosítani kell, hogy a nyomásnövekedés a barometrikus kondenzátor és az evaporátor között ne legyen nagy. Ezért a vákuumdesztillációhoz a frakcionáló toronyban lehetőleg kevés tányért alkalmaznak, mert minden tányér növeli a nyomásvesztést az evaporátor és a barometrikus kondenzátor között. A vákuumdesztillációs tornyok tervezése hasonló elvek szerint történik, mint az atmoszferikus desztillációnál, és a torony működése is hasonló. A vákuum miatt nagyobbak a fajlagos gáztérfogatok, ezért azonos kapacitáshoz lényegesen nagyobb átmérő tartozik. A cseppfelhordás veszélye is nagyobb, és ezért a vákuumdesztillációs toronyban a tányérok távolsága általában 70 cm.

A feldolgozásra kerülő pakura minőségétől függenek a vákuumdesztilláció termékei. Ha nafténbázisú kőolajat dolgoznak fel, akkor a pakura toronycsúcsterméke gázolaj, a csapolt termékek: kenőolajpárlatok és a párlási maradvány bitumen. A legelterjedtebb intermedier kőolaj feldolgozásakor a pakura vákuumdesztillációjának terméke a toronycsúcson gázolaj, a csapolt termékek: paraffinos kenőolajpárlatok és a párlási maradvány paraffinos bitumen. Kenőolajgyártáshoz a desztillációt kevésbé erélyesen végzik el és így a termék

a toronycúcson gázolaj, könnyebb paraffinos párlatokat csapolnak a torony oldalán, és a párlási maradvány gudron. Ez tartalmazza a nehezebb forráspontú paraffinos kenőolajokat is a bitumen mellett.

Fűtő- és tüzelőolajok. Az atmoszferikus desztilláció maradványát, a pakurát, a vákuumdesztilláció egyes párlatait, valamint egyéb eljárások termékeit fűtő- és tüzelőolajként is fel lehet használni. A fűtőolajok maradványolajok, a tüzelőolajok párlatolajok.

A fűtő- és tüzelőolajokkal szemben támasztott követelmények a felhasználás szerint változnak. Ezeknek az olajoknak legfontosabb jellemzője a fűtőérték, amely mintegy 42 000 kJ/kg. A fűtőolajok fontos minőségi jellemzője még a viszkozitás, ami általában 100 °C-on 35–40 mm²/s. Dermedéspontjuk magas, 25 °C felett van. Ezek tehát csak melegíthető szállítóeszközökben szállíthatók, és melegítve tüzelhetők.

A fűtőolajok tulajdonságai között meg kell adni kéntartalmukat és nehéz nyomelemtartalmukat is. A kéntartalom szerint kénes és kénmentes fűtőolajokat különböztetnek meg. A világpiacon a kénmentes fűtőolajok kéntartalma 1% alatt van, míg a kénes fűtőolajoké sok esetben a 3%-ot is meghaladja. A nehéz nyomelemtartalom azért fontos, mert főleg a vanádium-szennyezés a nagyhőmérsékletű tüzelőberendezésekben súlyos korróziót okozhat, különösen akkor, ha a fűtőolaj nátriumot is tartalmaz.

A tüzelőolajok párlatolajok vagy közvetlen vákuumdesztillációs párlatok vagy vákuumdesztillációs párlatok keverve gázolajjal, illetve a hidrokrakkolás termékeivel.

4.4.6 Kenőanyagok

4.4.6.1 A kenéstechnika alapjai (tribológia)

A kenőanyagok szerepe a zavartalan gépüzemben igen jelentős. A teljesítményvesztések nagysága, a kopások mértéke, az alkatrésztörés gyakorisága, tehát mindazok a tényezők, melyek az üzem folyamatos menetét és gazdaságosságát befolyásolják, elsősorban a kenéstechnikai viszonyoktól függenek.

A kenőanyagok feladatait általánosságban a következőkben foglalhatjuk össze:

1. a súrlódási ellenállás csökkentése az egymáson elmozduló felületek között, a teljesítményvesztések és gépkopások csökkentése érdekében,
2. dugattyús gépekben jó tömítés biztosítása a nyomásvesztések megakadályozására,
3. a súrlódási munkából, ill. a kenési hely környezetéből származó hő elvezetése,
4. nagy ellenállás a használat folyamán fellépő különböző kémiai hatásokkal szemben.

Az egymáson elmozduló és bizonyos erővel egymásra szoruló felületek között ellenállás lép fel, amely az elmozdítás ellen hat. Ennek az ellenállásnak oka az, hogy még a leggondosabban megmunkált felületeken is egyenlőtlen-ségek vannak, amelyek egymásba hatolnak, és így az elmozduláskor vagy letörednek vagy deformálódnak. Ez adja meg azt az ellenállást, amelyet súrlódási ellenállásnak nevezünk, és amely a gépüzemben teljesítményvesztést és kopást okoz. A súrlódás legyőzésére felhasznált munka hővé alakul át, és így minden súrlódás kísérő jelensége az, hogy a súrlódási hely felmelegszik.

A kenéstechnika első és legfontosabb feladata az, hogy olyan körülményeket hozzon létre, amelyek között a súrlódási ellenállás a lehető legkisebb, és ennek következtében a súrlódás minden egyéb hátrányos következménye minimális.

A súrlódás csökkentésének két tényezője van. Az egyik a megfelelő minőségű kenőolaj használata, a másik a kenési hely olyan kialakítása, hogy a súrlódó felületek között levő olajréteg az adott viszonyok között minél tökéle- tebben válassza el egymástól az elmozduló géprészeket.

A legkedvezőbb kenéstechnikai állapot akkor áll elő, ha az elmozduló felü- leteket teljesen elválasztja egymástól az olajréteg, tehát azok fémesen sehol sem érintkeznek. A fémek száraz súrlódása helyébe ilyenkor a folyadéksúrló- dás lép, amelynél a súrlódási ellenállás lényegesen kisebb. Tiszta folyadéksúrlódáskor vagy teljes kenéskor a súrlódás okozta teljesítményvesztés a lehető legkisebb, kopások gyakorlatilag nincsenek.

A tiszta folyadéksúrlódáskor a hidrodinamikai kenéselmélet által megállá- pított törvényszerűségek érvényesek. Ez az elmélet a kenési hely teherbíró ké- pessége, viszkozitása és a legkisebb olajréteg-vastagság között határoz meg számszerű összefüggéseket. Megfelelő minőségű és mennyiségű kenőolaj használatával a tiszta folyadéksúrlódás megvalósításának mechanikai előfelté- telei is mindenkor megvannak. Folytonos olajréteg csak akkor alakulhat ki, ha az egymáson elmozduló felületek helyzete olyan, hogy köztük a teljes terhelés felvételére képes olajék képződhet.

Indításkor és leálláskor, valamint akkor, ha a terheléshez viszonyítva a se- besség (fordulatszám) nem éri el a hidrodinamikai kenési elmélet által megál- lapított minimális értéket, nem biztosítható a teljes kenés. Ilyen viszonyok között a kenési állapotot félfolyadéksúrlódásnak nevezik. Ha az olaj tömegé- ben kiszorul a súrlódó felületek közül (igen nagy terhelések és kis sebességek esetén), akkor a kenés folyamata a kenőrétegnek a fémfelületekhez tapadó há- tárrétegében játszódik le. Ez esetben határsúrlódásról beszélünk. Az ilyen vi- szonyok között előtérbe lép a kenendő fém és az olajréteg kémiai és fizikai köl- csönhatása. A határsúrlódásban az olaj viszkozitásának jelentősége háttérbe szorul az olaj másik tulajdonságával, az ún. tapadóképeséggel szemben. A ta- padóképeség elszappanosítható olajok, pata- vagy repceolaj, olajsav hozzá- adásával növelhető. Különleges követelmények esetében adalékanyagokat is használnak, pl. különböző kén-, foszfor- vagy klórvegyületeket.

Összehasonlításképpen a súrlódáskor fellépő erők nagysága az elmozdulással szemben a következő: tiszta folyadéksúrlódás esetén az érintkező felületek elmozdításához az összeszorító erőnek 0,1–0,5%-a szükséges, félfolyadéksúrlódáskor 0,5–1,0%-a, határsúrlódásnál 1,0–10,0%-a, a száraz súrlódásnál pedig 10–50%-a.

Az olaj tömítő hatásának a dugattyús gépek esetében van elsősorban jelentősége. Belsőégésű motorokban hiányos tömítőhatásnál a rosszabb kompresszió és gázátfúvás miatt a gép teljesítménye csökken. Fontos a jó tömítés a kompresszorüzemben is, ahol hiányos tömítés esetén a gép teljesítménye szintén csökken. Ugyanez vonatkozik a dugattyús gőzgépekre is.

Az olajnak a kenésen kívül fontos feladata a súrlódási hő elvezetése is. Ez különösen akkor fontos, ha a nagy fordulatszám miatt igen nagy hőmennyiség keletkezik, vagy ha a kenési hely kiinduló hőmérséklete a környezet folytán már eleve magasabb.

A kenőanyagok közül legnagyobb szerepe a motorolajoknak van. A világ kenőanyagtermelésének mintegy 3/4 részét képezik. A motorolaj-felhasználás a motorhajtó anyag felhasználásra vonatkoztatva fajlagosan csökken, részint a motorok műszaki fejlesztése, részint a motorolajok minőségjavítása révén. A korszerű motorokban megfelelő kenőolajból kevesebb, mint 2%-ot használnak fel motorhajtó anyagra számítva.

Ezért a kenőanyagok mennyiségének növekedése lassabb ütemű, mint a feldolgozott kőolajé. Nagyon jelentős azonban a kenőanyagok gyorsuló minőségjavítása.

