

Nitrogénipar

## I. rész

A nitrogén csupán 0,04%-át alkotja földünk egész tömegének, de még így is egyik legelterjedtebb elem. Jelentőségét azonban nem elterjedtsége, hanem az élet kialakulása terén játszott szerepe adja meg. Minden élőlény - mint tudjuk - sejtekből áll és a sejtek legfontosabb építőanyaga a protoplazma, fehérjét tartalmaz. Fehérje nélkül semmiféle állati vagy növényi élet nem képzelhető el, sőt az élet kialakulását is csupán a fehérje-molekulák létrejöttén keresztül tudjuk megmagyarázni. A fehérjékben pedig szénnel és hidrogénnel kívül 15-20% nitrogén is található. Az állati és növényi szervezetnek tehát nélkülözhetetlen építőköve a nitrogén.

Első pillantásra úgy tetszik, hogy az élőszervezetek felépítéséhez szükséges nitrogén beszerzési forrása bőséggel áll a természet rendelkezésére: hiszen a föld nitrogéntartalmának legnagyobb része a levegőben mindig és mindenütt megtalálható. Ez a nitrogén azonban elemi állapotban van a levegőben és mivel rendkívül nehezen hozható kémiai reakcióba más elemekkel, sem az állatok, sem a növények nem képesek a levegő nitrogénjét megkötni, hogy saját testük felépítéséhez elhasználják. Az állatok fehérjeszükségletüket kizárólag a táplálékon keresztül tudják fedezni, míg a növények képesek fehérjéket felépíteni szerves nitrogénvegyületekből is, azonban ők is kötött formában, kémiai vegyület alakjában kívánják meg a fejlődésükhöz nélkülözhetetlen nitrogént. Egyedül néhány baktériumfajta, amely a talajban él, képes arra, hogy a levegő nitrogénjét megkösse. Ezeknek egyik legelterjedtebb fajtája a hüvelyesek gyökerein él: az ő működésüknek tulajdonítható nemcsak a hüvelyesek magas fehérjetartalma, hanem az is, hogy a termés betakarítása után a talaj 100-200 kg-al több nitrogént tartalmaz hektáronként, mint előtte.

Minden növény és állati fehérje lényegében tehát a termőtalaj nitrogéntartalmának rovására jön létre és ez alól csupán az előbb említett hüvelyesek képeznek kivételt. Kézenfekvő tehát, hogy ha a termőtalaj nitrogéntartalmát nem pótoljuk, úgy ez a forrás előbb-utóbb kiapad. Meg kell nézünk, vajjon honnan történik a talaj nitrogéntartalmának pótlása? A természeti folyamatok közül a zivatatok idején tapasztalható kisülések és villámlások első pillantásra komoly nitrogénforrást jelentenek. Ezek hatására ugyanis a levegő oxigénje egyesül a nitrogénnel és az így keletkezett nitrogénoxid tovább oxidálódva a levegő nedvességével együtt salétromsavat ad. Így évente mintegy százmillió tonna salétromsav jut a föld felszínére. Sajnos e mennyiség döntő többsége tengerekre, sivatagokra és egyéb megműveletlen területekre hullik és csak elenyészően kis része jut termőtalajba, hogy a növények szervezetén keresztül az élet elterjedését elősegítse.

A földművelő népek előtt már régen ismeretes volt, hogy a talajerő fenntartását megfelelő rothadt állati vagy növényi termékekkel /istállótrágya vagy zöldtrágya/ kell biztosítani. A rothadás folyamán a talajban lévő baktériumok a szerves nitrogénvegyületeket ismét szerves nitrogén-sókká bontják le, amelyeket azután a növények újból fehérjék felépítésére tudják felhasználni. A baktériumok működése azonban nitrogén veszteséget is okoz: az u.n. denitrifikáló baktériumokat egészen elemi nitrogénig lebontják a talajbajutott nitrogénvegyületek egy részét, ami a környező levegőbe jutva a növények számára elvesz.



