

Szervetlen vegyipari alapanyagok gyártása

Gyártási folyamat

Szakaszos és folyamatos gyártás

- A kémiai reakciókat leggyakrabban üstreaktorban vagy csőreaktorban végzik.

Szakaszos technológia ajánlott, ha:

- A termelési kapacitás kisebb mint 500 t/év.
- Szezonális és/vagy rövid élettartalmú termék esetében.
- Kis reakciósebesség (un. lomha reakciók) esetén.
- Nehezen kezelhető anyagok (pl.: zagyok) reakciójánál.
- Gyorsan bomló, szennyeződésre érzékeny anyagok esetén.
- Finomkémiai termékek, gyógyszerek, növényvédőszer.

Folyamatos technológia ajánlott, ha:

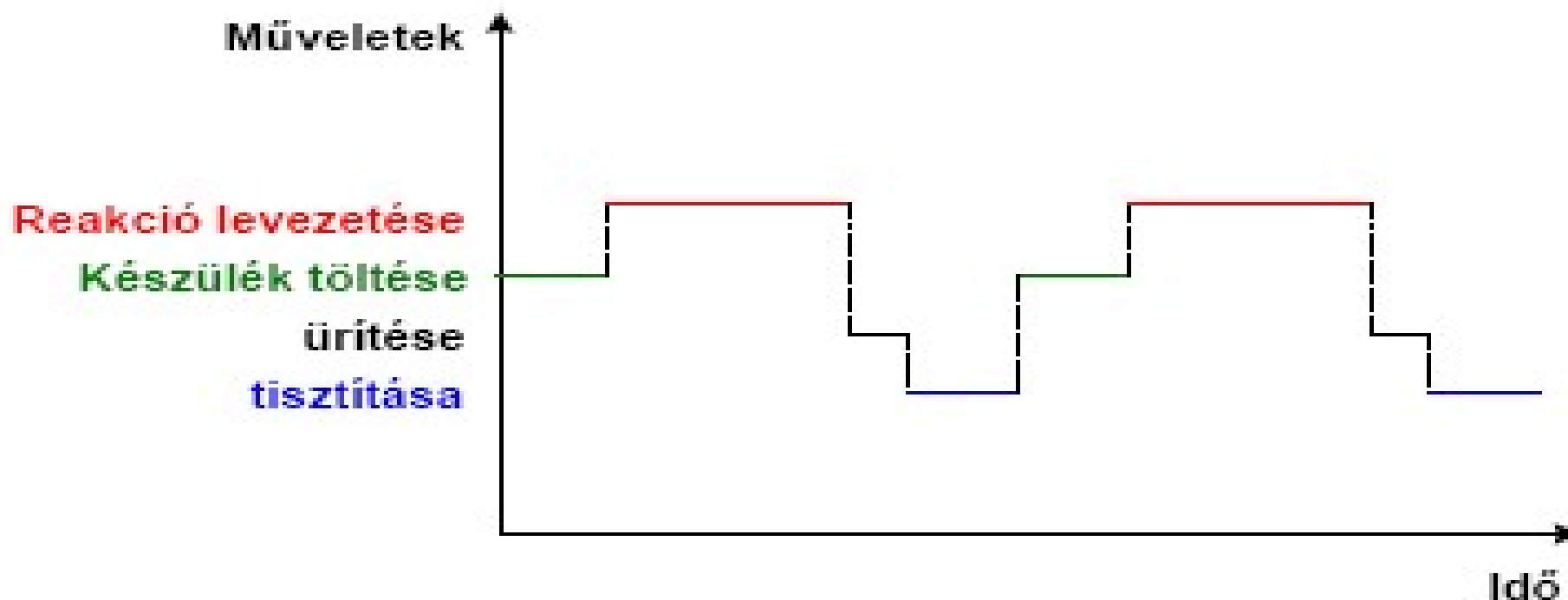
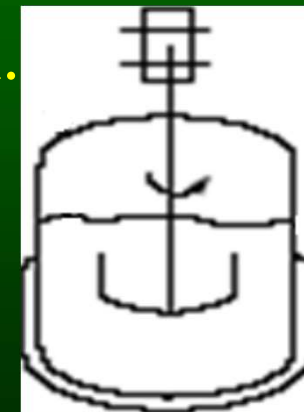
- A termelési kapacitás nagyobb mint 5000t/év.
- Tartós, nagy kereslettel rendelkező termékek gyártásánál.
- Olajipari, gázipari technológiák esetében.

Gyártási folyamat

Szakaszos gyártás

Időben periodikusan ismétlődő részműveletekből áll.

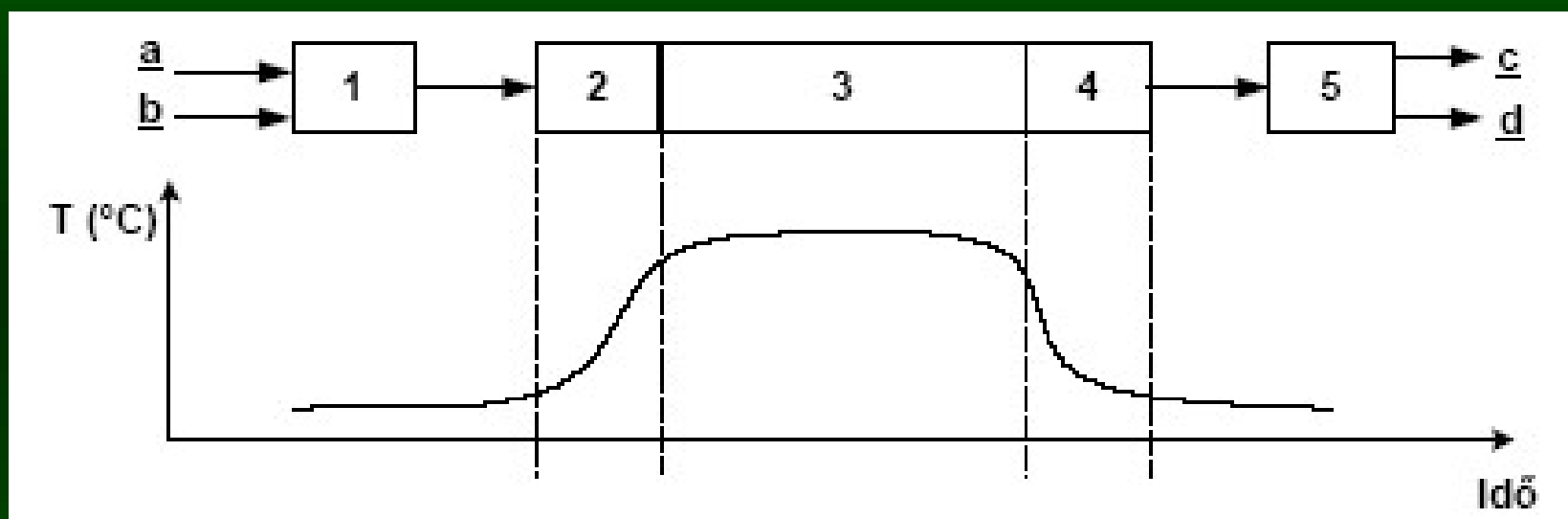
1. Kiindulási anyag adagolása.
2. Művelet elvégzése vagy folyamat levezetése.
3. Készülék vagy gép ürítése.
4. Tisztítás.



Gyártási folyamat

Folyamatos gyártás

Az egész gyártóberendezésen át gyakorlatilag állandó sebességgel áramlanak a folyamatban résztvevő anyagok.

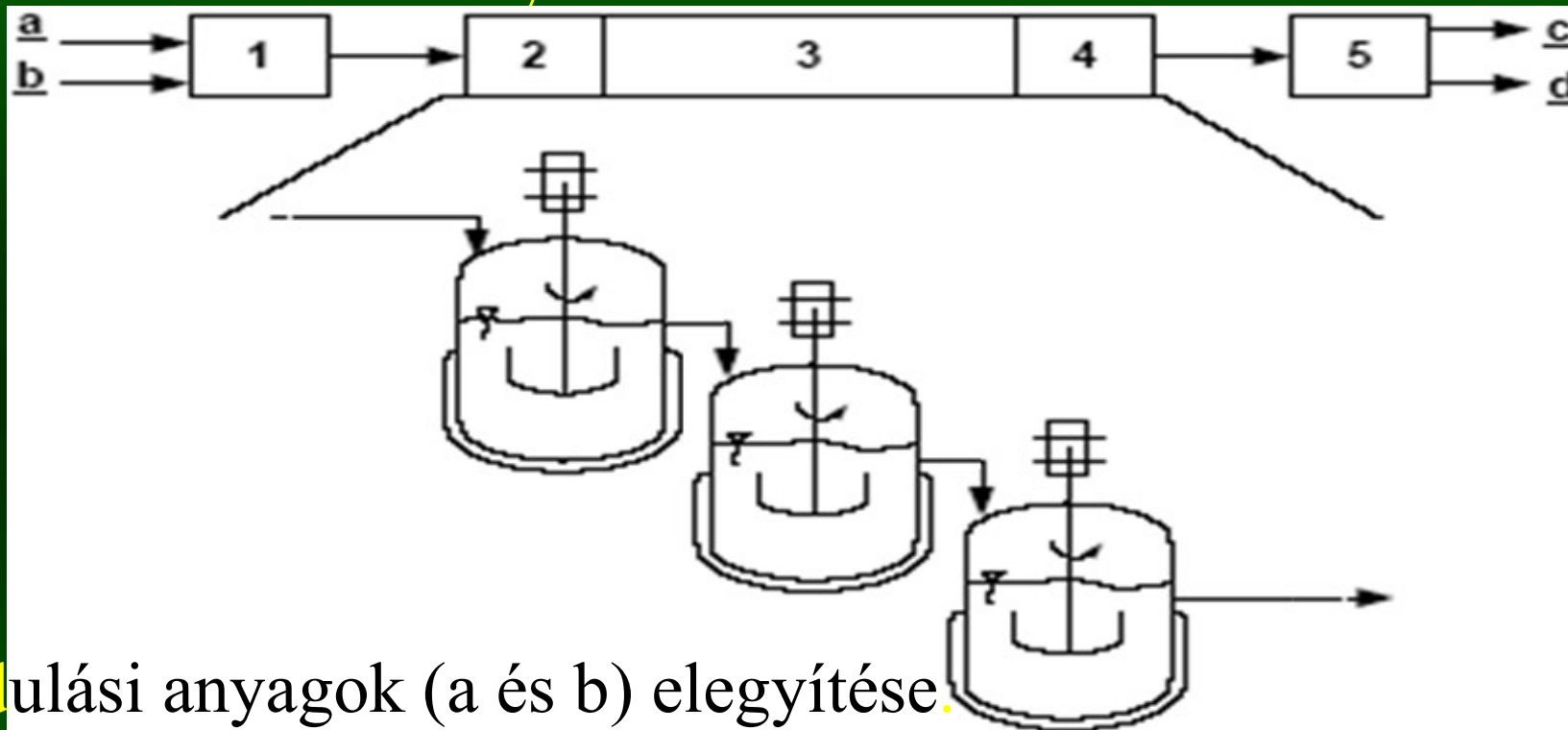


1. Kiindulási anyagok (a és b) elegyítése.
2. Az elegy felmelegítése.
3. A reakció levezetése a tartózkodási idő alatt.
4. Az elegy hűtése.
5. A melléktermék(ek) (c) elválasztása a termék(ek)től (d).

Gyártási folyamat

Folyamatos gyártás - kaszkádrendszerben

Folyamatos csőreaktor helyett több szakaszos.

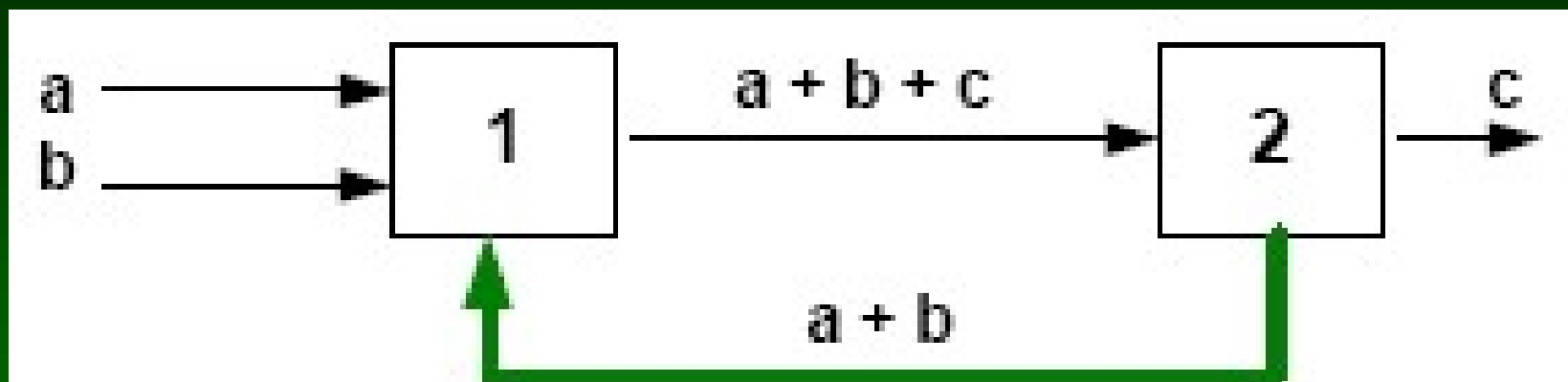


1. Kiindulási anyagok (a és b) elegyítése.
2. Az elegy felmelegítése.
3. Reakció: tartózkodási idő a műveleti egységben.
4. Az elegy hűtése.
5. A melléktermék(ek) (c) elválasztása a termék(ek)től (d).