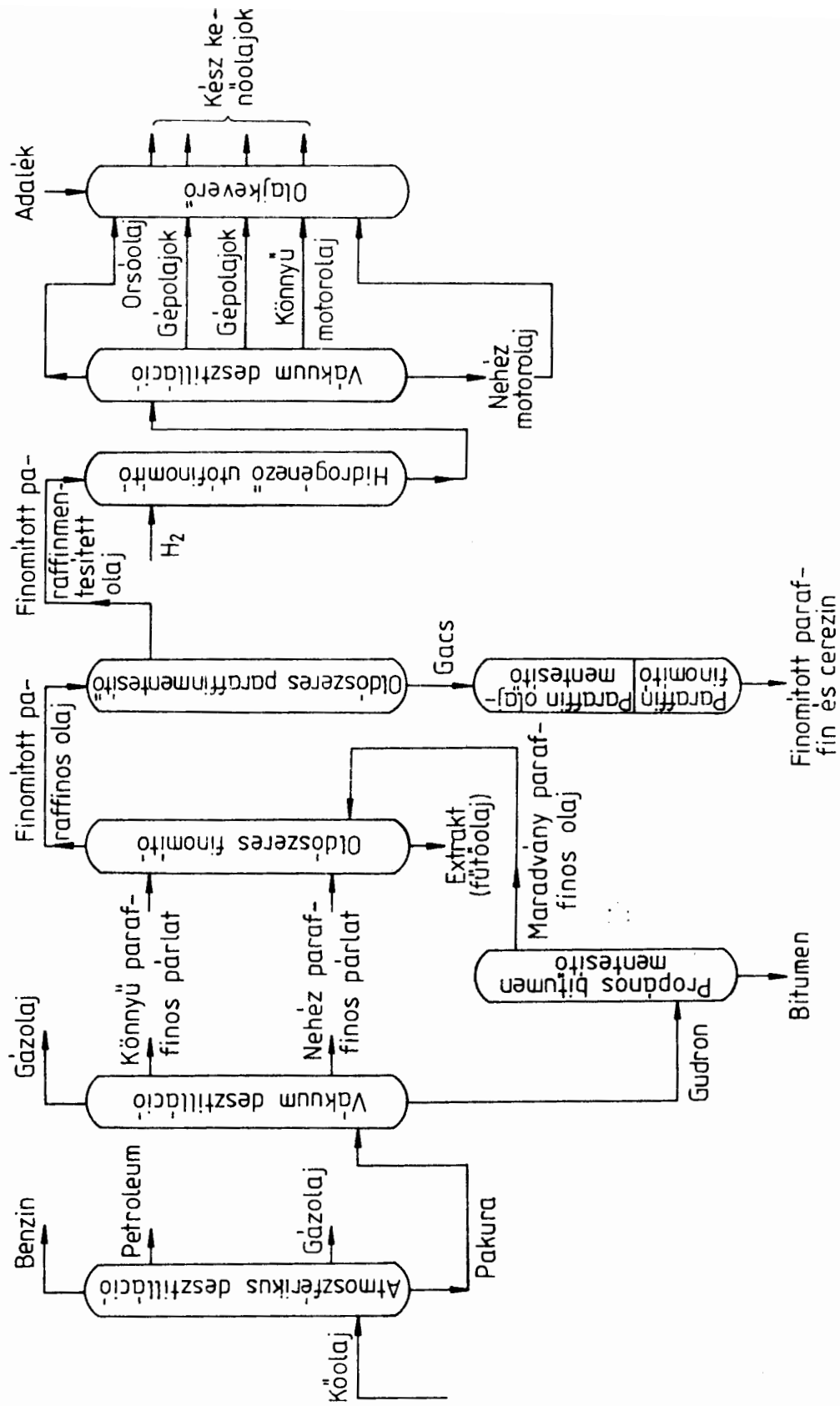
4.4.6.2 Kenőanyagok előállítása

Kenőolajok. A kenőolajok gyártásakor régebben igyekeztek paraffinmentes nafténbázisú kőolajokból kiindulni. Ma ezek jelentősége alárendelt, és inkább csak ipari és speciális olajok gyártására alkalmazzák. A kenőanyaggyártás legfontosabb alapanyagai az intermedierbázisú kőolajok. Az ilyen kőolajok feldolgozására ún. kenőolajblokkokat építenek (lásd 4.8. ábra), melyek négy technológiát kapcsolnak egybe a kenőolajgyártás megvalósítására:

propános bitumenmentesítés,
oldószeres finomítás,
oldószeres paraffinmentesítés és
utófinomítás.

A kenőolajgyártás alapanyagát vákuumdesztillációval biztosítják. A vákuumdesztillációval – mint már tárgyaltuk – gázolajat, paraffinos párlatokat és gudront állítanak elő.

KENŐOLAJ BLOKK



4.8. ábra. A kenőolajgyártás (kenőolajblokk) folyamatvázlata a desztillációval

A gudronban van a legnagyobb molekulatömegű, legviszkózusabb olajok mellett a bitumen is, amit el kell távolítani. A bitumenmentesítésre *propános extrakciót* használnak. Oldó toronyba bevezetik a gudront és a cseppfolyós propánt ellenáramban. A propán a gudronból kioldja a nagy molekulatömegű paraffinos olajokat, és ez az oldat a torony tetején távozik. A bitument kevés propánnal együtt a torony aljáról vezetik el. Ha a bitumenből és az olajoldatból a propánt kidesztillálják, a nagy molekulatömegű paraffinos olajokat és a bitument nyerik.

A kenőolajgyártás alapanyagának másik része a vákuumdesztillációkor kapott paraffinos olajpárlat. Mind a paraffinos olajpárlatokat, mind a propános bitumenmentesítésből kapott nehéz paraffinos maradványolajokat oldószeresen finomítani kell. Ennek az *oldószeres finomításnak* az a célja, hogy a kenőolajok szénhidrogén-összetételét megfelelően szabályozzák, és a kenési, valamint stabilitási szempontból nem kedvező, inkább nafténes és aromás jellegű szénhidrogéneket eltávolítsák. Erre a célra a szelektív oldószeres finomítás szolgál. Régen kénsavat használtak.

Az oldószeres finomítás során olyan oldószereket alkalmaznak, amelyek a káros nafténes és aromás anyagokat kioldják. A gyakorlatban két oldószer terjedt el a világ oldószeres finomítóiban mintegy 50–50%-os megosztásban. Az egyik a fenol, a másik a furfurool. Mindkét oldószer alkalmazásakor a finomítandó olajat adagolják az extrakciós torony alsó harmadába, az extrakciós torony felső harmadába pedig az oldószert. Az oldószer lefelé haladva ellenáramban kioldja az olajból a káros alkatrészeket, melyeket extraktum formájában vezetnek el a torony alján. A torony tetején a megfelelő összetételű olajraffinátumot kapják. Az oldószert a raffinátumról is és az extraktumról is lepárolva, megkapjuk a finomított paraffinos olajat, illetőleg megkapjuk az eltávolított extraktumot, melyet pl. fűtőolajba keverve lehet felhasználni.

A propános bitumenmentesítés határfoka a koksizációs hajlam, a *Conradson-szám* meghatározásával, az oldószeres finomítás sikeressége pedig a viszkozitás–hőmérséklet összefüggés vizsgálatával állapítható meg.

A viszkozitás–hőmérséklet összefüggést a kenőolajat alkotó szénhidrogének típusa határozza meg. Ennek jellemzésére különböző rendszerek alakultak ki, ezek közül egyik az ún. *Dean-Davis-féle* viszkozitási index. DEAN és DAVIS egy, a Texasi-öböl partjáról származó nafténes típusú kőolajból előállított olajok viszkozitási indexét önkényesen nullának vette, ezek viszkozitása a hőmérséklettel nagy mértékben változik. A 100-as indexű sorozatot a pennsylvaniai eredetű paraffinos olajok alkotják, amelyek viszkozitása a hőmérséklettel kevésbé változik.

A viszkozitási indexet a vizsgált olaj 40 °C és 100 °C hőmérsékleten mért viszkozitása alapján határozhatjuk meg úgy, hogy az olaj 40 °C-on mért viszkozitásának helyét megkeressük azon az elméletben 100 részre osztott skálán, amely azon 0-ás és 100-as alapolaj 40 °C-on mért viszkozitása között húzható, mely-

nek viszkozitása 100 °C-on megegyezik a vizsgált olaj viszkozitásával. A számítás a következő képlettel végezhető el:

$$VI = \frac{L-U}{L-H} \cdot 100 = \frac{L-U}{D} \cdot 100$$

ahol

VI – a viszkozitási index,

U – a megvizsgált olaj kinematikai viszkozitása mm²/s-ban 40 °C-on,

L – annak az alapolajnak a kinematikai viszkozitása mm²/s-ban 40 °C-on, amelynek viszkozitási indexe 0 és viszkozitása 100 °C-on egyenlő a vizsgált olaj viszkozitásával,

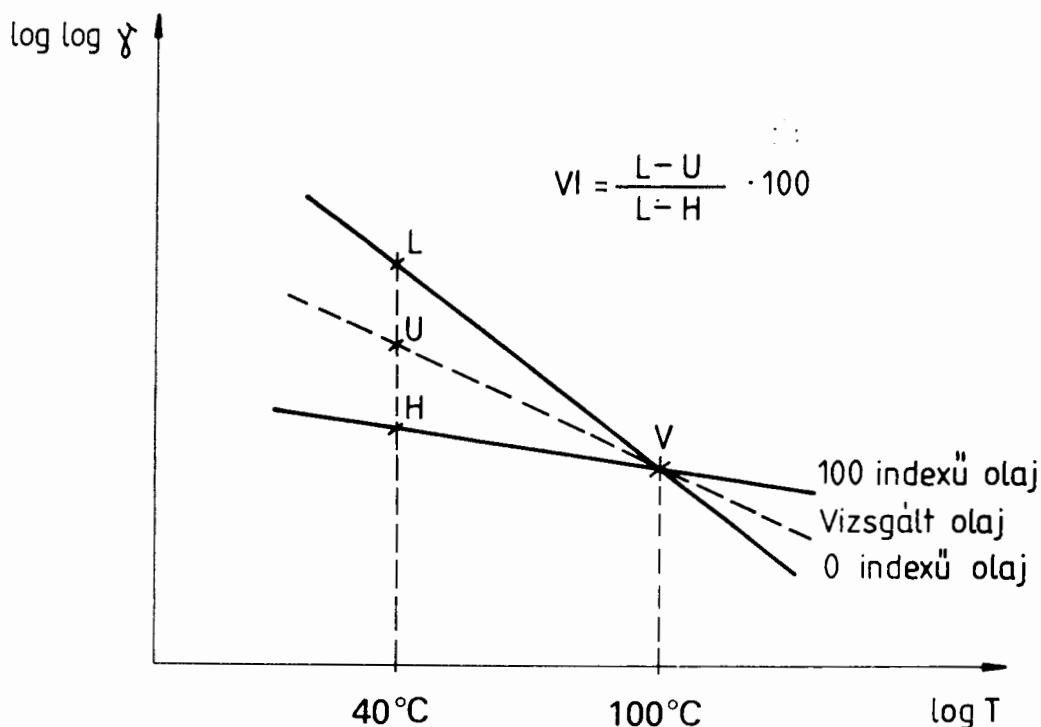
H – annak az alapolajnak a kinematikai viszkozitása mm²/s-ban 40 °C-on, amelynek viszkozitási indexe 100 és viszkozitása 100 °C-on egyenlő a vizsgálandó olaj viszkozitásával,

D – = $L-H$.