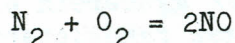
A földművelés fejlesztése és ezzel párhuzamosan a rendelkezésre álló természetes trágyák korlátozott volta egyre inkább szükségessé tette, hogy a talaj erejének fokozása céljából a természet segítségére siessünk és a hiányzó elemeket, közöttük elsősorban a nitrogént mesterséges uton pótoljuk. Erre először a természetben előforduló ásványi só, az u.n. chilei salétromot használták fel. A készletek korlátozott volta azonban arra ösztönözte a kutatókat, hogy megkíséreljék a levegő nitrogénjét vegyileg megkötni és így nitrogénműtrágyát mesterségesen előállítani. A kérdés jelentőségét megvilágítja előttünk, hogy minden kg. nitrogént, amit a talajba be tudunk vinni, kalászosokban 12-15 kg, burgonyában 90 kg, cukorrépában 100 kg többlettermelést hoz.

#### 1. kép: Nitrogénkörfolyamat

Az ábrán látható a nitrogén útja az élő szervezeteken és a talajon keresztül: Az állatok csak a növények által feldolgozott, szerves kötésben lévő nitrogént tudják felvenni. Az állati és növényi hulladékok ismét visszajutnak a talajba, ott ammoniává bomlanak és ezt a talajban élő baktériumok nitráttá alakítják át. A nitrátot használják fel a növények a fehérje felépítésére és ezzel a körfolyamat bezárul. Van ugyan némi veszteség: a nitrogén egy része elemi állapotban felszabadult. Viszont más baktériumok képesek megkötni a levegő nitrogénjét és így ez is a növényekbe jut. Ezt a körfolyamatot az ember megzavarja, amikor a terméssel együtt a nitrogén egy részét is elveszi.

#### 2. kép: Ivfényes eljárás

A kísérletek először a természeti folyamatot próbálták utánozni. Így alakult ki az ivfényes eljárás. Igen nagy hőmérsékleten /3000 °C felett/ a levegő oxigénje és nitrogénje egymással egyesül a következők szerint:



A keletkezett nitrogénoxid azonban alacsonyabb hőmérsékleteken fokozatosan ismét szétbomlik és így fáradozásunk eredménytelen marad. Ha azonban a gázokat az igen magas hőmérsékletről rendkívül gyorsan közönséges hőmérsékletre hűtjük /ezzel is utánozva a villámláskor bekövetkező jelenségeket/, úgy a keletkezett nitrogénoxidnak már nincs ideje visszaalakulni. Az ivfényes eljárásnál egy rendkívül erős mágnes pólusai között széles tányérrá széthuzott ivfényen engednek keresztül levegőt és kilépő keveréket gyorsan lehűtve néhány százalék nitrogéntartalmu gázhoz jutnak, amelyből a salétromsav és ezen keresztül nitrátok előállítása már nem jelent különösebb nehézséget. Minden tonna megkötött nitrogén előállításához azonban 60.000 kWó felhasználása szükséges. Ezt a rendkívül nagy energiafelhasználást legfeljebb a sok olcsó vízienergiával rendelkező országok engedhetik meg maguknak, de ott sem gazdaságos.

A nitrogén műtrágyaipar kifejlődése előtt akkor nyílt meg az út, amikor a nitrogén és hidrogén közvetlen egyesítését és ezen keresztül az ammonia előállítását sikerült megoldani. Az ammóniából azután az összes nitrogénvegyületek már jóval könnyebben előállíthatók. Az ammonia szintézisének gazdaságosságára jellemző, hogy az előzőkkel szemben csupán ötezer kWó felhasználása szükséges, egy tonna kötött nitrogén előállításához. De még ennek az elektromos energiának is egy jelentős részét helyettesíteni lehet szénnel, mégpedig rendszerint gyenge minőségű barnaszénnel.



E látszólag egyszerű reakciót azonban csak akkor sikerült a gyakorlatban is megvalósítani, amikor a vele kapcsolatos elméleti kérdésekre a fizikai kémiai, a katalízis, a kémiai kötés és aktiválás kutatása már feleletet tudott adni.