Gyártási folyamat

Az anyag útja a vegyipari műveletekben és folyamatokban

- A gyártás során fontos a maximális hasznos konverzió (átalakulás) elérése (>95%: csak a kívánt termék keletkezik).
- Gyakran csak részleges az átalakulás.
- A változatlanul maradt kiindulási anyagokat (a és b) el kell választani (2) a termékektől, (c) és amennyiben lehet újra fel kell használni a gyártásban (1):

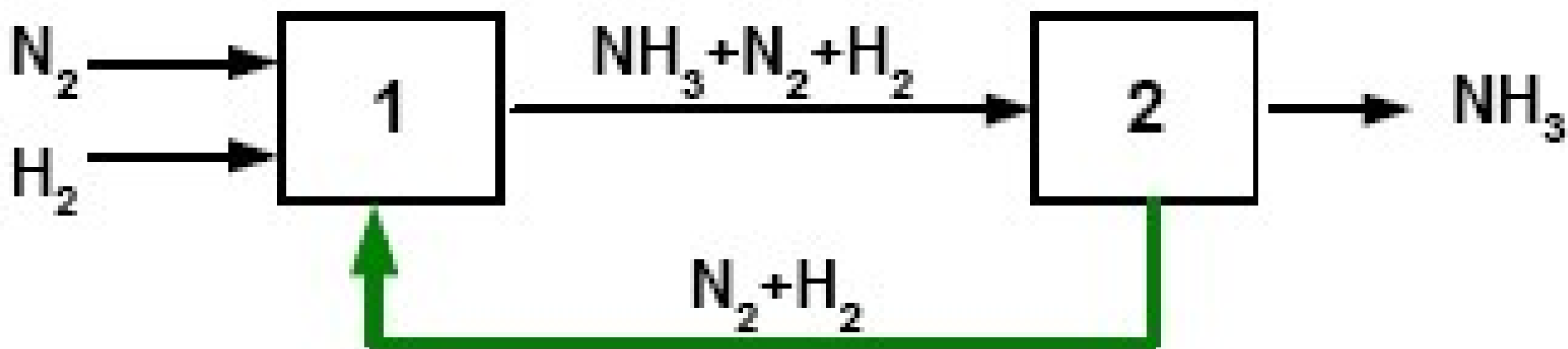


A visszavezetést recirkulációnak nevezik.

Gyártási folyamat

A recirkuláció okai:

- Egyensúlyhoz vezető reakció megy végbe, és nem volna gazdaságos olyan körülmények között vezetni a reakciót, hogy erősen megközelítsék a teljes átalakulást (nagyon nagy nyomás alatt kellene dolgozni térfogatcsökkenéssel járó egyensúlyi reakcióknál). Ilyen eset pl.: az ammóniaszintézis:



A recirkuláció okai:

Az egyik reakciókomponensnek feleslegben kell lennie:

- Kedvező egyensúlyi helyzettel kell megközelíteni az optimális átalakulást.
- Robbanóelegy képződésének elkerülése (oxidációs reakciók)
- Másodlagos reakciók elkerülése (benzol klórozása).
- A termék csak kis koncentrációban lehet jelen a reakcióelegyben a reakciókörülmények között, mert nagyobb koncentrációban másodlagos reakciók mennének végbe. Pl.: az etil-benzol dehidrogénezése sztrollá, ami nagyobb koncentrációban polimerizálnék.

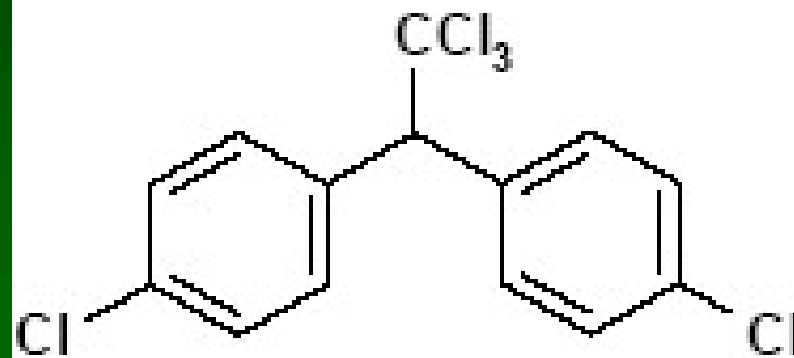
Mechanikai műveletek között is található példák recirkulációra. Ilyen például az, amikor egy anyagot finomra kell őrölni, a finom szemcsésű frakciót szitálással elkülönítik, a többit pedig visszavezetik az őrölőbe

A Kémia egyre romló megítélése

- Az 1950-es és 1960-as években a kémikusok azt hitték, hogy a kémia megoldást ad a társadalom különböző szükségleteire. A „tudós” hősnek számított. A cégek számtalan „új”, ugyanakkor ismeretlen termékkel álltak elő.
- A nagyszámú sikeres megoldás mellett, sajnos több előre nem várt káros kimenetelű esemény is történt:

Paul Herman Müller 1934-ben fedezte fel a **DDT** rovarirtó hatását. 1948-ban orvostudományi Nobel-díjat kapott.

A DDT leggyakoribb formált termékei *Matador*, *Nikerol*, *Holló*, *Permit* néven kerülnek forgalomba.

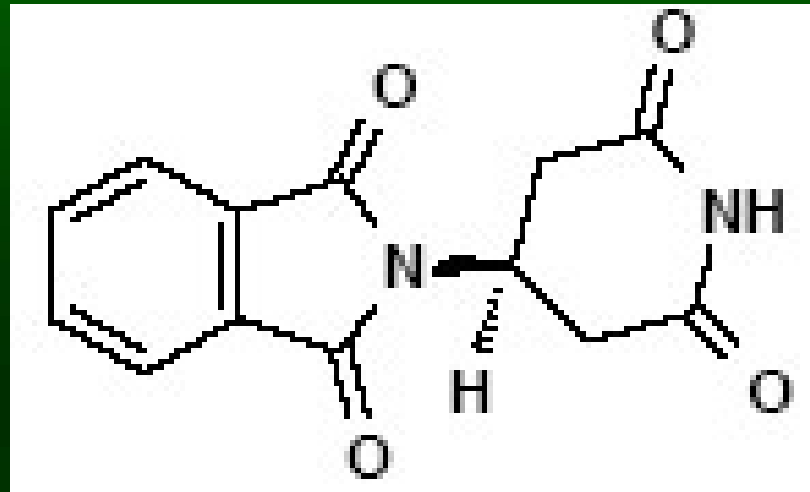


A Kémia egyre romló megítélése

- Malária és tífusz megbetegedések ellen hatékonyan alkalmazták
- 1970-es évek elejéig betiltották.
- A **DDT** (diklór-difenil-triklóretán) nevű klórozott rovarirtó szer felgyülemlik a madarakban. Tojáshéj vékonyodást és más szaporodási problémákat okoz, melyek drámaian csökkentették a sasok, halászsasok és barna pelikánok számát.

A Kémia egyre romló megítélése

Contergan botrány. A terhes nőknek adott nyugtatószer (thalidomid hatóanyagú) szedése során, mintegy 10 000 gyermek született rendellenességekkel, amíg kiderült, hogy az egyik optikai izomer teratogén hatású.



A hűtőszekrényekben alkalmazott freonokat a mérgező kén-dioxid és ammónia helyettesítésére fejlesztették ki.



Freonok	Freon-12	CF_2Cl_2
---------	----------	--------------------------

CFC-k	Freon-11	CF_3Cl
-------	----------	------------------------

	Freon-2	CHFCl_2
--	---------	------------------

HCFC	R-22	CHF_2Cl
------	------	-------------------------

Montreáli egyezség szerint az R-22 is fokozatosan kivonandó

A freon ózombontó hatása nem volt előre látható

A Kémia egyre romló megítélése

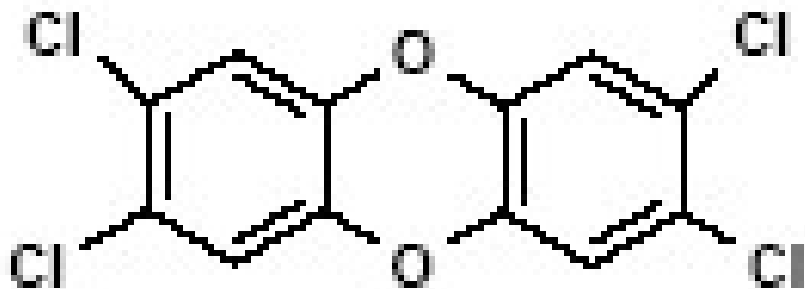
1982, Times Bach, Missouri, USA: Az utak melletti földek dioxinnal voltak szennyezve.

Tíz évvel korábban dioxinnal szennyezett olajat használtak az utak felújítása során. A dioxin szintje 300-700 ppb szintre emelkedett.

(>1ppb már veszélyesnek számít mindennapi érintkezéskor).

• 1999 Belgium: Különböző hústermékek dioxinnal voltak szennyezve.

Forrás: <http://www.npr.org>



Kémiai Balesetek

- 1984. december 3. Bhopal, India: Egy rovarirtószert gyártó üzemből 40 tonna metil-izocianát került a város fölé. 8000-en meghaltak (+20 000 napjainkig) és 120 000-en megbetegedtek.
- 1996. október 19. University of Texas, Austin, USA: Fém-nátriumot tartalmazó éghető szerves hulladék közömbösítése során a nátrium vízzel került érintkezésbe, amely súlyos tüzet okozott.



Kémiai Balesetek

- 2000 – Magyarország: Tiszai cián- és nehézfémzennyezés, melynek eredményeképpen a folyó élővilága szinte teljesen elpusztult.
- Az USA-ban 1993-1995 között 23 000 olyan baleset volt, amelyekben toxikus anyagok is részt vettek. 60 ember meghalt és 41 000 embert kellett ideiglenesen eltávolítani a balesetek közeléből



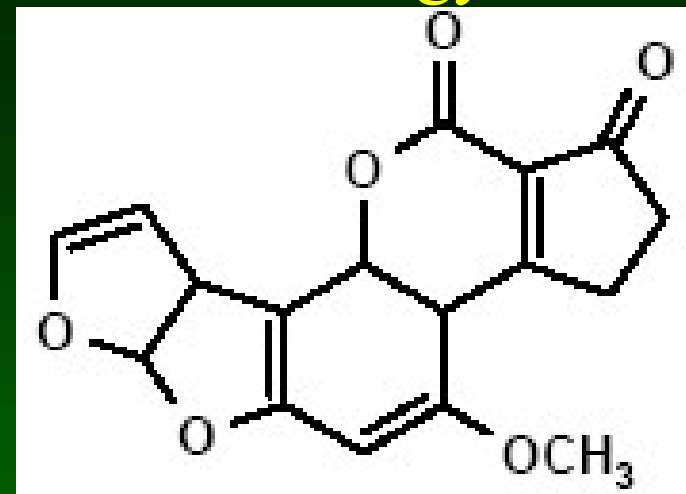
Kemofóbia ???

- Az emberek bizalmatlanok a tudósokkal szemben. A kemofóbia jelentősen megnövekedett. Az emberek általában azt hiszik, hogy a „vegyi anyagok” rosszak és a „természetes anyagok” jobbak, noha sokuk azt sem tudja mi is egy vegyi anyag.
- Az a vélemény, hogy a „természetes” jobb, mint a „kémiai” megalapozatlan. Számos természetben előforduló vegyület káros biológiai hatással rendelkezik. A természetben található aflatoxin B1 az egyik legerősebb ismert rákkeltő vegyület.

Aspergillus flavus termeli.

Magyarország 2004 – fűszerpaprika

A korpa fuzárium toxinnal lehet szennyezve -> fehér kenyér



We love chemicals



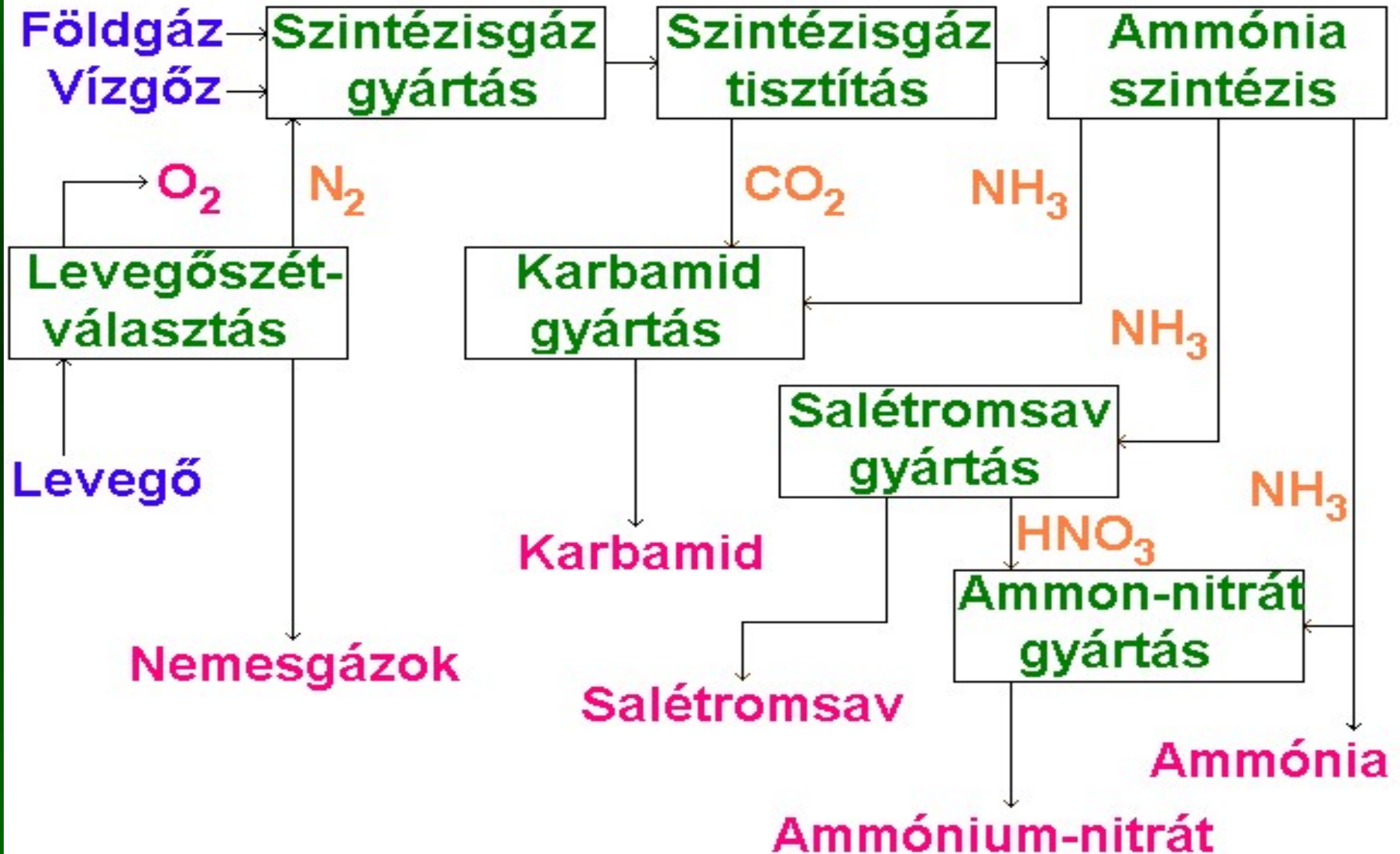
Ingredients: aqua, vegetable oils, sugars, starch, carotene, tocopherol (E306), riboflavin (E101), nicotinamide, pantothenic acid, biotin, folic acid, ascorbic acid (E300), palmitic acid, stearic acid (E570), oleic acid, linolic acid, malic acid (E296), oxalic acid, salicylic acid, purines, sodium, potassium, manganese, iron, copper, zinc, phosphorous, chloride, colours, antioxidant.