A 0-ás és 100-as olajok szükséges értékei *táblázatokban* találhatóak.

A meghatározás elvét grafikusán a 4.9. ábra mutatja be.

A bitumenmentesített és oldószeresen finomított olajok még kristályosodásra hajlamos paraffinokat tartalmaznak, emiatt nagy a dermedéspontjuk, és ezért ezeket paraffinmentesíteni kell. A legelterjedtebb eljárás az *oldószeres paraffinmentesítés*. A kenőolajat egy oldószerpárban oldják, mely ketonokból



4.9. ábra. A viszkozitási index meghatározásának elve

és aromás szénhidrogénekből áll. Ketonként leginkább metil-etil-ketont vagy esetenként acetont használnak. Az aromás komponens benzol, illetőleg toluol. A ketonok rendkívül szelektívek, az olajat nehezen, a paraffint pedig alig oldják. Az aromás szénhidrogén nem szelektív, egyaránt oldja az olajat és a paraffint és oldóképessége nagyon jó. Az oldószerpár összetételének beállításával lehet a megfelelő szelektivitás: oldóképesség arányt beállítani. A technológia lényege az, hogy a paraffinos olajokat az oldószerpárban feloldják melegen, majd ammóniás hűtőkbe vezetik. Miután a hűtéskor az oldatból paraffin válik ki, mely a hőátadást nagyon lerontaná, ún. kaparó hűtőket használnak. Ezek olyan csőrendszerek, ahol a cső belsejében egy tengely van kaparókkal elhelyezve. A kaparókat lassan forgatva a csőfal belsejéről a levált paraffint lekaparják, és az a zagyárammal továbbhalad. A teljes lehűtés után a kívánt hőmérsékleten a kifagyott paraffinokat és az olajoldatot elválasztják. Erre az elválasztásra régebben centrifugákat használtak, korszerű üzemekben azonban vákuumdobszűrőket. A könnyű párlatokból elválasztott olajtartalmú szilárd részt paraffingacsnak, a nehéz párlatokból kinyert részt pedig petrolátumnak nevezik. Feldolgozásuk úgy folytatódik, hogy ezeket először olajmentesítik, ezt is oldószeres eljárással végzik. Ismét benzol-keton oldószerben oldják a gacst, illetőleg a petrolátumot, és az olaj eltávolítására azokat most már melegebben szűrik, mint a paraffinmentesítéskor. A gacsból olajmentes, mintegy 0,5% olajtartalmú paraffinokat kapnak, amelyeket kénsavas és derítőföldes finomítással tovább finomítanak, majd táblákba öntenek. Ezek a paraffinok gyakorlatilag normálpárraffin-szénhidrogénekből állanak, kristályosodásuk 50 és 58 °C között következik be. Felhasználják a petrokémiai iparokban, valamint egyéb célokra (pl. a gyertyagyártás alapanyaga). A petrolátum dermedéspontja nagyobb a paraffinokénál, mintegy 60 °C. Felhasználják különböző ipari célokra, viaszkompozíciókba keverik, továbbá technikai kenőcsök komponense.

A már bitumenmentesített, finomított és paraffinmentesített olajat *utófinomítják*. Ennek két módszere alakult ki. Régebben az utófinomítást adszorpció módszerrel végezték el. Ennek az a lényege, hogy az olajat aktivált derítőfölddel vagy természetes derítőfölddel 80–90 °C-on, vagy a forró kontakt eljárásban mintegy 200 °C-on összekeverték, s megfelelő keverési idő után leszűrték.

A kenőolajok korszerű utófinomítási eljárása a hidrogénező finomítás. Ez hasonló a gázolajok kéntelenítési eljárásához, amikor is a kenőolajat kobalt-molibdát katalizátorral töltött reaktorokban hidrogénezik, lehetőleg úgy, hogy hőbontásra ne kerüljön sor. A hidrogénező utófinomítással értékes, világos színű, stabil kenőolajokat lehet előállítani.

A kenőolajgyártás utolsó fázisa a kenőolajok keverése.

Zsírosított és adalékolt olajok. A finomítás során a kenőolajokból kényszerűségből eltávolítják a kenéstechnikailag (pl. kenőképesség, diszpergáló hatás) előnyös alkotók legnagyobb részét. Ennek ellensúlyozására s az előnyös kenéstechnikai tulajdonságok biztosítása vagy fokozása, esetleg új tulajdonságok elérése céljából, gyakran kevernek a kenőolajokhoz célszerűen kiválasztott, nagy hatásfokú anyagokat. Így készítik a zsírosított (kompondált) és az adalékolt olajokat, amelyeket később részletesebben ismertetünk.

Kenőzsírok (gépzsírok). Gyakran előfordul, hogy a folyékony kenőolajokkal nem lehet megfelelő kenést, ill. szükség szerinti tömítést és védelmet elérni, mert elcsöpögnek vagy nem olyanok, hogy velük sikeresen és gazdaságosan lehetne kenni. Ilyen esetekben zsírkenésre van szükség.

A gépzsírok kolloidkémiai meghatározás szerint kenési célra alkalmas oleogélek. Összetett kenőanyagok tehát: legfőbb alkotójuk ugyan a kenőolaj, de igen lényeges bennük valamely gélképző anyag is. Ez utóbbi lehet szerves (szilikagél, organofil bentonit, alumínium-hidroxid stb.) vagy szerves (szénhidrogén, polimer, szappan, kevert szappan és komplex szappan). Elsősorban a szerves gélképző anyagok felhasználása általános. Gélképző szénhidrogén pl. a mikrokristályos paraffin. A polimer alapú gépzsírokban a gélképző anyagok: polimetakrilát, poli(*izo*-butilén), polisztirol. A szappan alapú gépzsírokban, amelyek általánosan használt képlékeny kenőanyagok, a gélképző anyag valamely nagymolekulájú zsírsav fémsója. A kevertszappant tartalmazó gépzsírokhoz a szappan előállítására több kationt (fémet) használnak. A komplex szappan alapú gépzsírok a szappanon kívül olyan adalékokat tartalmaznak, amelyek – komplex vegyület képzése folytán – annak szerkezetét javítják és stabilitását növelik.

A gépzsírok további alkotói: a víz, az adalék- és töltőanyagok.

Az összetevők közül a kenőolaj általában olyan viszkozitású, mint az az olaj, amelyet az adott helyen kellene alkalmazni. Az elszappanosítandó zsiradék szintetikus vagy természetes. Leghasználatosabb szintetikus zsírsav az oxidált paraffin. A természetes zsiradékok állati vagy növényi eredetűek. Leggyakrabban használják a faggyút, pataolajat, disznózsírt, bálna-, repce-, ricinus-, tökmag- és napraforgóolajat vagy ezek zsírsavjait (esetleg hidrogénezett változatait). A zsiradék elszappanosítására kalcium-, nátrium-, alumínium-, lítium-, bárium- és ólomvegyületeket használnak.

A gépzsírgyártás alaplételei:

1. szappan képzése a zsiradékból és a fémvegyületből, vagy egyéb gélképző előkészítése,
2. a szappan vagy egyéb gélképzők diszpergálása olajban, adalék- és töltőanyagok hozzáadása,
3. a gépzsír állagának, szerkezetének kialakítása.

A gyártáshoz zsírfőző üstöket, autoklávokat használnak. Legújabban félig folyamatos üzemben gyártják a gépszírokat. Az utóbbi eljárásban a szappan-képzés szakaszos, a gélképzők diszpergálása, az adalék- és töltőanyagok hozzákeverése, a kikeverés és egyneműsítés folytonos.

A gépszírok csoportosítása a felhasználhatóságára is utaló fémsótartalom szerint történik. Így megkülönböztetünk:

- kalciumbázisú (KZS jelűek)
- nátriumbázisú (NZS jelűek)
- lítiumbázisú (LZS jelűek)
- alumíniumbázisú
- vegyesbázisú . . . stb. gépszírokat.

A másik szintén nemzetközileg elfogadott gépszír besorolás a penetráció szerinti NLGI (National Lubricating Grease Institute) fokozat (4.4 táblázat).

4.4. táblázat

A gépszírok penetráció osztályai

Konzisztencia fokozat (NLGI-szám)	Penetráció 60 törés után 25 °C-on 0,1 mm-ben
000	445–475
00	400–430
0	355–385
1	310–340
2	265–295
3	220–250
4	175–205
5	130–160
6	85–115

A hazai kenőzsír termékválaszték alapvető típusait kalciumbázisú, nátriumbázisú és lítiumbázisú zsírok jelentik. A kalciumbázisú zsírok alacsony cseppenéspontú, vízálló termékek. A nátriumbázisúak magasabb cseppenéspontúak, de nem vízállóak. A lítiumbázisú zsírok egyesítik magukban az előző két terméktípus előnyös tulajdonságait (magas cseppenéspont, vízállóság).