/Az ammónia szintézis kialakulásának története megtalálható Keresztes: A műtrágyaipar c. könyvében 219-222 o./

### 3. kép: Ammóniaszintézis egyensulya a nyomás és hőfok függvényében

Ahhoz, hogy az ammonia szintézis jó hatásfokát biztosíthassuk, a nyomás és a hőfok legelőszzerűbb összehangolása is szükséges. Magas hőmérsékleten - például 700 Celsius fokon a nyomás növelésével keletkezett ammonia aránya alig növekszik. 500 Celsius fokon már lényegesen kedvezőbb a helyzet. Egyre több ammonia keletkezik. A diagramm egyes vonalai a különböző hőmérsékleten a nyomás függvényében keletkezett, ammónia százalékos arányát mutatják. Hazai viszonyok között iparilag legmegfelelőbb eredményt 350 atmoszférán és 500 Celsius fok hőmérsékleten kapunk, az egyensulyi helyzetben közel 30 százalék ammonia keletkezik.

### 4. kép: A Borsodi Vegyi Kombinát ammóniagyárának látképe

E nagy vegyikombinát egyik fele teljesen az ammonia szintézis szolgálatában áll. A gyárnak ez a része három fő csoportra oszlik. Első a szintézishez szükséges gáz előállítására szolgáló gázgyár, a második az előállított gáz megtisztításával foglalkozó üzem és a harmadik maga a szintézis üzem.

### 5. kép: Gázgyár

A gázgyár maga is több részből áll. A generátortelep állítja elő a gázt, amelyet az aktív szénes kéntelenítő szűrt meg és a nyers szintézisgáz azután a 20.000 m<sup>3</sup>-es gáztartóba kerül. Az oxigén üzem a gázgyártáshoz szükséges oxigént állítja elő.

Nitrogéngyártásról lévén szó, azt hihetnők, hogy nyersanyagul a levegő szolgál. Igazi nyersanyag ezzel szemben a szén, pontosabban a mi esetünkben a borsodi barnaszénből készült darabos-koksz. Ennek előállítását a szomszédban épülő új kokszolómű fogja biztosítani. A levegő nitrogénjének megkötéséhez ugyanis hidrogénre van szükség: minden m<sup>3</sup> nitrogénhez 3 m<sup>3</sup> hidrogén kell, hogy megfelelő berendezésben egyesülve ammoniát adjanak. A feladat tehát egy olyan gázkeverék előállítása, amelyben egy rész nitrogén mellett 3 rész hidrogén található és ezenkívül gyakorlatilag semmilyen más alkotórészt nem tartalmaz. A gázkeverék egyik alkotórésze a nitrogén, a levegőből korlátlan mennyiségben áll rendelkezésre; csupán az oxigént kell mellőle eltávolítani. A hidrogén szintén bőven található mindenütt, mint a víznek egyik alkotóeleme. A vizet kell tehát megbontanunk és belőle kémiai úton a hidrogént előállítanunk. Erre legegyszerűbben az izzó szén, illetve kokszréteg használható, melynek az a tulajdonsága, hogy a rajta áthaladó vizgőzt hidrogénre és szénmonoxidra bontja. Ez a reakció azonban igen sok hőt fogyaszt és a szükséges izzási hőmérsékletet csak úgy tudjuk fenntartani, ha megfelelő mennyiségű levegő befúvásával egyidejűleg a szén egy részét elégetjük. Ha tehát izzó kokszrétegre egyidejűleg megfelelő arányban levegőt és vizgőzt fúvunk, a keletkezett gázkeverékben már nem lesz oxigén, mert azt a szén égése elfogyasztotta, helyette a nitrogén kísériként megjelennek a szénmonoxid és a hidrogén, valamint a széndioxid is. Hogy a reakció hőmérsékletét biztosítsuk és a keletkezett gázkeverékben a nitrogén arányát a helyes értéken tartssuk, nem a szokásos 20% oxigén tartalmu levegőt használjuk fel, hanem az aláfúvott levegő oxigéntartalmát külön előállított



tiszta oxigén segítségével kb. 50%-ra dúsítjuk. Így lesz a levegőből és a vízből kokszt és oxigén segítségével az ammoniaszintézis alapanyaga, az u.n. szintézisgáz.

6. kép: Gázgenerátor metszete

A kokszt elgázosítására generátortelep épült. Maga a generátor közismert, az ország számos üzemében megtalálható berendezés /2. ábra/. Függőleges hengeres tartály, amelybe felül adagolják a kokszt, alul pedig a levegő /oxigénnel dúsított/ - vízgőz keverékét fújják be. A gáz a felső csonkon távozik, míg az elégetlen salakot az alsó öntöttvas forgó salaktányér hordja ki, a vízzáron keresztül. A generátor köpenye kettős falu: a közbenső térben víz van, amely a falat hűtve elpárolog és így az elgázosításhoz szükséges gőz egy részét maga a generátor termeli.