Produced in: nature. Store in a cool, dry place.

love chemicals | eat chemicals | live chemicals

ALAPANYAG GYÁRTÁS

Nitrogénipar



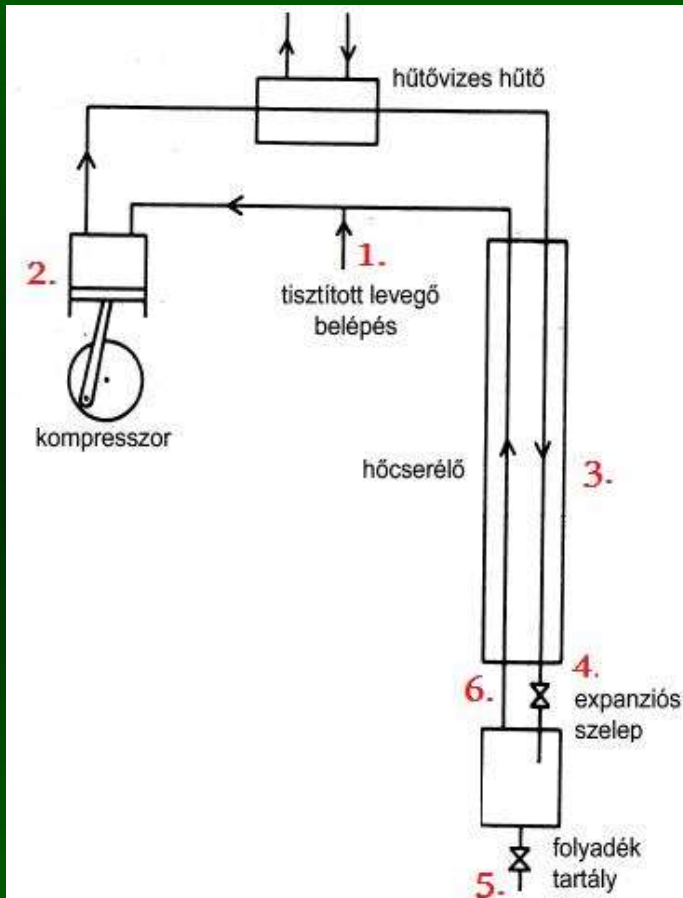
Levegő cseppfolyósítása

A száraz levegő összetétele, fizikai jellemzői

Komponens	koncentráció tf%	Olvadáspont °C	Forráspont °C
nitrogén	78,03	- 210,5	- 195,8
oxigén	20,95	- 218,9	- 182,9
argon	0,93	- 189,0	- 185,8
szén-dioxid	0,033	- 57	- 78
neon	0,0015	- 248,7	- 245,9
hidrogén	0,0010	- 259,1	- 252,5
helium	0,0005	- 272,2	- 268,9
metán	0,0002	- 182	- 161,0
kripton	0,00011	- 156,6	- 152,3
nitrogén-oxid	0,00005	- 90,8	- 89,5
xenon	0,000008	- 111,9	- 108,1

Mennyiség: $\sim 5 \cdot 10^{15}$ t, évi felhasználás $\sim 1 \cdot 10^9$ t

Egylépcsős Linde-ciklus



Levegőcseppfolyósítás adiabatikus
expánzióval: Linde-Hapson eljárás

1. 20°C , 1 bar
2. izoterm kompresszió:
 20°C , 200 bar
3. izobár hűtés: -120°C ,
200 bar (regeneratív)
4. expánzió: -188°C , 2
bar (vegyes fázis)
5. cseppfolyós levegő
6. gázfázis

A nitrogén oxidációs állapotai

-3	NH_3	ammónia
-2	$\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2$	hidrazin
-1	$\text{H}_2\text{N}-\text{OH}$	hidroxilamin
0	N_2	nitrogén
+1	N_2O	dinitrogén-monoxid
+2	NO	nitrogén-monoxid
+3	N_2O_3	dinitrogén-trioxid
+4	NO_2	nitrogén-dioxid
+5	N_2O_5	dinitrogén-pentaoxid

- HNO_2
salétromossav

- HNO_3
salétromsav

A nitrogén

Felhasználás - Forgalombahozatal

•Iparban:

- Nitrogén-oxidok és salétromsav
- Ammóniaszintézis
- Amidok
- Cianidok
- Nitrogénműtrágyák
- Nitridek előállításának az alapanyaga

•Egyéb területen:

- Inert gázként történő alkalmazás
- Aeroszolos palackok töltése
- Tűzoltókészülékek töltése
- Élelmiszerek mélyhűtése

•Forgalombahozatal 150 bar nyomású, zöld palackokban

Oxigén

- Ipari méretekben cseppfolyós levegő frakcionálásával állítják elő a nitrogén mellett.
 - A cseppfolyós levegő feldolgozása:
Az cseppfolyós levegőt forráspontja 190.6°C , ezen a hőmérsékleten a gőz 70% N_2 -t tartalmaz, a folyadék O_2 -ben dúsul. A forrást akkor szakítják meg, amikor a folyadékelegy O_2 tartalma 75%-ot ér el. Ekkor a folyadékelegyet elkülönítik és párologtatják. A gőz ezt követő lecsapódása 90% O_2 tartalmú folyadékot eredményez. A frakcionálás ismétlésével tiszta oxigén nyerhető, a ledesztillált folyadék pedig tiszta nitrogén.
 - A modern berendezések hozama eléri az 50t/h - t.
- A víz elektrolízise során a hidrogén mellett nagytisztaságú oxigén keletkezik

Oxigén

Főbb Felhasználása

- **Iparban:**
 - Különböző szerves és szervesetlen ipari szintézisek
 - Elektroacél kemencékben, nagykohókban
 - Petrolkémiai technológiákban stb.
- **Egyéb:**
 - Rakétaüzemanyagként
 - Egészségügy, gyógyászat stb.
- **Forgalombahozatal:** Kék, balmenetes acélpalackokban 200 bar nyomáson

Ammónia

Tulajdonságai

- Színtelen, szúrós szagú, levegőnél könnyebb gáz
- Vízben jól oldódik,
- Nagy a párolgáshője,
- Nyomás hatására könnyen cseppfolyósodik
- Cseppfolyós állapotban kiváló oldószer és hűtőanyag
- Éghető, oxigénnel (vagy levegővel) robbanóelegyet alkot
- - alsó robbanási határ: 15,5 %, felső: 28 % (V/V) ammónia
- Fiziológiai hatása: 1.5-2.7 g/m³ fél óra alatt halált okozhat.
- A világ ammóniatermelése kb. 50 millió tonnára tehető.
- Szürke acélpalackokban 8.8 bar nyomáson forgalmazzák.

Előállítása

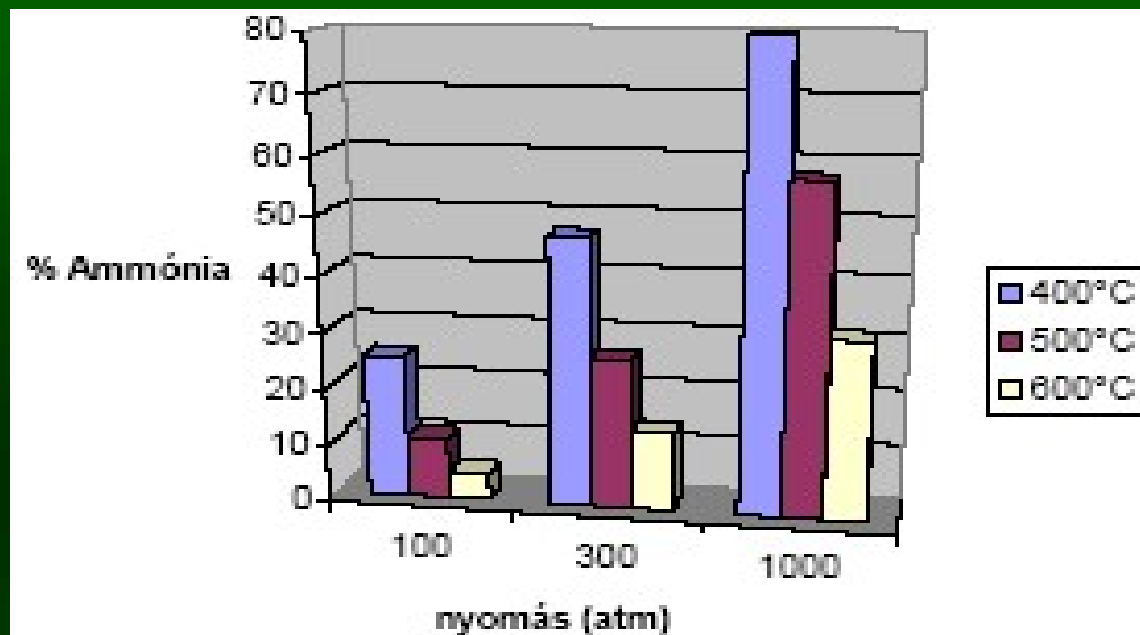
- Alapanyag: Nitrogéngáz és hidrogéngáz
- Reakció: $3\text{H}_2 + \text{N}_2 = 2\text{NH}_3$ $\Delta\text{H} = -13.2 \text{ kcal/mól}$

Ammónia

• Reakció: $3\text{H}_2 + \text{N}_2 = 2\text{NH}_3$ $\Delta H = -46 \text{ kJ/mol}$

Mólszámcsökkenés,
Exoterm reakció

Az egyensúlyi gázelegy
összetétele a nyomás
és a hőmérséklet
függvényében:



Alacsony hőmérséklet : kicsi reakciósebesség

Katalizátor

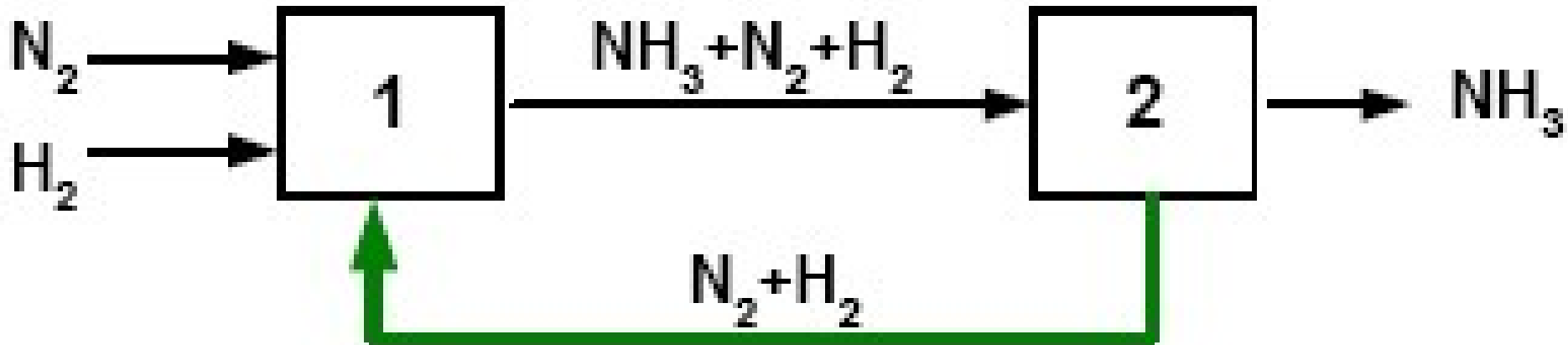
Fe-Al₂O₃-K₂O

A katalizátor igen érzékeny

kénvegyületek H₂S, COS (szén-oxi-szulfid) megmérgezik a

Ammónia

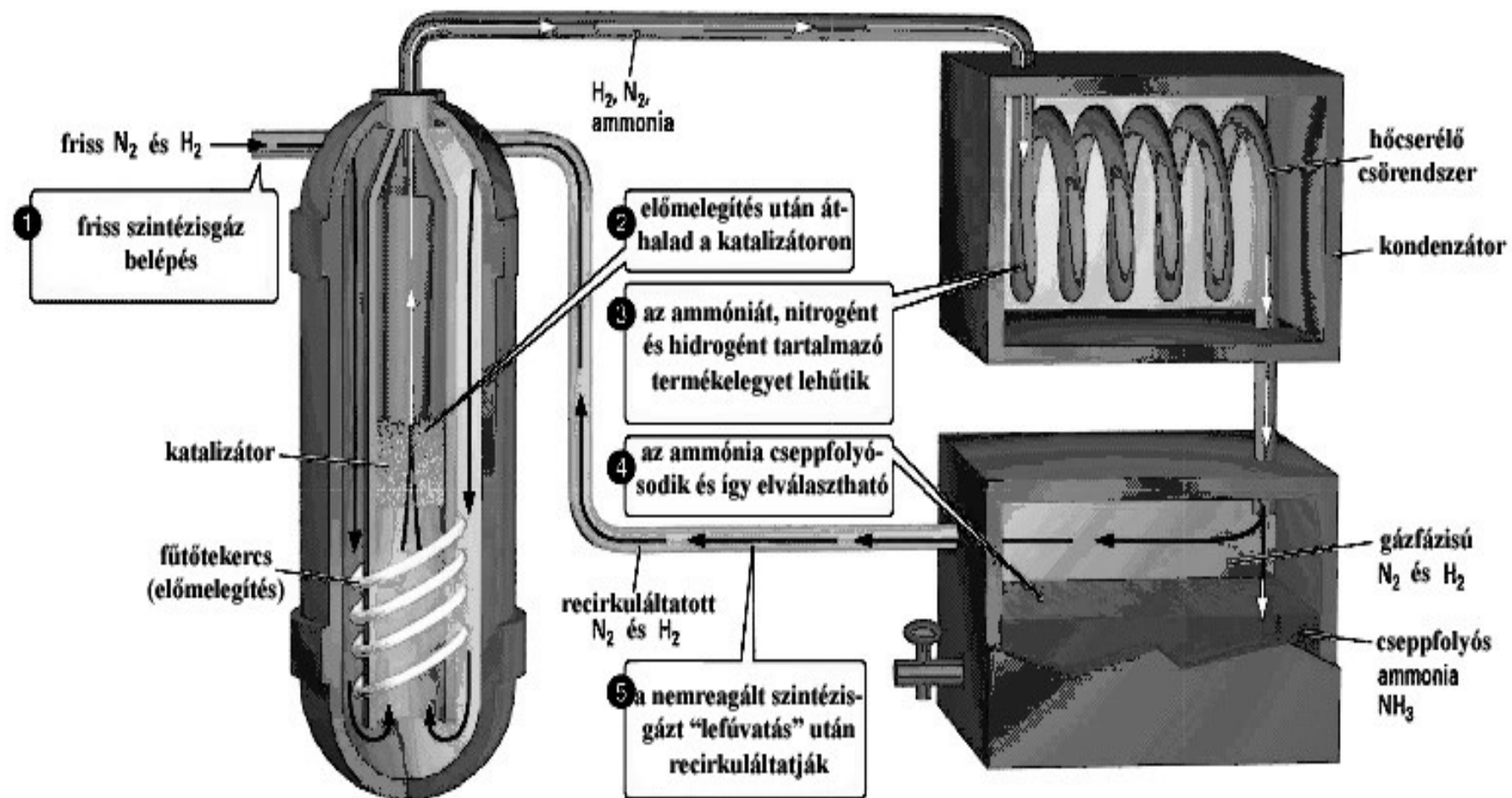
A konverzió nem teljes : recirkuláció



A folyamat leírása:

- A szintézisgáz nem alakul át teljesen
- Az átalakult ammóniát kondenzáltatás után elvezetik, a maradék gázt recirkuláltatják
- A rendszerbe csak annyi friss gázelegyet visznek, ami a képződött ammónia pótlására szükséges
- A cirkuláló gázelegyből időnként lefúvatnak az esetleges szennyeződések feldúsulásának elkerülésére

Az ammóniaszintézis elvi folyamatábrája



HABER-BOSCH-féle konverter

- Jelölések

a: hideg gázelegy belépési pontja: b:
hőszigetelő réteg c: belső csövezetékek d:
reaktorcsövek

e: elektromosan fűtött tér f: kilépési pont

g: a friss gázelegy bevezetési pontja

- A magas hőmérséklet káros hatása ellen
konstrukciós megoldással védekeznek:

- A belépő hideg gázelegyet a reaktor
belső fala mentén vezetik végig.