Szilárd kenőanyagok. A fejlődő technika olyan fajlagos terhelésre és hőmérsékleti viszonyokra is szerkesztett gépeket, melyekhez a folyékony kenőanyagok és a gépszírok már nem alkalmasak. Ilyen esetekben a szilárd kenőanyagok igen jó szolgálatot tehetnek, ha az üzemi viszonyok között kenőképesek, kémiaileg és fizikailag állandóak és csiszoló, koptató hatásuk nincs. A kenés-technikában legjobban a kolloid grafit és a molibdén-szulfid (MoS₂) vált be.

A kolloid grafit előállítását meglehetősen kényes folyamat, mert a rendkívüli

tisztaság (legalább 99,5%) és megfelelő szemcsenagyság (0,001 mm) elengedhetetlen feltétele a használhatóságnak.

A MoS_2 az azonos összetételű ásvány megfelelően tisztított változata. Ez is rendkívül kényes a koptató hatású szennyeződésekre, a megfelelő minőség előállítása komoly gondot jelent. Legújabban próbálkoznak szintetikus MoS_2 felhasználásával is.

Szintetikus kenőanyagok. A szerves és ezen belül a műanyagkémiaának rendkívüli fejlődése a kenőolaj jellegű termékek egész sorát állította elő. Igaz, hogy ezek még meglehetősen költségesek, de olyan előnyös tulajdonságaik ($-150\text{ }^\circ\text{C}$ -ig terjedő dermedéspont, igen nagy, 200 körüli viszkozitási index) vannak, hogy szinte nélkülözhetetlenek egyes kenési rendszerekben (pl. a folyadéknyomásos berendezésekben).

4.4.6.3 Kenőolajok beosztása

A kenőolajok tulajdonságait fizikai és kémiai vizsgálati módszerekkel ellenőrizzük. A fizikai vizsgálati módszerek között a legfontosabbak a viszkozitás, továbbá a viszkozitás függése a hőmérséklettől. A kémiai vizsgálatok közül az oxidációs stabilitás, a laboratóriumban vagy motorban végzett tartampróbák, a kenőolaj teljesítményének vizsgálata. Speciális kenőolajoknál, mint pl. a turbinaolajoknál az emulziós hajlam, transzformátorolajoknál az elektromos tulajdonságok egészítik ki a vizsgálatokat.

A kenőolajok beosztása ma majdnem kizárólag viszkozitásuk szerint történik, mert ez a legfontosabb minőségi jellemző. A viszkozitás alapján a kenőolajokat négy csoportba oszthatjuk: orsóolajok, gépolajok, motorolajok, hengerolajok.

Orsóolaj. Az orsóolajok a legkisebb viszkozitású kenőolajok ($20\text{ }^\circ\text{C}$ -on $20\text{--}50\text{ mm}^2/\text{s}$). Mint kenőanyagok magukban csak igen nagy fordulatszámú és kis terhelésű csapágyak kenésére alkalmasak (pl. fonóorsók). Fontos szerepük van azonban a gépszírok gyártásában is, ezeknek olajkomponensét képezik. Nagymennyiségű orsóolajat használnak fel ezenkívül emulziós olajok gyártására is. A gépgyártás-technológiában fontos hűtő-kenő folyadékok tárgyalására még visszatérünk. Viskozitás szerint az orsóolajokhoz tartozik ugyan, de különleges tulajdonságainál fogva speciális helyzetet foglal el a transzformátorolaj.

Gépolaj. A gépolajok elnevezés gyűjtőnév. Nálunk az $50\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékleten $15\text{--}50\text{ mm}^2/\text{s}$ közötti viszkozitású ipari olajokat sorolják ide, amelyek különböző kenési célokat szolgálnak (pl. szerszámgépolaj, gőzturbinaolaj stb.).

Viszkozitás szerint megkülönböztetünk könnyű gépolajokat, gépolajokat és nehéz gépolajokat. A könnyű gépolaj nagyobb terhelésű, kisebb fordulatszámú orsókhoz, elektromotorok és dinamók csapágyának kenésére használatos. A gépolajokat és nehéz gépolajokat általános csapágykenési célokra használják. Az alkalmazandó kenőolaj viszkozitását a fordulatszám és az üzemi hőmérséklet szabja meg.

4.5. táblázat

SAE és KGST viszkozitás-előírások motorolajokra

SAE rendszer osztályai	Dinamikai viszkozitás -17,8°C-on (0°F)		Kinematikai viszkozitás 98,9°C (210°F)		KGST rendszer osztályai
	minimum Pa·s	maximum Pa·s	minimum mm ² /s	maximum mm ² /s	
5 W	-	1,2	3,9	-	-
10 W	1,2	2,4	3,9	-	4 W
15 W	2,4	4,8	3,9	-	5 W-6 W
20 W	2,4	9,6	3,9	-	6 W
20	-	-	5,7	9,6	6-8
30	-	-	9,6	12,9	10
40	-	-	12,9	16,8	16
50	-	-	16,8	22,7	20

Motorolaj. A motorolaj minőségét két szempontból kell megvizsgálni: az egyik a viszkozitási tulajdonságok, a másik a motorban való teljesítmény.

A viszkozitás szerinti csoportosításra több módszer alakult ki. A világpiacon az SAE (Society of Automotive Engineers) csoportosítását használják. Az SAE-rendszer különböző fokozatokat állított fel. A 4.5. táblázatban szerepelnek a különböző fokozatok, valamint összehasonlításuk a KGST által bevezetett viszkozitási osztályokkal. A számok mellett szereplő *W* a téli olajok jele.

Egy-egy motorolaj vagy egy fokozatnak felel meg, s akkor monograde, vagy ha egyidejűleg több fokozat igényeit kielégíti, akkor multigrade olajról beszélünk. Így pl. egy egyfokozatú téli motorolaj olyan lehet, amely megfelel az SAE-10 W (KGST 4 W) vagy SAE-20 W (KGST 6 W) előírásainak.

Ha olyan motorolajra van szükség, amelyik télen-nyáron egyaránt használható, akkor multigrade olajat használnak, pl. SAE-10 W/30-as (KGST 4 W/10) olajat. Ez azt jelenti, hogy a fokozat előírásai megszabják az olaj viszkozitását, mégpedig a téli motorolajoknál a 0 °F-os (-17,8 °C) viszkozitásmaximumot, a nyári motorolajoknál a meleg motorolaj 210 °F-os (98,9 °C) viszkozitásminimumát. Így biztosítják, hogy az illető olaj nagy hőmérsékleten is még megfelelő viszkozitású, és kis hőmérsékleten sem túl nagy viszkozitású, tehát a hideg indítás is biztosítva van.

Ami a motor teljesítmény szempontjából való vizsgálatát illeti, erre laboratóriumi, de inkább fékpadi vizsgálati módszereket használnak. A laboratóriumi módszerekkel oxidációs stabilitást mérnek. Vizsgálják, mennyire változik a motorolaj viszkozitása, a *Conradson-száma* melegítésre és levegő vagy oxigén hatására. A legfontosabb elbírálást a fékpadon való vizsgálat jelenti. Ezek a fékpadi vizsgálatok, amelyekre különböző szabványmotorokat használnak, teljes terhelés mellett vizsgálják az olajban és a motorban bekövetkező elváltozásokat. Lényegében tehát a motor elváltozásai alapján ítélik meg a motorolajat. Azok az olajok, amelyek csak kisebb terhelést bírnak, az ún. premium grade olajok. A legelterjedtebb olajok ma a HD olajok (az angol heavy-duty kifejezésből HD), amelyek nehéz üzemi körülmények között is jól kennek.

A legáltalánosabban alkalmazott teljesítményszint szerinti osztályozás az API (American Petroleum Institute) osztályozás. A jelenleg is érvényes csoportosítást 1971-ben adták ki. Ebben a csoportosításban az általában Otto-motorokhoz használatos olajokat *S* (Service), az általában dízelmotorokhoz használatos olajokat *C* (Commercial) jelöléssel látták el. A motorolajok teljesítményszint szerinti besorolására a KGST országok is készítettek tervezetet. A motorolajok teljesítményszint szerinti API osztályozása a 4.6. táblázatban látható.

4.6. táblázat

Motorolajok teljesítményszint szerinti API osztályozása

Otto-motorolajok		Dízel-motorolajok	
SA	Adalékolatlan olaj, enyhe üzemi feltételek	CA	Korróziós kopás és magas hőm. lerakódás elleni adalékolás, enyhe üzemi feltételek, kis kéntartalmú üzemanyag
SB	Kopás, korrózió és oxidáció elleni adalékolás, enyhe üzemi feltételek	CB	Korróziós kopás és lerakódások elleni adalékolás, enyhe üzemi feltételek, nagy kéntartalmú üzemanyag
SC	Kopás, rozsdásodás, korrózió, magas hőm. lerakódás elleni adalékolás 1964–67. között gyártott motorokhoz	CC	Korróziós kopás, lerakódások, rozsdásodás elleni adalékolás, közepes vagy nehéz üzemi feltételek részben feltöltött dízelmotorokhoz, ill. igen szigorú üzemi körülmények közötti Otto-motorokhoz
SD	Kopás, rozsdásodás, korrózió, alacsony és magas hőm. lerakódás elleni adalékolás 1968–70. között gyártott motorokhoz		
SE	Kopás, rozsdásodás, korrózió, oxidáció, alacsony és magas hőm. lerakódás elleni adalékolás 1971–72-ben és után gyártott motorokhoz	CD	Korróziós kopás, lerakódások elleni adalékolás, nagy sebesség, nagy teljesítményű motorok. Bármilyen kéntartalmú üzemanyag.