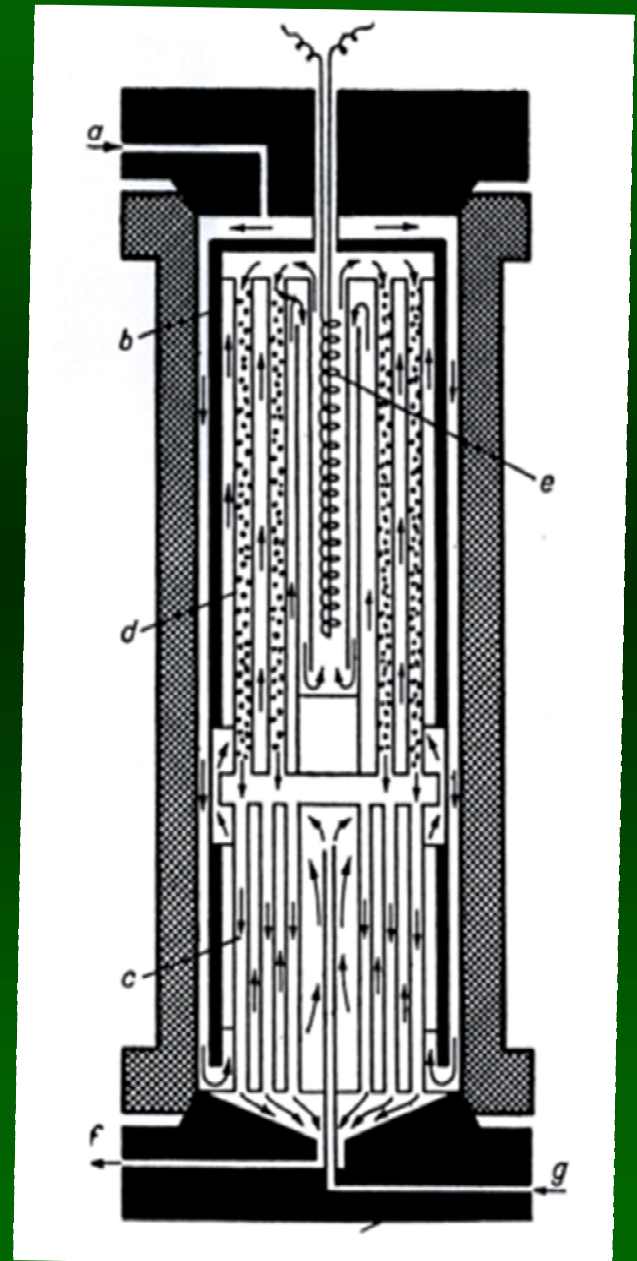
- A katalizátort tartalmazó csőköteget
hőszigetelő köpennyel burkolják.

- A konverterbe hőcserélőt építenek: a
katalizátorból kilépő gázelegy átadja
melegét a belépő hideg gázkeveréknek.

- A reaktor valóságos méretei:

- Magasság: 10-18 m

- Átmérő: 0.6-1.1m



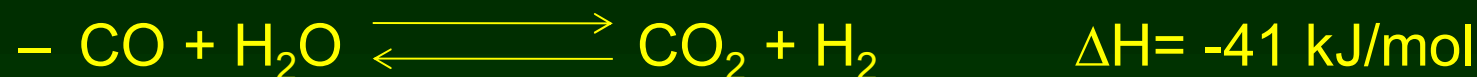
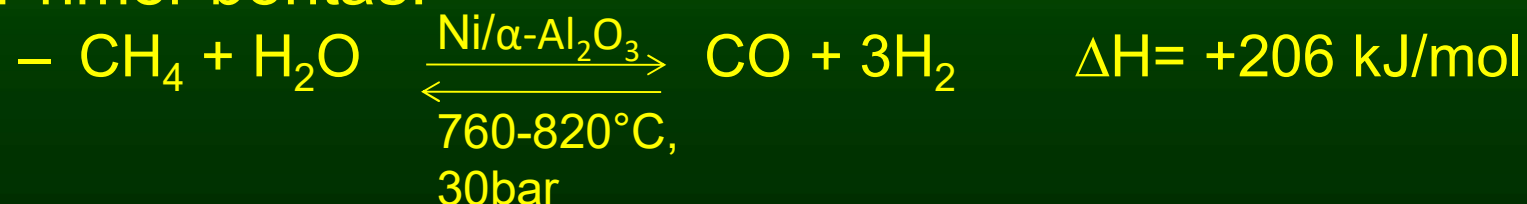
Szintézisgáz-előállítás

- Alapja: földgáz konverzió
- Alapanyagok:
 - levegő,
 - vízgőz,
 - földgáz:
 - C_1 85-90%, C_2 3-5%, C_3 0,5-1%, C_4 0,1-0,3%, CO_2 1-3%, N_2 1-3%
 - S: merkaptán , tiofén, H_2S : 0-5% (katalizátorméreg!)
 - Fűtőérték: 34 MJ/m³

Szintézisgáz-előállítás

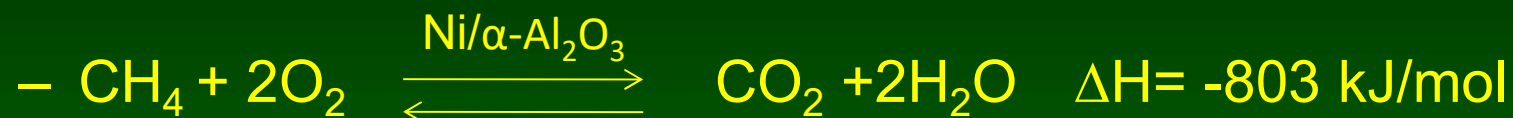
- Kéntelenítés: max. 0,5 ppm

- Primer bontás:



- Szekunder bontás: a fölös CH_4 elbontása

- Hőtermelő folyamat



- Végtermékek: CH_4 : 0,1%, CO: 15-25%, CO_2 : 8-12%, N_2 : 20-25%, H_2 : 38-57%

Péti Nitrogénművek

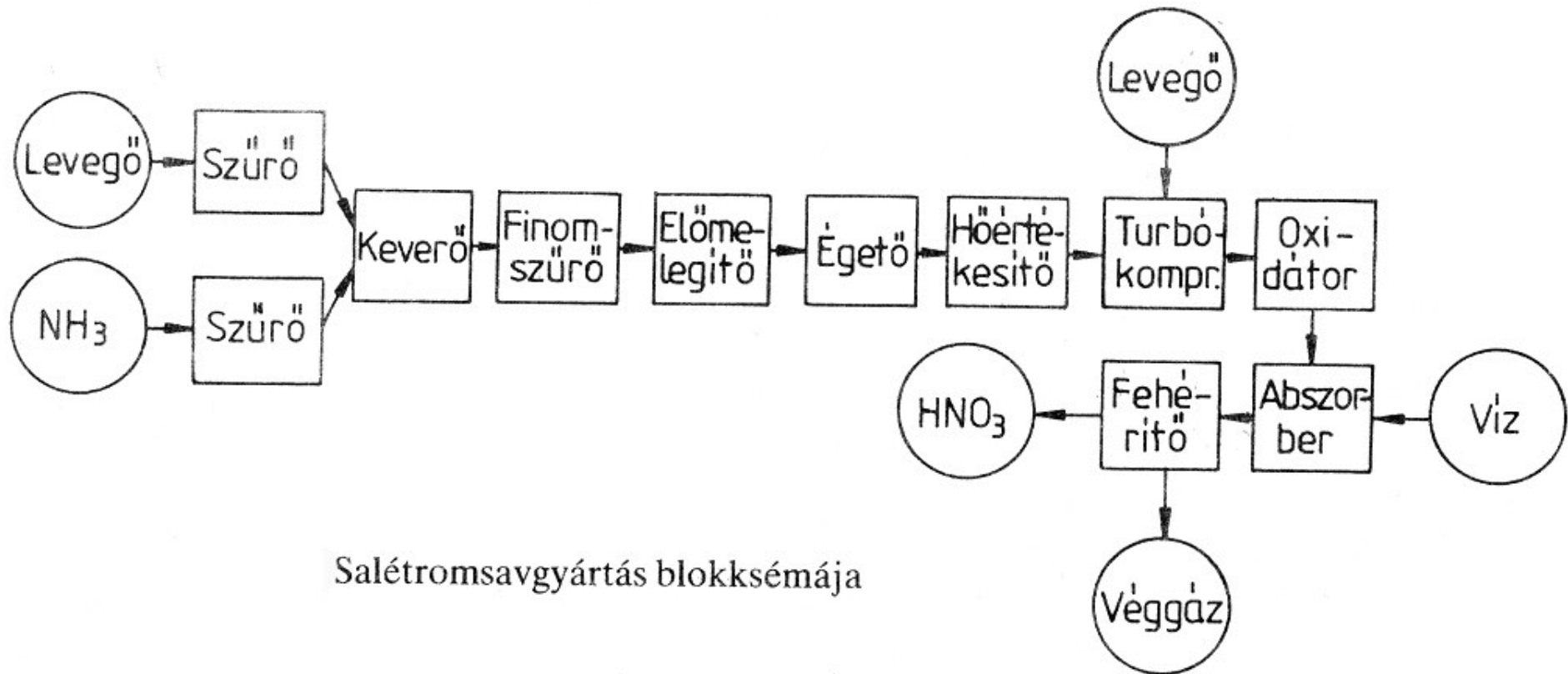
- <https://youtu.be/M-gvycHRxg8>
- 500 millió m³ földgáz
- Negyedmillió év/háztartás – negyedmillió háztartás/év (kb.8%)
- Dolomit v. mészkő csökkenti a tűz és robbanásveszélyt
- Levegőből műtrágya !?
- Hidrogén = energia (földgáz, elektromos energia-vízbonítás)
- Gazdasági realitás – társadalmi realitás (robbanóanyag!)
- Szállítási költség: CH₄ (25%N), NH₃ (18%N), (NH₂)₂CO – 57%NH₃

Salétromsav

Jellemzők

- A 100%-os salétromsav víztiszta folyadék.
- Fény hatására sárgásbarna színű lesz a bomlásból keletkező nitrogénoxidoktól.
- Bomlás közben 83°C -on forr.
- A 68%-os salétromsav $120,5^{\circ}\text{C}$ -on változatlan összetétel mellett desztillál.
- Nagy felületű szerves anyagokkal (fűrészpor, forgács...) heves oxidációs reakcióba lép, amely tüzet okozhat.
- Gőzei erősen toxikusak, tüdőártalmakat okozhatnak.

Salétromsav



Salétromsavgyártás blokksémája

Salétromsav

Előállítása ammónia oxidációjával: 3 lépésben

1. lépés

Az ammónia levegővel 800°C hőmérsékleten platina katalizátor jelenlétében nitrogénmonoxiddá alakítható.