A motorolajok minőségi előírásait a termékszabványok tartalmazzák. Az alábbi fontosabb jellemzőkre írnak elő értékeket vagy alsó ill. felső értékhatárokat:

Sűrűség 20 °C-on (tájékoztató érték)
Viszkozitás 100 °C-on és 17,8 °C-on
Viszkozitási index
Dermedéspont, °C
Lobbanáspont, MARCUSSEN szerint:, °C legalább
Savszám, mg KOH/g, legfeljebb
Szulfáthamu, %, legalább
Víztartalom, %, legfeljebb
Szabad ásványi sav- és lúgtartalom
Mechanikai tisztátlanság, %, legfeljebb

Ahhoz, hogy a motorolaj a minőségi előírásoknak megfeleljen, nem elég bármilyen jó kenőolajgyártási technológia alkalmazása, hanem az alapolajhoz megfelelő adalékokat is kell keverni.

Kenőolaj-adalékok. A kenőolaj-adalékok első és legrégebbi fajtái a dermedéspont-csökkentők. A dermedéspont-csökkentő adalékok pár ezrelékben adagolva a kenőolaj fagypontját 8–10 °C-kal lecsökkentik. Igen jelentősek a viszkozitási indexnövelő adalékok. Ezek nagymolekulájú polimerek, mint pl. poli(cetil-metakrilát) vagy poli(izobutilén), mely 1–2%-ban az olajba keverve a kenőolaj viszkozitási indexét megjavítja.

A multigrade olajokhoz mintegy 90-es viszkozitási indexű alapolajból indulnak ki, és ezt a viszkozitási indexnövelőkkel mintegy 160-ra emelik. Viszkozitási indexnövelő nélkül nem is lehetne multigrade olajokat gyártani. Nagyon jelentős adalékok az inhibitorok, melyek a motorolaj oxidációs stabilitását növelik. A detergensek a kenőolajba kerülő koromrészeket és egyéb szennyezőseket tartják lebegésben, ezzel a kenőolaj élettartamát megnövelik. A HD-olajokban inhibitorok és detergensok vannak, vagy olyan kombinált hatású adalékanyagok, melyek részint inhibálnak, részint detergens szerepet töltenek be. A detergenseknek is különböző típusai vannak. A dízel-motorolajokba főleg olyan detergensok kellene, melyek a melegüzemnél az égéskor keletkező kormot tartják lebegő állapotban. A benzinmotorokban olyan detergens is szükséges, amely a motorolajból képződő ún. hidegiszap lerakódását gátolja meg. A detergensok körébe tartoznak az alkilfenol-szulfonsavas-bárium típusú vegyületek, valamint egyes szulfonátok.

Az adalékokat kiegészítik habzástgátlók és a kenőképességet növelő ún. EP-adalékok, amelyek nagy hőmérséklet és nagy fajlagos nyomások felléptekor is biztosítják a kenést. Az EP jelentése: extreme pressure (különlegesen nagy nyomás).

Hengerolajok. A gőzhengerolajokat a dugattyús gőzgépek hengereinek kenésére használják azokon a helyeken, ahol az olaj nagy hőmérsékletű gőzzel érintkezik. A gőzhengerolajnak biztosítania kell a mozgó alkatrészek súrlódásának csökkentését nagy üzemi hőmérsékleten, lehetőleg folyadéksúrlódás biztosításával.

A gőzhengerolajok nagy viszkozitású (100 °C-on 30–64 mm²/s), magas lobbanáspontú termékek.

Hűtő-kenő folyadékok. A különböző fémmegmunkálási folyamatokban, pl. esztergályozás, fúrás, dörzsölés, marás, gyalulás, vésés, hengerelés, húzás, sajtolás, jelentős szerepe van a hűtő-kenő folyadékoknak.

Jelenleg majdnem kizárólag emulziókat, növényi vagy állati olajjal kevert kenőolajokat, valamint tiszta kenőolajokat használnak a hűtési-kenési feladatok ellátására. Régebben a repceolaj használata volt elterjedt.

A hűtő-kenő folyadékok technológiai szerepe többretű: kenő-, hűtő-, mosó- és korróziógátló hatásúak.

Kenőhatáson a hűtő-kenő folyadékok azon tulajdonságait kell érteni, amely a forgácsoláshoz szükséges erő nagyságát csökkenti, és ezáltal lehetővé teszi a teljesítmény növelését, valamint azt, hogy egyenletes forgácsképződéssel nagy felületi finomságot érjenek el. Olyan munkáknál, mint pl. a menetvágás, nagy jelentősége van a folyadék kenőhatásának. A kenőanyagfilm óvja a fém felületét, csökkenti a szerszámkopást. A kenőhatást a hűtő-kenő folyadékok állati vagy növényi zsírtartalma okozza.

A hűtő-kenő folyadékok *hűtőhatásán* az értendő, hogy az a hő a keletkezésének helyéről gyorsan elvezeti. A fémmegmunkálás jelentős hőképződéssel járó folyamat, amely a legnagyobb a szerszám vágóélén. Az éltartóság növelése érdekében vigyázni kell arra, hogy a vágóél hőmérséklete ne legyen nagyobb, mint annak idején a szerszám megeresztésének hőmérséklete volt. Ezért van szükség kényszerhűtésre, a hűtő-kenő folyadékok hűtőhatásának felhasználására. Alkalmazásuk révén a gép teljesítményét jelentősen növelni lehet.

Mosóhatás. Fémmegmunkálás közben apró fémrészecskék, fémpor, köszőrüszemcsék akadályozhatják a megmunkálás menetét. Ezek összetapadását és egyben a szerszámhoz, valamint a megmunkálandó anyaghoz való tapadást folyadéksugárral kell megakadályozni. Különösen mélyfúraskor és menetvágaskor fontos a forgács gyors eltávolítása.

A hűtő-kenő folyadékok *korrózió elleni védőhatása* abból áll, hogy a fém felületén adszorpciós kenőfilm képződik, amely a fémet megvédi a korródeáló anyagoktól.

A hűtő-kenő folyadékokkal szemben támasztott további követelmény, hogy a finom megmunkáláshoz használt folyadékok átlátszók legyenek, hogy figyelni lehessen a kés munkáját. A folyadékok viszkozitása se legyen túl nagy, hogy így a folyadék gyorsan lefolyhasson.

A hűtő-kenő folyadékokat négy csoportba lehet sorolni.

Az első csoportba tartoznak az *ásványi eredetű elektrolitek vizes oldatai*, melyek kiváló hűtőhatásuk mellett a korróziótól is megvédik a fémet. Vannak ugyanis olyan forgácsolási viszonyok, amikor a maximális hűtőhatás elérésére a tiszta víz alkalmazása volna célszerű. Ez azonban a víz korróziós tulajdonságai miatt nem lehetséges. Ugyanakkor a tiszta víz nagy felületi feszültsége miatt rosszabb fedőképességű, mint pl. az olaj. Tehát a forgácsoláskor keletkező résekbe nem tud behatolni. Gyökeresen változik a helyzet, ha olyan vegyi anyagokat adnak hozzá, melyek egyszerre mind a két hátrányos tulajdonságon javítanak. Ilyen pl. a kálicszappan. Használják továbbá a szóda 0,8–2%-os oldatát és korróziós inhibitorként mintegy 0,5%-os nátrium-nitrit oldatot. Egyes esetekben nátrium-bikromátot használnak max. 0,05–0,07%-os töménységben.

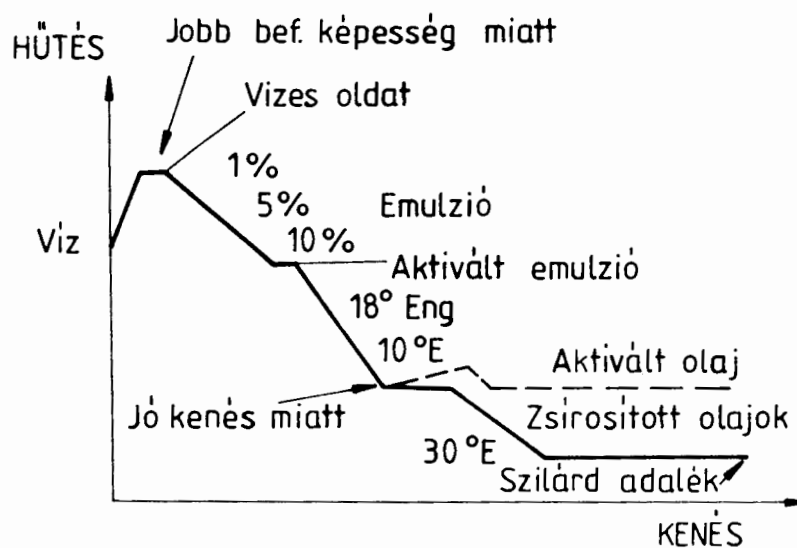
A második csoportba tartoznak az *olaj a vízben típusú emulziók*. Emulzióknak értjük az egymással nem elegyedő folyadékok rendszerét, ahol az egyik folyadék a másikban finom cseppecskékben van elosztva (diszpergálva). A cseppeket szappan-emulgeátorhártya veszi körül, amely akadályozza egyesülésüket.

Az emulziók széles körű használatukat annak köszönhetik, hogy hűtőhatásuk mellett viszonylag jó kenőhatásuk is van.

A hűtő-kenő folyadékok harmadik csoportjába tartoznak az olyan fémmegmunkáláshoz használt olajok, melyek *adalékanyagot tartalmaznak*. Ezek az adalékok elsősorban kén, olajsav, repceolaj, grafit vagy molibdén-szulfid.

A negyedik csoportba a *tiszta kőolajtermékek* tartoznak. A leggyakrabban orsóolajat, orsóolajfinomítványt, kis viszkozitású gépolajat, esetleg szerszám-gépolajat használnak. A tiszta kőolajtermékeket általában simítási műveletekhez, automata gépekhez, némely esetben fúráshoz és maráshoz alkalmazzák.

A hűtő-kenő folyadékok elvi rendszerezését csökkenő hűtőhatás és növekvő kenőhatás alapján a 4.10. ábra tartalmazza. Az ábrán látható, hogy a vizes oldatoknak nagy a hűtő- és kicsi a kenőhatásuk.