- Alapanyagok: Ammónia, levegő
- Az ammónia oxidációja:



- Katalizátor:

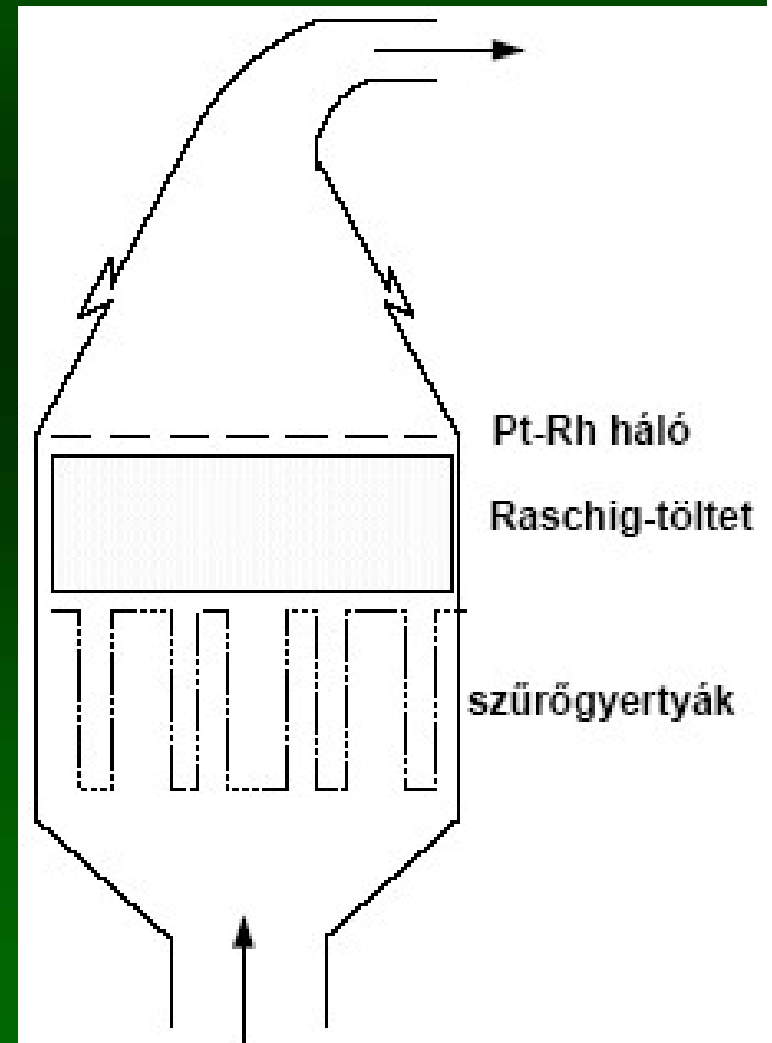
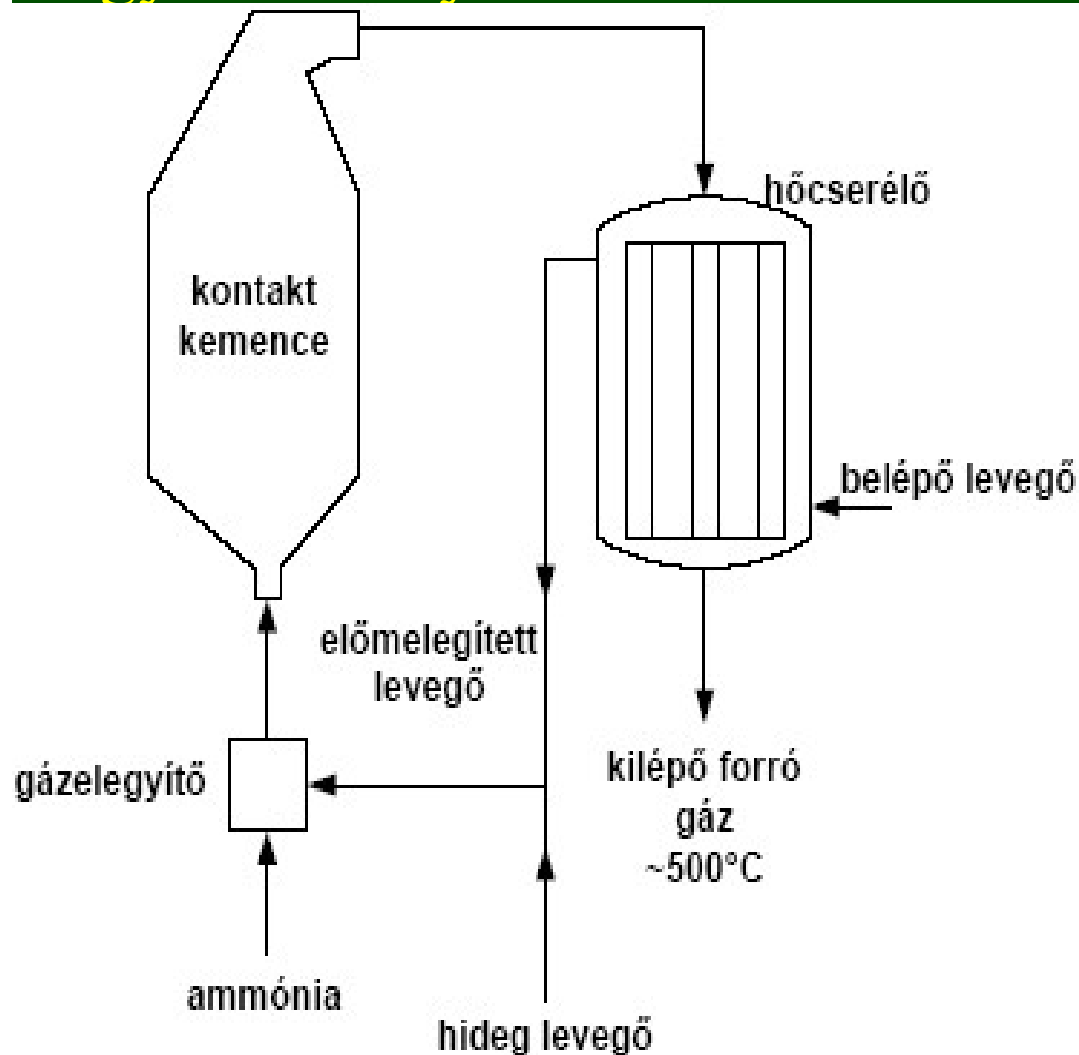
5-10% ródiumot tartalmazó platina-ródium ötvözet, amely igen érzékeny különféle kontaktmérgekkel (PH₃ (foszfin), SO₂, C₂H₂, H₂S) szemben.

Salétromsav

Előállítása ammónia oxidációjával

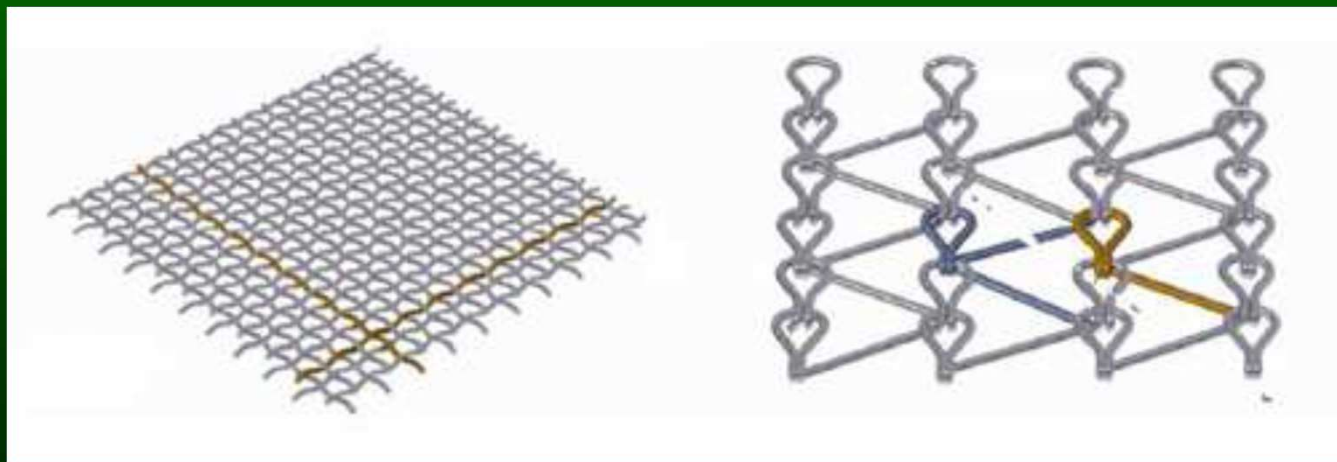
A gyártási folyamatára:

A kontaktkemence vázlatja:



Salétromsav

Finom szövésű és hurokszövésű hálók mint katalizátorok



Forrás: Némethné, 2009

2. lépés

Az ammónia oxidálásánál keletkezett gázelegy nitrogén-monoxidját az alábbi reakciók alapján alakítják salétromsavvá:



Salétromsav

3. lépés

Nitrogén-dioxidot levegő jelenlétében vízben elnyeletik:



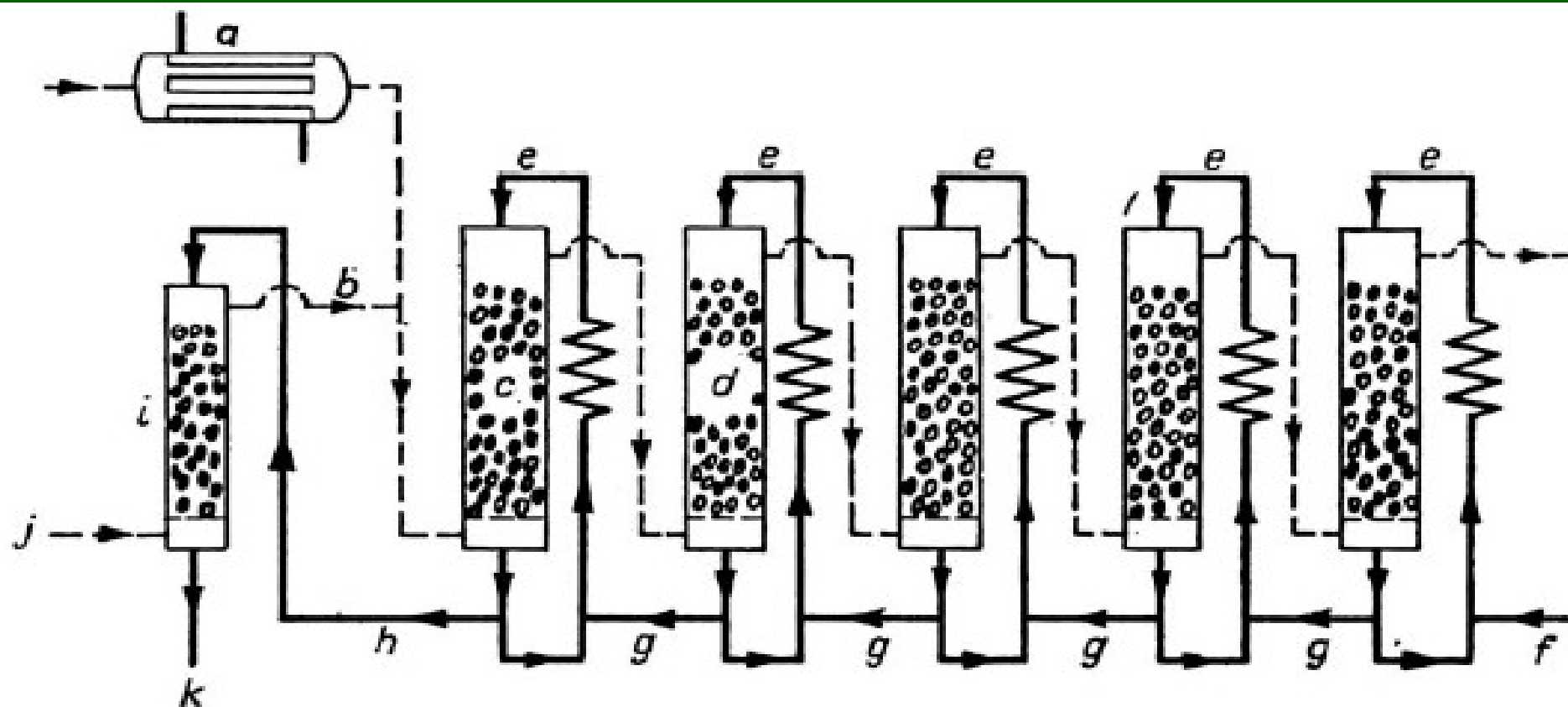
A (6) reakció eredményeképpen nitrogén-monoxid szabadul fel, amit a levegő oxigénje újra oxidál.

Nitrogén-monoxidból történő salétromsavgyártás tehát a következő bruttó egyenlettel írható le:



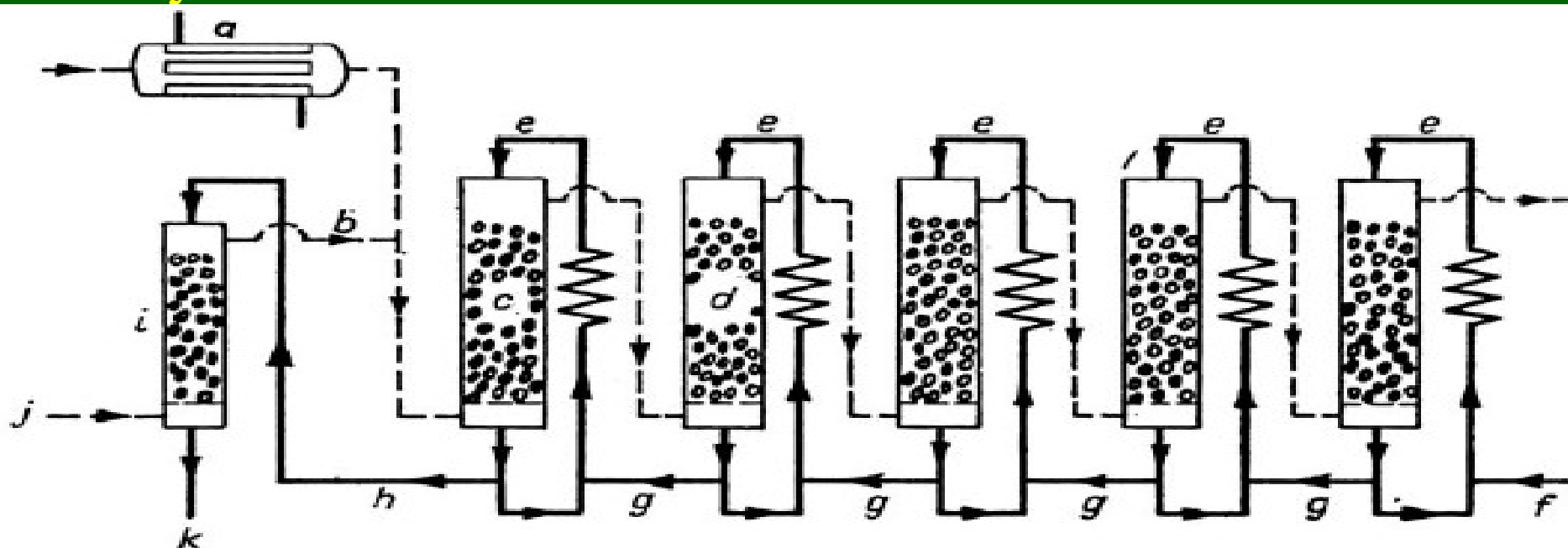
Az elnyelető berendezés:

Salétromsav



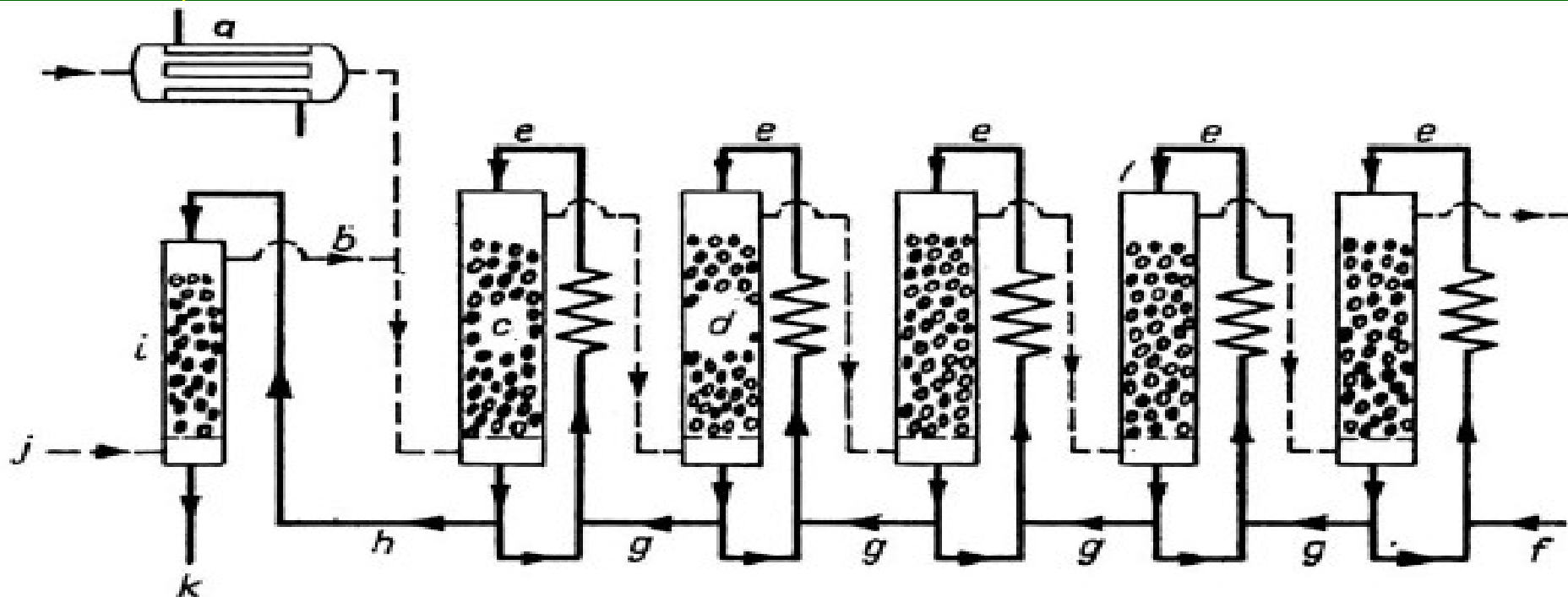
Az ammónia oxidációja után a gőzfejlesztő kazánban 200°C -ra lehűtik a gázelegyet, majd a csöves hűtőbe (a) továbbítják. Ezután levegőt (b) adnak hozzá, hogy az oxidációhoz megfelelő mennyiségű oxigén legyen jelen. Ez a vízzel és a vizes salétromsavval ellentétes áramban halad a tornyokon.

Az elnyelető berendezés: **Salétromsav**



Az első két toronyban (c-d) oxidálódik szinte minden nitrogén-oxid. Minden egyes torony vizes savtartalmát szivattyúk recirkuláltatják (e), közben hűtik és egy részét átvezetik a következő toronyba. Az utolsó toronyba vizet vezetnek be (f), és ennek megfelelően az egyes tornyok cirkulációs rendszeréből annyi savat vezetnek át (g) az előtte lévő toronyba, hogy minden egyes torony cirkulációs mennyisége állandó legyen.

Az elnyelető berendezés: **Salétromsav**



Az első toronyból (c) kb. 50%-os salétromsavat vesznek ki (h). Ezt a savat még egy kisebb tornyon (i) vezetik át, amelyből levegővel (j) kifúvatják az oldott nitrogén-oxidokat. A valóságban 8-10 toronyból álló berendezések üzemelnek. A tornyok saválló acélból készülnek.

- A berendezésekben 3-8 bar nyomás uralkodik. Ezzel gyorsul az abszorpció és töményebb kb. 60%-os salétromsav nyerhető.

Salétromsav

A salétromsav-üzem a BorsodChemben



Forrás: <http://www.vetraforce.hu>

Forrás: <http://privatbankar.hu>

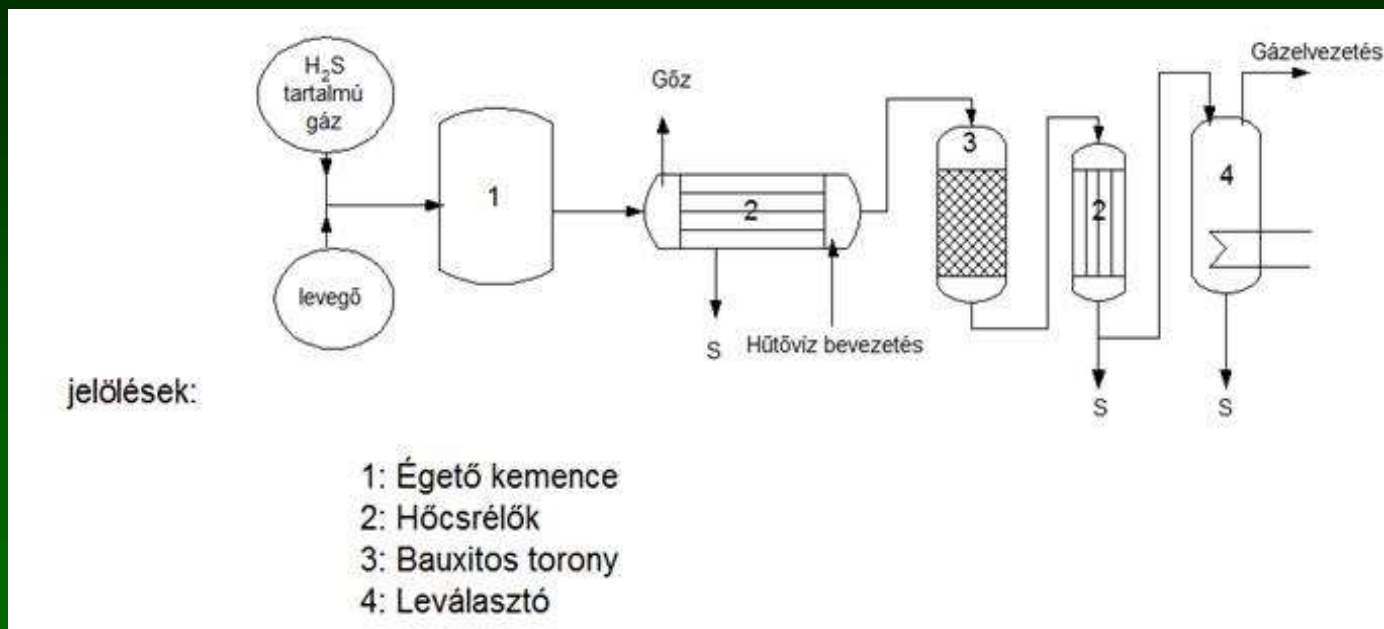


A kénsavgyártás nyersanyagai

- A fém-szulfidok közül a piritnek (FeS_2) van a legnagyobb jelentősége, a bányászott pirit 42-47% ként tartalmaz.
 - Kísérő szennyeződések: Cu, Zn, As, Pb, Co, Mg, Ca, Bi...
- Elemi kén: természetes kénelőfordulásból vagy kén-hidrogén tartalmú gázokból (Claus eljárás) és ipari hulladékokból
- A bányászott szén 1-2%, a nyers kőolaj kb. 3% ként tartalmaz.
- A kitermelésre érdemes kéntartalék becsült mennyisége:
Piritben: $1.5 \times 10^9 \text{t}$, Kőolajban 10^9t , Terméskén $1.5 \times 10^8 \text{t}$
- Az elemi kén legnagyobb lelőhelyei az USA-ban, Szicíliában, Japánban, Chile-ben és Lengyelországban vannak.

Elemi kén előállítás - Claus-eljárás folyamatvázlata

- A bruttó reakciót két lépcsőben játszatják le. Először a kén-hidrogén egy részét elégetik, és a felszabaduló hőt hasznosítják
- A maradék kén-hidrogént és a keletkezett kén-dioxidot Claus kemencében aktivált bauxit katalizátoron ragáltatják.
- $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = \text{H}_2\text{O} + 3\text{S}$ ($\Delta H = -35.7 \text{ kcal/3kén}$)
- Az elemi kén felhasználása: kénsavgyártás, szén-diszulfid előállítása, műanyagipar – kaucsuk vulkanizálása, növényvédőszeripar, színezékek



Kén-dioxid

Színtelen, mérgező, szúrós szagú gáz

Vízben jól oldódik, oldhatósága 20°C-on 40 l SO₂ / 1 l víz

Környezeti faktor:

- A szén, fűtőolaj . elégetésekor SO₂ keletkezik, amely a légkör nedvességtartalmával kénessavvá alakul át.
- A H₂SO₃ levegőn kénsavvá oxidálódik, savas esők formájában erősen korrozív, növényekre káros hatást fejt ki
- A megengedett legnagyobb koncentrációja 0,6 mg/m³

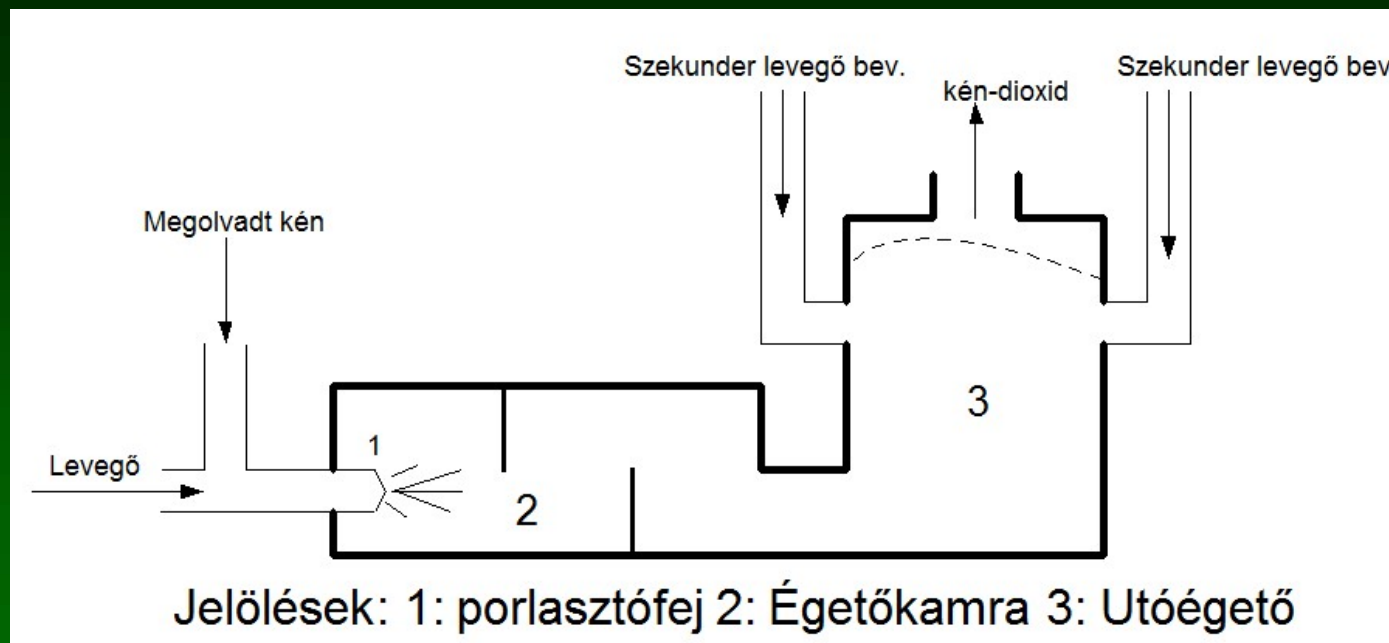
Előállítási módok

A gyártás nyersanyaga lehet kén, vagy kéntartalmú ásványok (pirit: FeS₂).

Más fémek szulfidjainak feldolgozásánál elsődleges cél a fém kinyerése. Ezeknél a kén-dioxid melléktermékként keletkezik.

Kén-dioxid előállítása

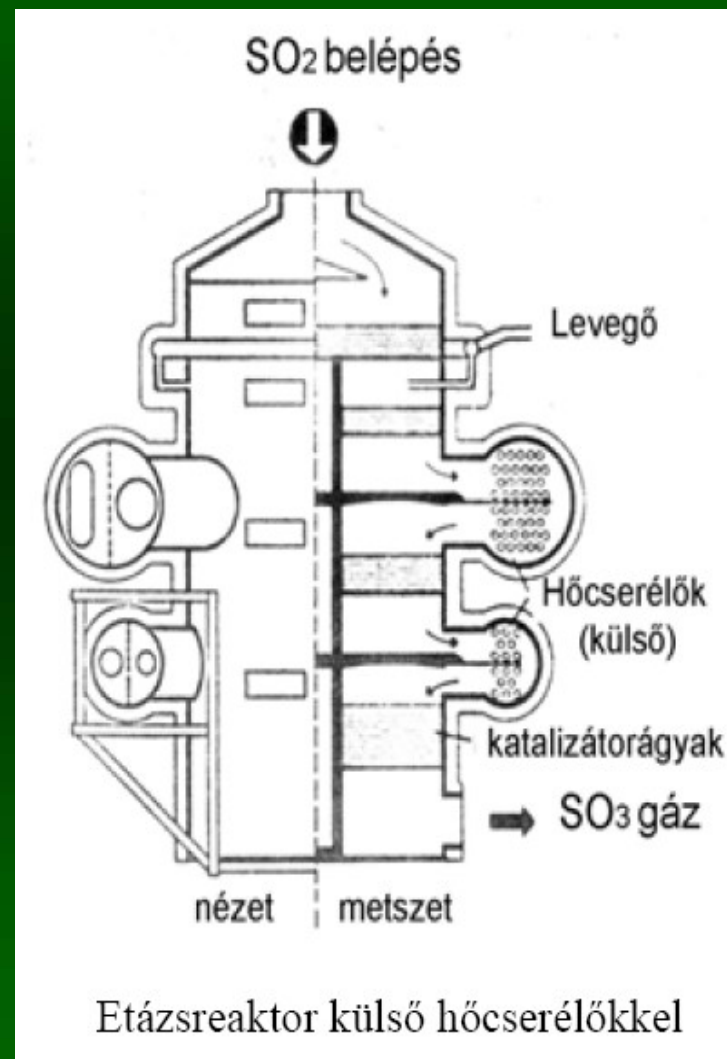
- Nyersanyag: kén, vagy kéntartalmú ásványok (pirit)
 - Kén-dioxid kénből
 - Reakció:
$$\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 \quad \Delta H = -70.2 \text{ kcal/mol}$$
 - Ha kénsavgyártás céljából égetik a kenet, akkor nagy levegőfelesleggel dolgoznak, mert a további oxidációhoz amúgy is szükség van oxigénre.



Kénsav

Kontakt kénsavgyártás

- A fölös levegővel kevert kén-dioxid katalizátor jelenlétében kén-trioxiddá oxidálható, 97% feletti konverzióval
- Bruttó reakció:
$$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$$
$$\Delta H = -22.98 \text{ kcal/mol}$$
- Katalizátor:
 V_2O_5 , 420-450°C, 1 bar
- Exoterm, egyensúlyi, mól-szám változással jár



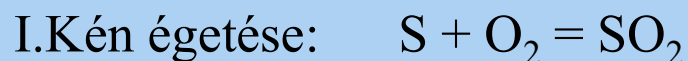
Ipari technológiák fejlesztése

PÉLDÁK:



A/Kénsavgyártás interabszorpciós eljárással

A kén-dioxid alapanyag kén elégetésével ill. pirit (FeS_2) vagy egyéb fém-szulfidok pörkölésével nyerhető. Kontakt-eljárás: 7-12% SO_2 tartalmú és 11-12% O_2 tartalmú gázt vezetnek szárítás után V_2O_5 katalizátorra. A katalizátoron SO_3 képződik, amelyből híg kénsavoldatban elnyelve kénsav keletkezik.



Gond: a II. lépés nem megy végbe teljesen!

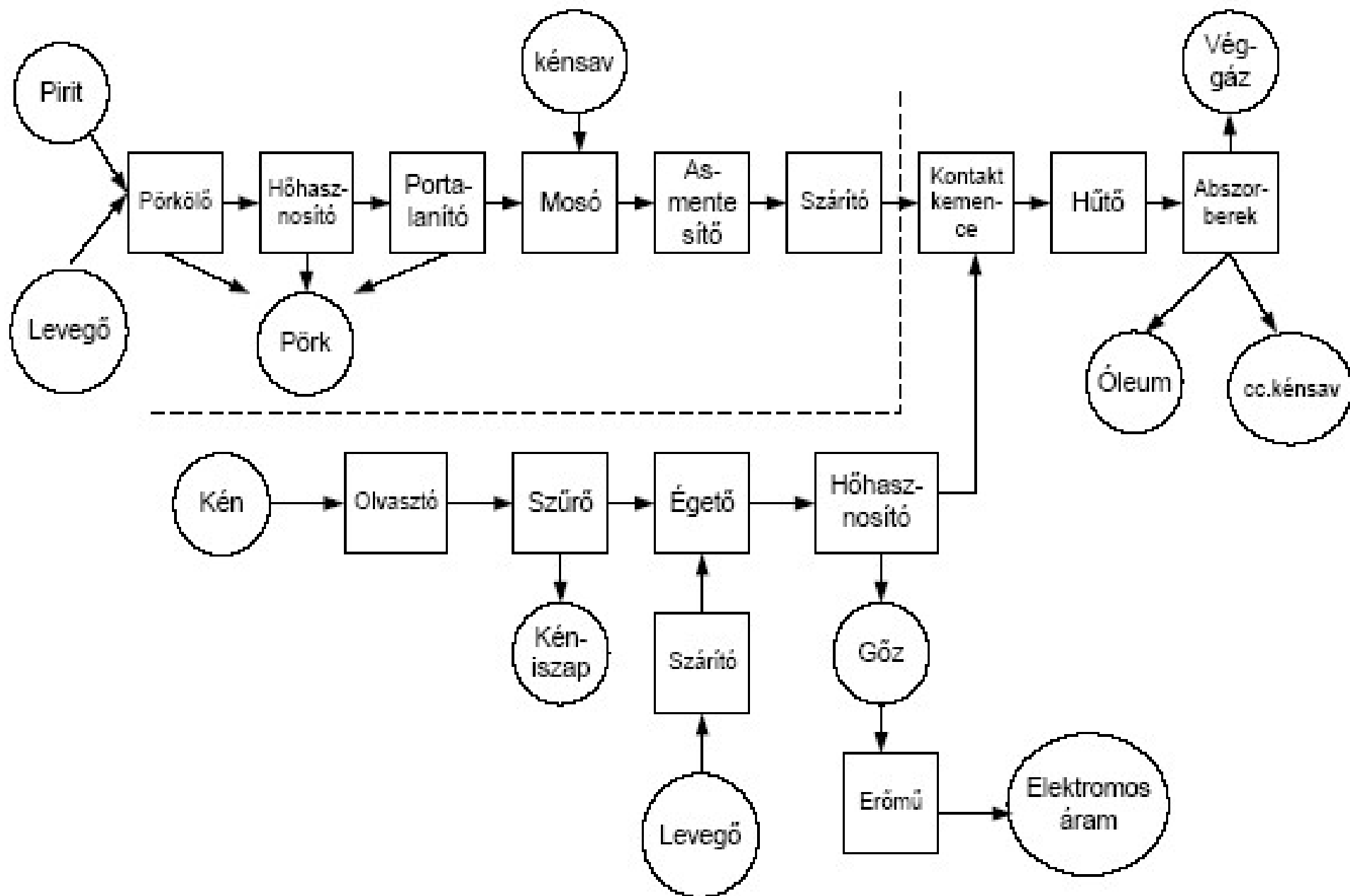
Megoldás: a jobb kihasználtság érdekében 3 db katalizátorágy használata (600, 510, 480 °C, az egyensúly hőmérséklet függő!). Kb. ált. 95-96%, max. 98% kihasználtság.

Maradó, nem oxidálódott SO_2 : kb. 1% (12 g/m³).

A maradék csökkentése: BASF által kifejlesztett interabszorpciós eljárás. A 3. katalizátorágyról kilépő gázelegyet lehűtik és SO_3 -tartalmát abszorbeáltatják.

A kb. 1% SO_2 -t tartalmazó hideg gázt 430 °C-ra melegítik és egy negyedik katalizátorágyra vezetik. Kilépő gázelegyet: kb. 0.01% $\text{SO}_2 + \text{SO}_3$!

Kontakt kénsavgyártás



Foszforsav

A foszforsavat leginkább nagy töménységű (75-85%-os) vizes oldat formájában **használják** fel és hozzák forgalomba.

Felhasználása:

- Foszforműtrágyák gyártása.
- Kálium- és nátrium-foszfátok mosószerelben vízlágyító.
- Rozsdaoldó, vasanyagok pácolása, Hammerite festék
- Élelmiszer adalék, szénsavas üditők

A **gyártásra** kidolgozott eljárások két csoportba tartoznak:

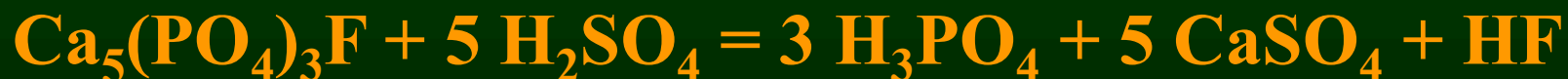
- fluorapatit feltárása kénsavval.
- termikus eljárás: a sárgafoszfor előállítása, elégetése és a keletkezett P_2O_5 vízzel reagálva foszforsavat ad.

Foszforsav

Foszforsav gyártása fluorapatitból.

Az eljárások a szuperfoszfát gyártásából alakult ki.

A fluorapatitot annyi kénsavval tárják fel, hogy az alábbi reakcióegyenlet értelmében foszforsav keletkezzék:



A feltárást 60 - 80%-os kénsavval végzik.

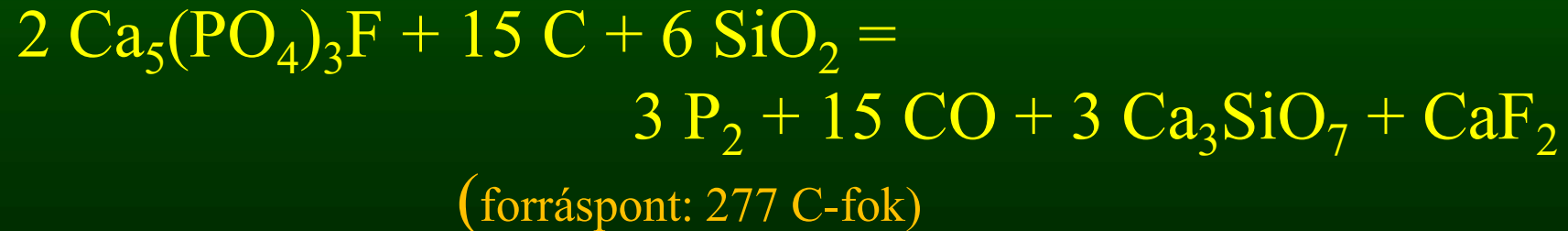
A kalciumszulfátot a fel nem tárt maradékkal együtt szűréssel kell a foszforsavtól elválasztani, lényeges, hogy az előbbi jól szűrhető formában keletkezzék. A $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ jól szűrhető, kristályos formában.

A szüredék kb. 70% -os foszforsav oldat.

Foszforsav

Termikus eljárás

Sárgafoszfor előállítás (1500-1600°C ívkemencében):



Foszforsav gyártása sárgafoszforból:



A megömlesztett sárgafoszfort elporlasztva levegővel elégetik, és a keletkezett foszforpentoxidot a reaktor további szakaszában beporlasztott vízzel foszforsavvá alakítják.

Sósav

A sósav közönséges hőmérsékleten és nyomáson gáznemű vegyület. Forrponjtja 85°C.

Az ún. **tömény sósav** kereken 36 % sósavat tartalmazó vizes oldat.

A 35-36%-nál töményebb sósavat **füstölő sósavnak** nevezik.

A 20,4%-os sósav 108,6°C-on, atmoszferikus nyomáson változatlan összetétellel desztillál (**azeotrópos elegy**).

Ennél töményebb sósavból a fenti forrponjtmaximum eléréséig sósavgáz, hígabból pedig víz desztillál ki.

A **vegyipar** által termelt sósav egy része **melléktermékként** keletkezik:

- klórozási reakcióknál ($\text{RH} + \text{Cl}_2 = \text{RCl} + \text{HCl}$),
- nátrium-szulfát gyártás ($\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaCl} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$).

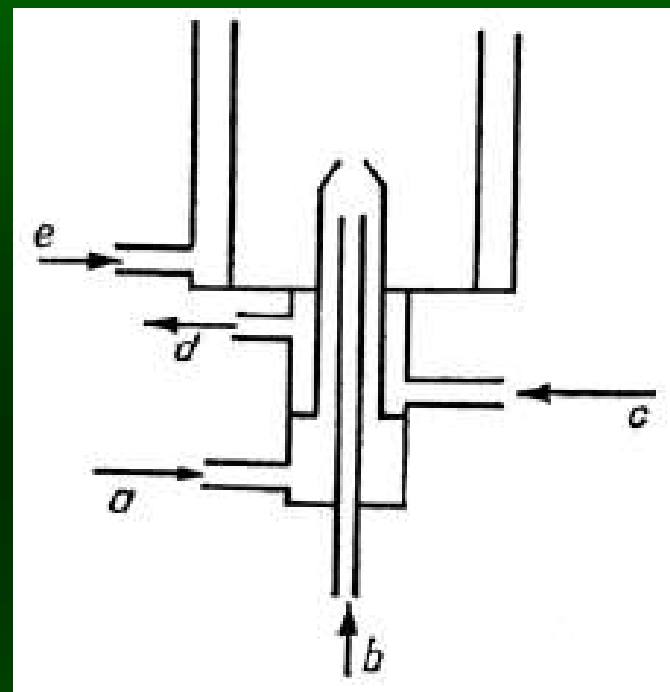
Sósav

Főtermékként sósavat az alábbi reakció alapján gyártanak:



A két gáz láng képződésével reagál. A reakció a láng hőmérsékletén egyensúlyi helyzethez vezet, de kis hidrogénfelesleggel gyakorlatilag teljesen a sósavképződés irányába tolódik el az egyensúly.

A hidrogén és a klór **robbanóelegyet** alkot. Ezért a két gázt csak közvetlen a lángtér előtt szabad **elegyíteni**.

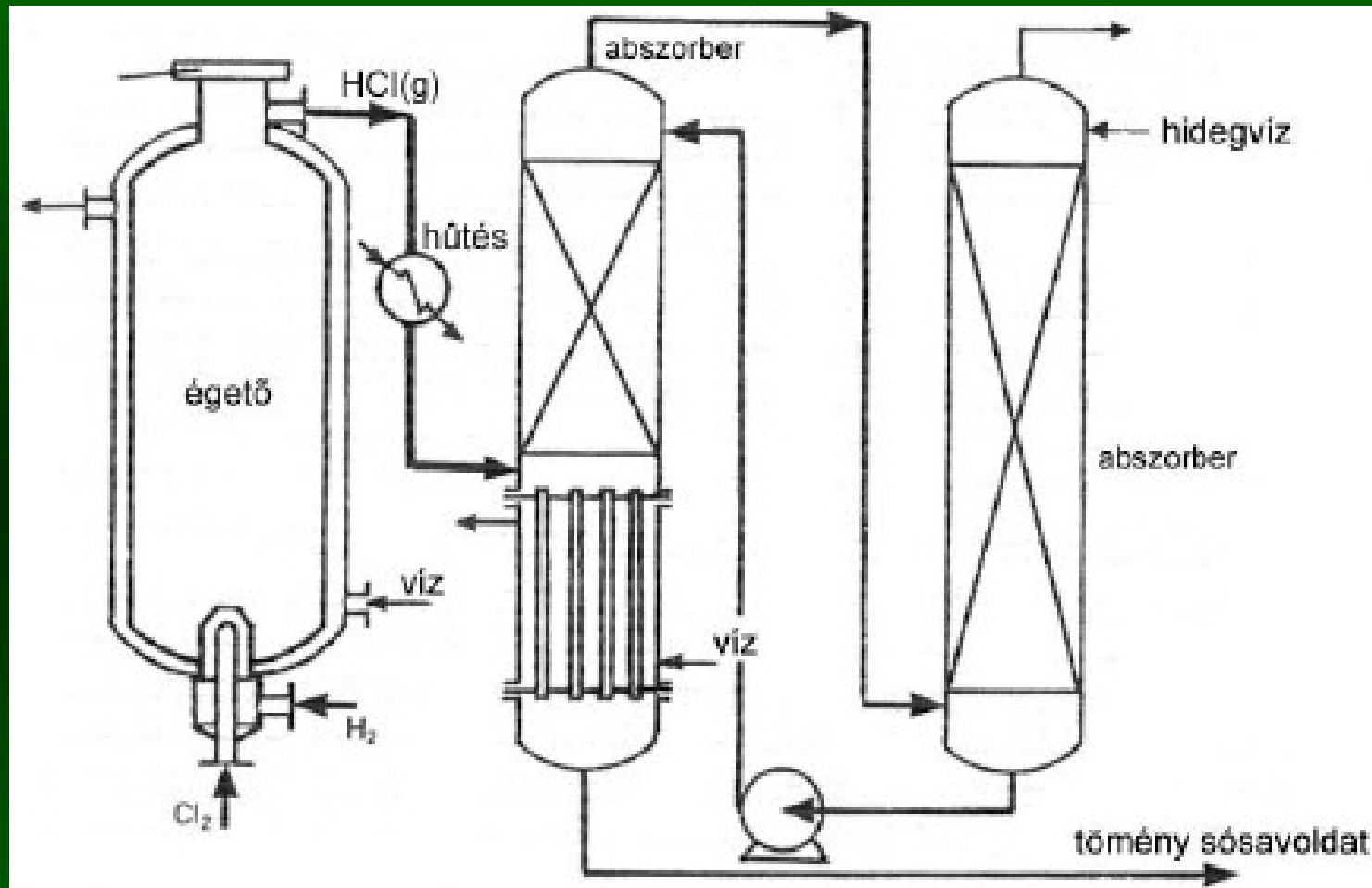


Égetőgyertya –
kvarcból

Felső rész
(köpenyes cső –
saválló acélból)

Sósav

Az előállítási folyamatára:



A szintetikus sósav nagyon tiszta, legalább 98% -os. Forgalomba hozzák cseppfolyós állapotban is acélpalackokban. A száraz sósav nem korrozív.