4.10. ábra. Hűtő-kenő folyadékok rendszere

4.4.7 Bitumen

4.4.7.1 A bitumenek összetétele

A bitumen a kőolaj vákuumdesztillációjának a maradéka. A bitumenek fekete színű, igen nagy viszkozitású, szobahőmérsékleten kemény vagy félkemény termoplasztikus anyagok, amelyek nagymolekulájú szénhidrogének elegyei, és mindig tartalmazzák a szénhidrogének oxigén-, kén- és nitrogéntartalmú származékait is.

A bitument alkotó és tulajdonságait meghatározó vegyületcsaládokat három jellegzetes csoportba sorolják:

a) *Aszfaltének.* Barnásfekete vagy fekete színű anyagok, amelyek a bitumenek vázát alkotják. A bitumen hőérzékenysége, plaszticitása, kötőképessége, viszkozitása és *Conradson-száma* e vegyületcsoport függvénye.

A nagy aszfalténtartalom igen sok felhasználási területen alapvető követelmény. Az aszfaltének változó mennyiségben a kőolajokban is megtalálhatók. Mennyiségük a bitumenek levegővel történő fúvatásakor jelentős mértékben emelkedik.

b) *Gyantás anyagok.* Ragadó tapintású, vöröses barnás vegyületek, amelyek mennyisége meghatározza a bitumenek rugalmasságát és tapadóképességét.

c) *Olajos részek.* Sűrűn folyó, barnás anyagok, amelyek a bitumen előállítására szolgáló kőolaj eredete szerint aromás vagy paraffinos jellegűek. Levegőn melegítve gyantákká alakulnak.

4.4.7.2 A bitumenek tulajdonságai

A bitumen tulajdonságai a három csoport jellegétől és arányától függenek. Ez kőolajonként változik, de a gyártási folyamattal is befolyásolni lehet. Nem minden kőolaj alkalmas jó minőségű bitumen gyártására. Általában a nagy aszfaltén- és gyantatartalmú kőolajok a jó bitumen nyersanyagai. Ha a bitumen olajos részei sok paraffint tartalmaznak, az rontja a bitumen tulajdonságait.

A bitumeneket főként két adattal, a lágyulásponttal és a penetrációval jellemzik. A *lágyuláspont* azt adja meg, hogy milyen hőmérsékleten lágyul meg a bitumen.

Szabványos méretű gyűrűbe öntik ki a bitument és megszilárdulása után acélgolyót helyeznek rá. Ezután előírt sebességgel emelik a bitumen hőmér-

sékletét. Lágyuláspontnak azt a hőmérsékletet nevezik, amelyen a golyó a bitumen meglágyulása következtében eléri a készülék alsó részét.

A *penetráció* azt fejezi ki, hogy normális hőmérsékleten (25 °C-on) egy szabványosított tű, adott terheléssel, milyen mélyen hatol be a bitumenbe. Minél nagyobb valamely bitumen penetrációja, annál plasztikusabb, lágyabb.

Fontos a *duktilitás* vizsgálata is. Ez adja meg, hogy a szabványos készülékben 25 °C-on a bitumen szakadásig hány mm-re nyújtható. Alacsony hőfokon a bitumenek viselkedését a *töréspont* alapján lehet megítélni.

A bitumen jó részét a felhasználáskor felmelegítik. Ennek során a bitumen tulajdonságai változnak. A változásra a *tömegvesztés* (163 °C-on végzett hevítés 5 óra alatt) mértékéből és ennek során a lágyuláspont, penetráció stb. megváltozásából lehet következtetni.

4.4.7.3 Bitumenek előállítása

Megkülönböztetünk desztillációs, fúvatott és extrakciós bitumeneket. A desztillációs bitumen a vákuumleparlás maradéka. A fúvatott bitumen úgy készül, hogy 250–280 °C-on levegőt fúvatnak át a forró bitumenen. Ilyenkor a levegő oxigénjének hatására az olajos részek gyantákká, a gyanták pedig aszfalténekké alakulnak, és így a lágyuláspont emelkedik. A fúvatás kiinduló alapanyaga többnyire a vákuumdesztillációval előállított lágy bitumen. Minél kisebb lágyuláspontú bitumen a fúvatás nyersanyaga, annál lágyabb, plasztikusabb lesz az azonos lágyulási hőmérsékletű bitumen. Egyes esetekben nem is bitumen, hanem pakura a fúvatás kiinduló nyersanyaga, ha különösen nagy penetrációjú bitumenek előállítása a cél.

A desztillációval gyártott bitumenek duktilitása egy bizonyos lágyuláspontig nagyobb, mint a fúvatottaké. E határon túl azonban ugyanolyan lágyuláspont mellett ridegebbek, penetrációjuk és duktilitásuk kisebb, mint a fúvatással gyártott, azonos lágyuláspontú bitumeneké. Ez a határ kb. 60 °C-nál van. A két eljárás kombinációjával a legkülönbözőbb fajtákat lehet előállítani. A vákuumdesztillációval előállítható bitumenek lágyuláspontja azonban korlátozott. Jelenlegi berendezéseink és nyersanyagaink figyelembevételével a desztillációs bitumenek legmagasabb lágyuláspontja 85–90 °C. Ha nagyobb lágyuláspont a cél, akkor a vákuumdesztillációval gyártott bitumeneket tovább kell fúvatni.

Az extrakciós bitument a kenőolajgyártásban a propános aszfaltmentesítő technológiával nyerik.

Bitumengyártási alapanyagként hazánkban korábban a nagylengyeli kőolajat használták. A nagylengyeli kőolajtermelés csökkenése miatt ma már egyéb kőolajokból is gyártanak különféle technológiai eljárásokkal megfelelő bitumeneket.

4.4.7.4 A bitumenek felhasználása

A bitumeneket felhasználási területük szerint csoportosítják. Megkülönböztetnek útépitő, építőipari, brikettipari és egyéb, különleges célokra felhasznált bitumeneket.

A bitumen legfontosabb felhasználási területe az *útépités*. Az öntött aszfalt útburkolatok például mészköliszt, homok és kőzúzalék mellett 8–10% bitumenből állnak. A bitumennel készült rugalmas útburkolatok simák, pormentesek és zajtalan közlekedést biztosítanak. További előnyük a vízállóság és a jó kopásállóság.

Az útépitési bitumeneket vasdobba töltve hozzák forgalomba. A bitumen forgalomba hozatalakor tekintélyes költséget jelent a göngyöleg, mely egyszeri szállításkor tönkremegy. Költséges továbbá a bitumen felmelegítése felhasználás előtt. Ez sok tüzelőanyag felhasználásával jár. Ezért mindinkább elterjedt a hidegen felhasználható és göngyöleg nélkül (tartálykocsiban vagy tankautóban) szállítható folyékony és hígított bitumen. Ezeket a tartálykocsiban kiszállítható bitumeneket főleg föld- és makadám utak stabilizálására, portalanítására használják.

A hígított bitumen kész útépitési bitumen és könnyű hígítóanyag (petróleum vagy gázolaj) keverésével állítható elő.

A hígított bitumenek minőségének ellenőrzése során a viszkozitás és lobbánáspont meghatározásán kívül vizsgálják a könnyű részek mennyiségét, és az ezek ledesztillálása után visszamaradó bitumen tulajdonságait. A hígított bitument az utak felületi bevonására és hideg eljárással aszfaltutak építésére használják. A hígítóanyag mennyiségétől függően különböző viszkozitással kerülnek forgalomba. Minél hidegebb az idő és minél több a kis szemcse nagyságú rész, annál kisebb viszkozitású hígított bitumen felhasználása célszerű. A hígított bitumen gyorsabban szilárdul meg, mint a folyékony, mert hígítóanyaga gyorsabban eltávozik. A hígított bitumeneket fűtőkígyós és lehetőleg szigetelt tartálykocsiban szállítják.

Az útépités mellett a másik nagy bitumenfelhasználó az *építőipar*. A bitumen kitűnő víztaszító tulajdonsága miatt kiválóan alkalmas vízszigetelésre és korrózióvédelemre. Az építőiparban vízálló szigetelések készítésére, lemezek telítésére, tetőfedési célokra stb. használják.

Hazánkban a brikettgyártáshoz szurok helyett egyre nagyobb mennyiségben használnak fel kötőanyagként bitument. A brikettgyárak részben melegen, tartálykocsikban szállított folyékony bitument használnak fel, részben göngyöleg nélkül szállított magas lágyuláspontú rideg bitument, amelyet használat előtt megőrölnek.

4.5 Földgázipar

Hazánk földgázvagyona meghaladja a 100 milliárd m³-t. Szükségletünket részben hazai termeléssel, részben a Szovjetunióból importtal biztosítjuk. Míg 1977-ben mintegy 6,3 milliárd m³ földgázt használtak fel, 1985-re a földgáz felhasználása 11 milliárd m³-re nőtt, ebből a hazai termelés 7 milliárd m³ volt.

A földgáz energiahordozóként és vegyipari alapanyagként hasznosítható. Századunk második felében rendkívül nagy jelentőségű a földgáz előretörése. A Szovjetunióban, Hollandiában, az Északi-tengeren, Algírban, Líbiában talált nagy telepek a földgáztermelés és -felhasználás gyors előretörésével járnak. A földgáz energetikai felhasználása mellett jelentős a vegyipari felhasználása, elsősorban a szintézisgázgyártás (műtrágyagyártás) céljaira, amelyet a megfelelő fejezetben részletesebben ismertetünk.

4.6 A petrokémiai ipar eljárásai és termékei

4.6.1 A kőolaj és földgáz mint vegyipari alapanyagok

Századunk vegyipari fejlődésére jellemző, hogy a szerves vegyipar áttért a kőszénkátrány alapú nyersanyagokról a kőolajra és földgázra. Petrokémiai iparoknak nevezzük azokat a vegyipari ágakat, melyek kiinduló anyagait szénhidrogén bázison állítják elő.

A petrokémia kialakulása a század húszas éveiben kezdődött el; de rohamosan csak a második világháború utáni időben fejlődött. A műanyagipar, a műszálpár, a műtrágyaipar és számos más iparág nyersanyagai ill. alapanyagai egyre inkább a szénhidrogének.

4.6.2 A petrokémia szerves termékei

4.6.2.1 Aromás vegyületek

Az aromás vegyületeket eredetileg a feketekőszének nagyhőmérsékletű lepárlásakor keletkező kátrányokból állították elő. Ma az aromástermelés egyre nagyobb mértékben kőolajbázisra tért át.

Az aromások petrokémiai termelésének két útja van. Egyik a platina katalizátoros reformálással történő aromásgyártás, a másik a pirolízis cseppfolyós termékeiből való kinyerés. E kétfajta aromás elegy összetétele jelentősen eltér

A reformált- és a pirolízisbenzin összetétele (%)

Komponens	Reformált benzin	Pirolízis benzin
Benzol	6–8	30–60
Toluol	10–20	18–20
Xilol és etil-benzol	20–26	6–2
Egyéb aromások	10–20	14–8
Nem aromások	54–26	32–10

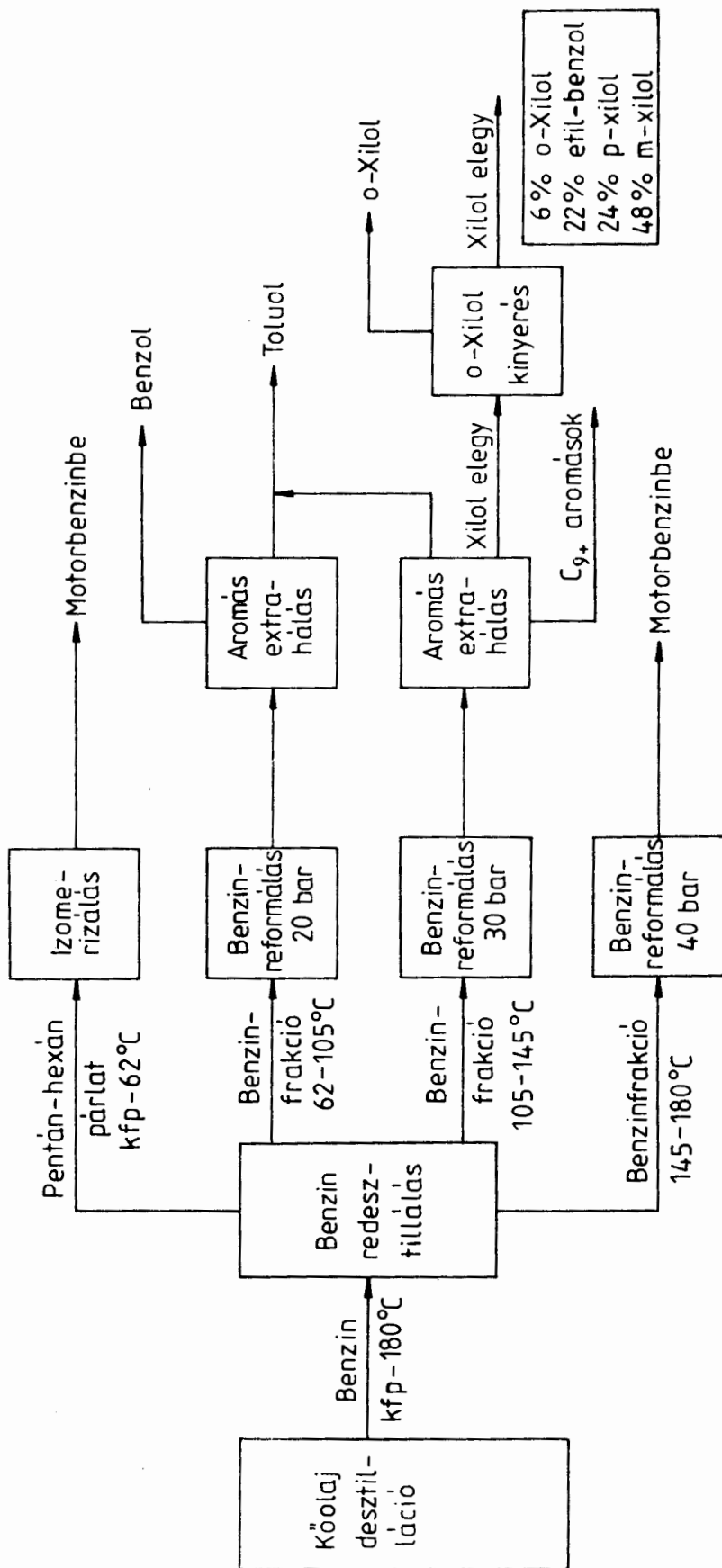
egymástól. A reformált benzin több xilolt, a pirolízisbenzin több benzolt tartalmaz, amint az a 4.7. táblázatból látható. Mint említettük a reformálás a nagy oktánszámú benzinek gyártásával kapcsolatos, azonban petrolkémiai célokra is használható. A katalitikus reformáláskor keletkező reformátum mintegy 50% aromás szénhidrogént tartalmaz. Ha ezeket az aromás szénhidrogéneket valamilyen oldószerrel, pl. dietilén-glikollal vagy szulfolánnal extrahálják, akkor a tiszta aromás vegyületek elegyét nyerik. Az ún. BTX aromások a legfontosabbak. Ezen a benzol-, a toluol- és a xilol-frakciók értendők.

A katalitikus reformálással történő aromás szénhidrogéngyártást a 4.11. ábrán követhetjük. A kőolajdesztillációkor keletkező benzinfrafrakciót redesztillálják. A redesztillációkor keletkező pentánban dús pentán-hexán-frakciót izomerizálják. Az így keletkező izopentán értékes motorbenzin-gyártó komponens, javítja annak frontoktánszámát. Nagy tisztaságú izopentánból dehidrogénezéssel izoprén állítható elő, ami műkaucsuk alapanyag.

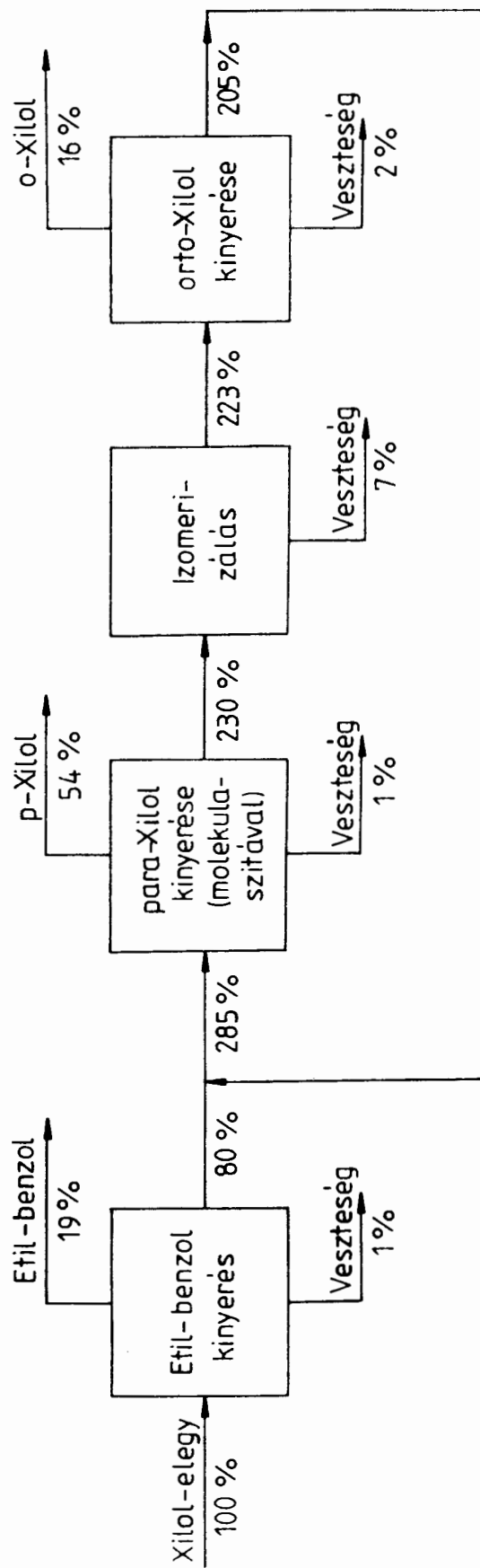
A 62–105 °C-os frakció kisnyomású katalitikus benzinreformálóban a benzolgyártás alapanyaga (de közben toluol is keletkezik), a 105–145 °C frakcióból katalitikus benzinreformáláskor xilol-elegyek keletkeznek. A redesztilláció legnehezebb termékét ugyancsak reformálják, amely nagy oktánszámú motorbenzin komponens eredményez.

Az aromás szénhidrogéneket, így a benzolt, toluolt és xilolokat is extrakcióval választják el a nem aromás szénhidrogénektől. Míg a benzol és toluol finomfrakcionálással nagy tisztaságban előállítható, a xilol-elegy feldolgozása nehezebb feladat. A xilol-elegyből az *orto*-xilol desztillációval eltávolítható, mivel ez a legnagyobb forrásponstú komponense.

A 4.12. ábra a xilol-elegy továbbfeldolgozását mutatja be. A már *orto*-xilolmentesített elegyből előbb az etil-benzolt távolítják el, mert az izomerizációt zavarná az etil-benzol tartalom. A *para*-xilol és *meta*-xilol közeleső forrásponstja miatt nem választható el egymástól desztillációval. A *para*-xilolt régebben kifagyasztással, újabban molekulaszítás szelektív adszorpcióval nyerik ki az elegyből. A *meta*-xilol izomerizálása révén további *orto*-xilol és *para*-xilol nyerhető.



4.11. ábra. Aromások gyártása katalitikus reformálással



4.12. ábra. A xilol-elegy továbbfeldolgozása

Míg a *meta*-xilolnak jelenleg alig akad továbbfeldolgozási lehetősége, az *orto*-xilol a ftálsavanhidridgyártás, a *para*-xilol a tereftálsavgyártás alapanyaga. Előbbi a műanyaglágyítók, utóbbi a poliésztergyártás alapanyaga.