Alkáli-klorid oldatok elektrolízise, **nátronlúg** és **klór** gyártása

A konyhasó oldatának elektrolízisével nátronlúgot és tiszta klórt lehet előállítani.

- A két anyag egyidejűleg keletkezik ekvivalens mennyiségben.
- Azokon a területeken, ahol a nátrium-hidroxidból lényegesen többre van szükség ott szódából is állítanak elő nátronlúgot.

Előállítás - diafragmás eljárás

- Az elektrolízis ezen változatánál a katód vas, az anód pedig grafit vagy magnetit.
- A katódreakció: $2\text{H}^+ + 2\text{OH}^- + 2\text{e}^- = 2\text{OH}^- + \text{H}_2$
- Az oldatban lévő Na^+ ionnak a leválási potenciálja olyan negatív, hogy nem vesztheti el a töltést.

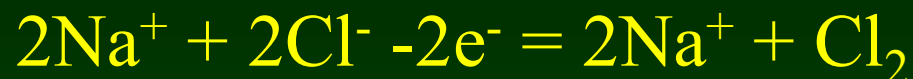
Alkáli-klorid oldatok elektrolízise, nátronlúg és klór gyártása

Előállítás - diafragmás eljárás

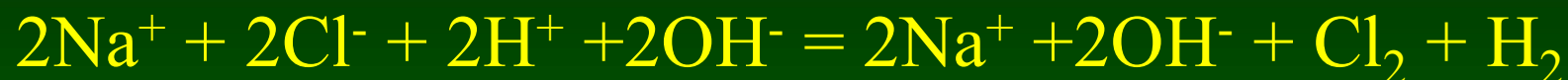
Az anódon a kloridionok és a hidroxidionok oxidálódhatnak.

- A hidroxidionok töltésleadásának elkerülés céljából, olyan anódot alkalmaznak, melyen az oxigén leválásának feszültsége nagyobb a klórénál, hogy az oxigén leválási potenciálja legyen a pozitívabb.

- A grafit elektródokon lejátszódó anódfolyamat:



- Az anód és katódfolyamatot összefoglaló bruttó reakció:



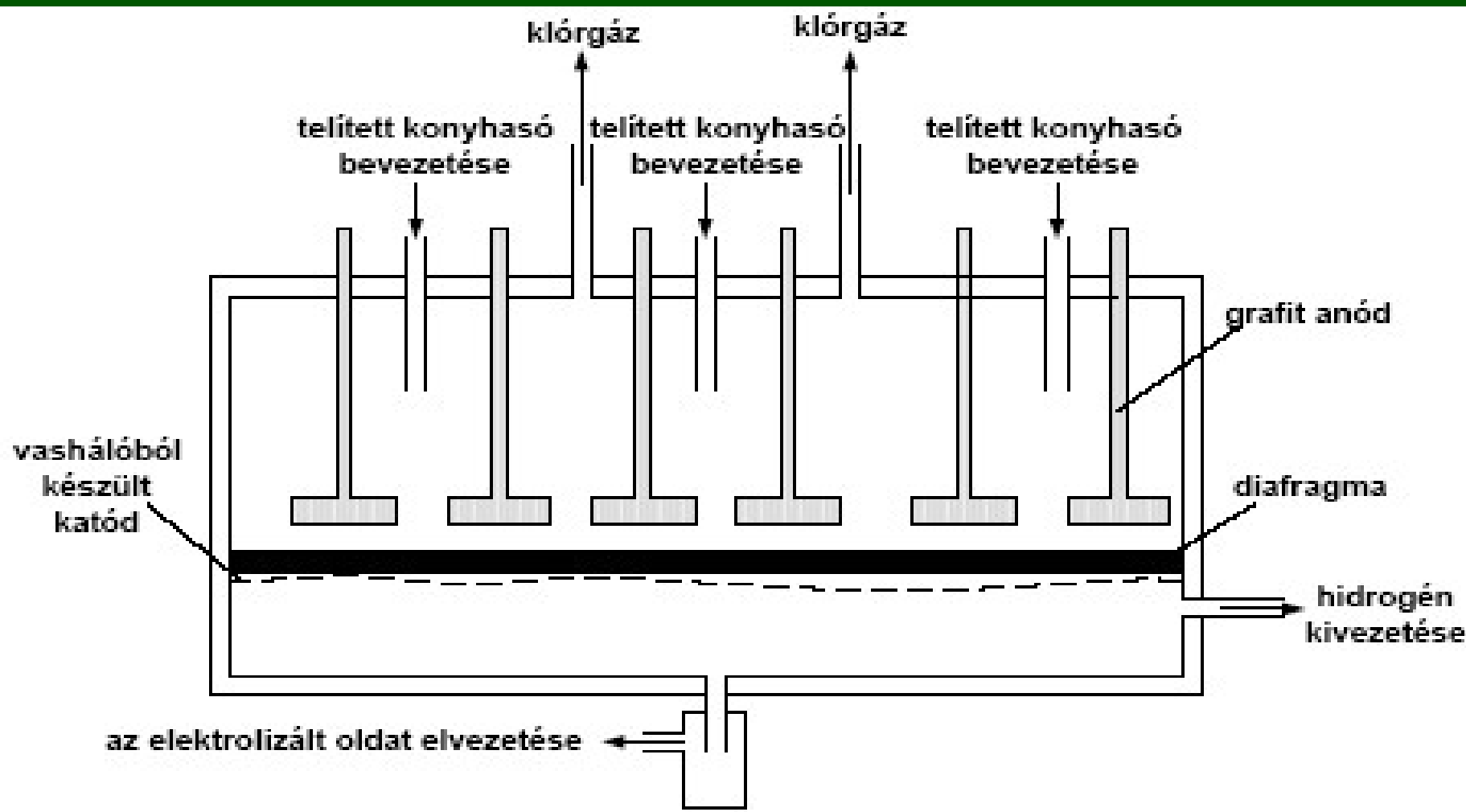
Tehát a katódtérben nátrium-hidroxid oldat keletkezik, az anódon pedig klór fejlődik.

A további reakciók elkerülés miatt a két teret diafragmával el kell választani egymástól.

Alkáli-klorid oldatok elektrolízise, nátrónlóg és klór gyártása

Előállítás - diafragmás eljárás

Siemens-Billiter cella



A cellában alkalmazott feszültség 3-3,5V

Alkáli-klorid oldatok elektrolízise, nátronlóg és klór gyártása

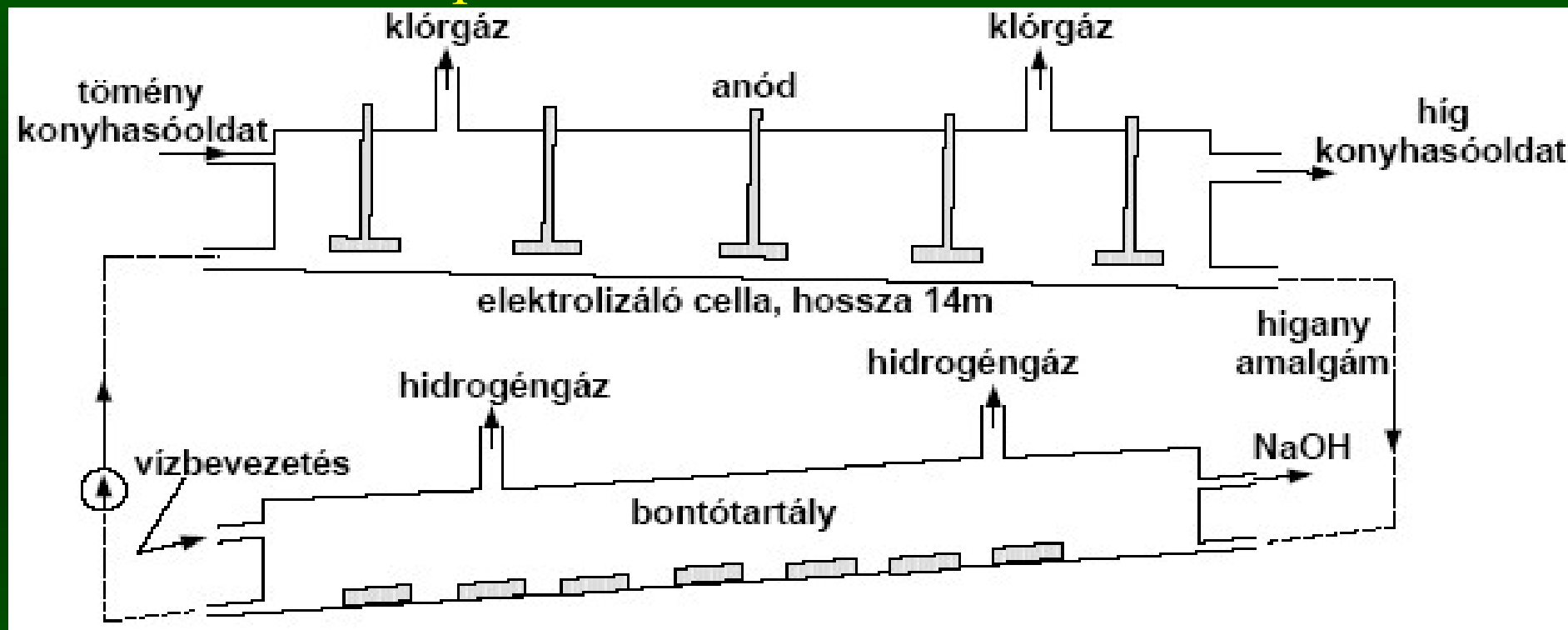
Előállítás - higanykatódos eljárás

- Ha az elektrolízis során katódként higanyt használnak így a katódon nem hidrogén hanem nátrium fog leválni, ami amalgámot képez a higannyal.
- A keletkező amalgámot egy bontócellába vezetik, ahol abból vízzel nátrium hidroxid és hidrogén keletkezik.
- A rendszeren alkalmazott túlfeszültség kellő áramsűrűség mellett 1,6V, ekkor olyan amalgám keletkezik melynek Na tartalma 0,3%. Ez még jól továbbítható pl.:szivattyúval.

Alkáli-klorid oldatok elektrolízise, nátronlúg és klór gyártása

Előállítás - higanykatódos eljárás

A berendezés felépítése:



Az elektrolizáló cella egy vasból készült 14 m hosszú vályú, amelyen a konyhasóoldatot vezetik keresztül. A vályú alján a higany képezi a katódot, amely a kivált nátriummal kb. 0,2%-os amalgámot képez, majd átfolyik a bontókádba.

Alkáli-klorid oldatok elektrolízise, nátronlúg és klór gyártása

Előállítás - higanykatódos eljárás

A bontókádon vizet vezetnek keresztül, ellenáramban a higannyal. A kádból kb 50%-os NaOH oldat távozik.

A megtisztított (kb. 0,02%-os Na tartalom) higany szivattyú segítségével kerül vissza az elektrolizáló cellába és ismét katódként funkcionál tovább.

- Az elektrolizáló cellából kifolyó oldat kb. 270 g/l konyhasót és csekély mennyiségű oldott klórt tartalmaz. A klór kiűzése után az oldatot telítik és így vezetik vissza az elektrolizáló cella elejére. Tehát így a konyhasóoldat egy része állandó cirkulációban van.

Alkáli-klorid oldatok elektrolízise, nátronlúg és klór gyártása

Előállítás - higanykatódos eljárás

- A szennyeződések feldúsulásának elkerülése végett az oldatot nagy gondossággal tisztítani kell, ami főleg a szulfát- és az egyéb kation-szennyezések eltávolításából áll.
- A higanykatódos eljárásnál keletkező nátronlúg tiszta, konyhasót nem tartalmaz, így minden további kezelés nélkül felhasználható akár oldat formájában, akár kristályos NaOH előállítására.
- A grafitanód elhasználódásának következtében a cellafeszültség fokozatosan emelkedik. Ennek elkerülése érdekében újabban ruténium-oxiddal bevont anódokat alkalmaznak, melyekkel 20%-os energiamegtakarítás érhető el.
- A Hg-katódos eljárás legfőbb hátránya, hogy a környezetre káros nehézfém-szennyezést okoz.

Nehézvegyipar - vizsgakérdések

- A szakaszos és a folyamatos vegyipari gyártási folyamatok közötti eltérések
- Miért alkalmazzák a recirkulációt? Mondjon rá példát is!
- Veszélyes mesterséges és természetes anyagok
- A nitrogén előállítása és felhasználása
- Az oxigén előállítása és felhasználása
- Ammóniagyártás
- Környezetszennyező kénvegyületek, kénsavgyártás (**képletek, reakcióegyenletek**)
- Salétromsavgyártás
- **Különböző oxidációs állapotú nitrogént tartalmazó vegyületek képlete és veszélyességük.**
- **Foszforsav előállítása fluor-apatitból kénsavval ill. termikus eljárással (reakció-egyenletek)**
- A NaCl higanykatódos elektrolízise, környezeti kockázata

Köszönöm a figyelmet!