Aromások gyárthatók a benzinpirolíziskor keletkező cseppfolyós termékekből (pirolízisbenzin) hidrogénező finomítás után oldószeres extrakcióval is, főképpen benzol és toluol. Végül megemlítjük, hogy a petrokémiai úton gyártott aromások tisztábbak, mint a szénkémia révén előállítottak.

4.6.2.2 Normál-paraffinok

A nyílt láncú alifás vegyületek közül a *normál*-paraffinok fontos alapanyagai a szintetikus detergens mosószergyártásnak. Ezeket a *normál*-paraffinokat két módon lehet előállítani. Az egyik mód az ún. karbamidos adduktképzés. A karbamid kristályrácsába a *normál*-paraffin szénhidrogének beépülnek. Az így képződő közös kristály az ún. adduktkristály. Ha ezeket az adduktkristályokat leszűrjük, és vízben feloldjuk, a karbamid a vízben oldódik, és a *normál*-paraffinok maradnak vissza.

A *normál*-paraffinok előállításának másik módja a molekulaszitás szelektív adszorpción alapuló *normál*-paraffin elválasztás. Az eljárás lényege, hogy a molekulaszítán átbocsátott szénhidrogénelegyenben lévő *normál*-szénhidrogének a molekulaszita pórusaiba behatolnak, és ott megkötődnek, míg a többi szénhidrogén változatlanul áthalad az oszlopon. Az oszlopon megkötött *normál*-paraffinok deszorpcióval visszanyerhetők. A *normál*-paraffinok vagy klasszikus kémiai módszerekkel (pl. szulfoklórozással) vagy szelektív dehidrogénezéssel *alfa*-olefinekké átalakítva adják azokat az alapanyagokat, melyek az egyre bővülő mosószergyártásban nélkülözhetetlenek.

4.6.2.3 Acetilén és olefinek

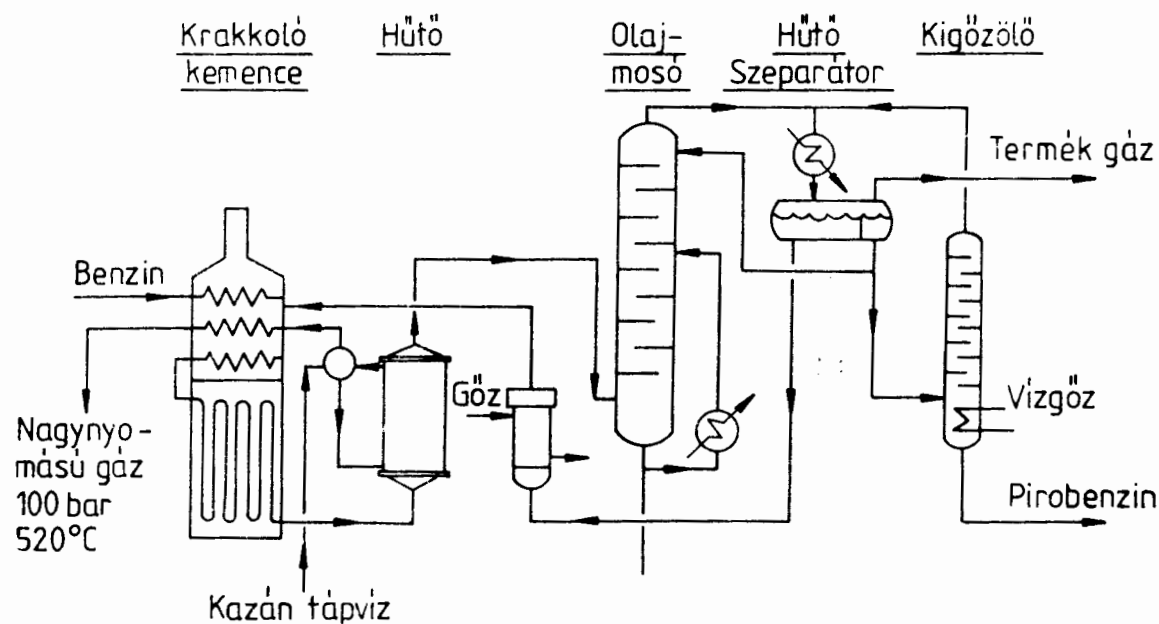
A petrokémia egyik legnagyobb fejezete az olefinek és acetilén előállítása. Az acetilén előállítása csökkenő jellegű és alapanyaga a metán. A metánból acetilént vagy ívfényes bontással, vagy részleges ún. parciális oxidációval lehet előállítani. Parciális oxidációs üzem hazánkban Kazincbarcikán épült, amelyet gazdasági megfontolások alapján 1981-ben leállítottak.

A petrokémiának legjelentősebb területe az olefinek (etilén, propilén) előállítása. Legelterjedtebb módja a benzin nagy hőmérsékletű hőbontása, az ún. benzinpirolízis.

Az etilén alapja a polietiléngyártásnak, s az etilénből etil-alkoholt és számos más terméket is elő lehet állítani. Klórozással belőle diklór-etán képződik, mely pirolízissel vinil-kloriddá, a PVC gyártás alapanyagává alakítható át.

A propilén ugyancsak műanyaggyártási, kisebb mértékben műszálggyártási alapanyag. Propilénből kiindulva is számos további termék állítható elő, így pl. oxoalkoholok, melyek a műanyaglágyítók gyártása szempontjából fontosak. Magyarországon Leninvárosban működik benzinpirolízis üzem és az ebből származó olefinek feldolgozására szolgáló gyár, így polietilén- és polipropilén-üzem is. Az etilén egy részét a Borsodi Vegyi Kombinát hasznosítja PVC gyártásra.

A benzinpirolízis folyamatvázlata a 4.13. ábrán látható. A benzinpirolízis alapanyaga az ún. vegyipari benzin, melyet a kőolajfinomítók desztillációval állítanak elő. A vegyipari benzin kisebb átlagmóltömege és a paraffinosabb jelleg előnyösebb a pirolízis szempontjából. A benzint csökemencében vízgőz jelenlétében igen gyorsan 830–850 °C-ig melegítik (0,1–0,2 s tartózkodási idő), majd a reakcióelegyet hirtelen lehűtik, ez alkalommal a visszanyert hő gőztermelésre használható. A lehűtött pirolizált termék olajos mosón keresztül hűtőszeparátorba kerül, ahol gáz- és folyadékfázisra válik szét. A gázfázis feldolgozása összetett, soklépcsős művelet, melyben mélyhűtést is alkalmaznak. A főtermék az etilén, mintegy 28%-os hozammal, a propilénhozam kb. 15%.



4.13. ábra. A benzinpirolízis folyamatvázlata

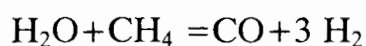
A pirolízis C_4 -frakciója több mint 40% butadiént tartalmaz, a C_5 -frakció pedig izoprént. A cseppfolyós frakció C_6 – C_8 része kétlépcsős hidrogénezéssel olefinmentesítve aromásgyártásra használható. A pirolíziskor keletkezett nehezebb frakciók motorbenzin komponensként használhatók. A 180 °C felett forró rész az ún. pirolíziskátrány jelentős mennyiségű kondenzált aromás szénhidrogént tartalmaz, amely korom vagy petrolkoksz gyártási alapként használható.

4.6.3 A petrokkémia szervesetlen termékei

4.6.3.1 Szintézisgáz

A petrokkémia szervesetlen termékei között legjelentősebb a nitrogénműtrágya, amelynek alapanyaga a szintézisgáz.

A szintézisgáz nitrogén komponensét a levegőből nyerik. A szükséges hidrogént régebben vízgázgyártással biztosították. Magyarországon ma kizárólag metánból gyártják. Például a szénhidrogén alapú szintézisgáz-, illetőleg hidrogéngyártás egyik módja, hogy a metánt, illetőleg a könnyűbenzint vízgőzzel 900 °C körüli hőmérsékleten nikkal katalizátoron elbontják. A bomlás lényege a



reakció.

A szén-monoxidot vízgőzzel szén-dioxiddá konvertálják és azt a szintézisgázból kimosva nyerik a tiszta hidrogént. Szintézisgázból, ill. annak komponenseiből állítható elő az ammónián kívül a metanol, oxovegyületek, foszgén stb. E termékek az alkotó két komponenst – a szén-monoxidot és hidrogént – különböző arányban igénylik előállításukhoz, amint az a 4.8. táblázatból látható.

4.8. táblázat

Szintézisgázból kiinduló szintézisek	
Megnevezés	H ₂ /CO arány
Ammónia	H ₂ /N ₂ =3:1
Metanol	2:1
Oxo-reakció, alkoholszintézis	2:1
Oxo-reakció, aldehidszintézis	1:1
Foszgén, hangyasav, ecetsav, neosavak stb.	tiszta CO
Fischer–Tropsch szintézis	2:1
Hidrogénezések	H ₂ (CO mentes)

4.6.3.2 Korom

Jelentős petrokkémiai termék az aktív korom, mely a gumigyártás nélkülözhetetlen alapanyaga. Az aktív kormot részben földgázból, részben megfelelő olajipari termékekből állítják elő.

A földgázból való előállításakor parciális elégetéssel biztosítják, hogy a mértékben egy részének elégetésekor aktív korom váljon ki.

Újabban nagy aromástartalmú frakciókból indulnak ki az aktív korom előállítására. Ilyen nagy aromástartalmú alapanyag lehet a kenőolajok oldószeres finomításakor keletkező, valamint katalitikus krakküzemek recirkuláló olajából furfurolos extrakcióval nyerhető extrakt.

4.6.3.3 Elemi kén

A petrokkémia szerves termékei közé tartozik az elemi kén, amelyet földgázból vagy a kőolajfeldolgozó üzemekben keletkező kén-hidrogén tartalmú gázokból nyernek ki. Az előállítás módját a kénsavgyártás c. fejezet ismerteti.