7. kép: Gázgenerátor automatikus kokszadagolójának metszete

Ha a generátorba beépített érzékelő szerkezet jelzi, hogy a kokszt utántöltésre szorul, megindul a felső csillagkerék és a mérleg tartályába koksztot tölt a felette levő bunkerből. Amikor a kokszt mennyisége eléri az előírt 500 kg-t, a csillagkerék leáll. A pontosan lemért adagot az automatikus szerkezet a harangzárakon keresztül a generátorba engedi. Ezután a berendezés ismét alapállásba jut és kész következő töltésre.

8. kép: Gázgyár. /Magyar Foto Hollenzer Béla He 2280/370/

Az épületben található a generátorok. Az ott előállított meleg gázt a szabadban álló 3 hűtőtoronyban hűtik le vízzel közönséges hőmérsékletre.

9. kép: Aktivszenes kéntelenítő /He 4611/12/

A gáz ezután a következő üzemszabályozásba kerül, a kéntelenítő berendezésbe kerül. A gáz a koksztból kénhidrogén formájában ként hoz magával, ezt azonnal még a gázgyárban el kell távolítani, mert igen veszélyes szennyeződés. A kénhidrogén eltávolítására u.n. aktiv szentet töltenek a tisztítóberendezésbe. Ezen keresztül áramoltatják a gázt. Az ilyenmódon kiválasztott ként az ipar számos más helyén hasznosítják. A kéntelenített nyersgáz tovább folytatja útját a gáztartályba.

A képen látható a teljesen szabadban elhelyezett berendezés, szerelés közben. Az ezüstszinűre festett, vízszintes elosztócső rendszer alatt a fekete kátránypapírral borított tartályok, u.n. reaktorok aktivszennel vannak töltve. A kép előterében levő kétszintes vasbetonállvány hordja a regeneráló berendezést. A legközelebb álló két torony a gáz hűtésére szolgál.

10.kép: Szénmonoxid konverzió sémája.

A CO aránylag könnyen oxidálódik széndioxiddá. Ezt mutatja az égése is. A CO a kötött oxigént is elvonja, vagyis redukál.

Magasabb hőmérsékleten és katalizátor /fénoxidok/ jelenlétében a vízgőzből is elvonja az oxigént:  $CO + H_2O = CO_2 + H_2$ . Ez a folyamat az ipar szempontjából a rendkívül nagy jelentőségű konverzió, mely újabb hidrogénforrást jelent. A konverzió céljából a gáz-elegyét tulhevitett vízgőzzel keverik és így vezetik a konvertáló berendezésbe.



11.kép: Szénmonoxidkonverzió

A kép az ipari berendezés bonyolult készülék és csőerdejét mutatja. Ez a rendszer 19 atm. nyomáson dolgozik. A katalizátort tartalmazó konverteren kívül a többi készülék a gazdaságos energia felhasználást szolgálja. Ennek köszönhető, hogy a berendezés viszonylag igen kevés vizgőzt fogyaszt.

12.kép: Széndioxid mosótorony sémája

A több mint 20 m magas torony belül Raschig-gyűrűvel van töltve. Ezen felülről-lefelé nagymennyiségű vizet permetezünk. A mosóvizzel szemben halad a gáz. A toronyban uralkodó 19 atmoszféra nyomáson a víz feloldja a széndioxidot, míg a gáz többi része a torony tetején eltávozik.

13.kép: Széndioxid eltávolító berendezés

A magas, karcsu torony a mosótorony. A széndioxiddal telített víz nyomását egy atm-ra csökkentjük és a két hatalmas, fekete festett vasbeton toronyban levegővel átfuvatjuk. A torony belseje falécekkel töltött. Így a feloldott gáz teljesen kiszellőzik és a víz újabb gázmennyiség mosására alkalmazható.

14.kép: Rézlugmosó berendezés

Ebben a bonyolult berendezésben a szénmonoxid és széndioxid utolsó nyomait távolítják el, de most már nem vízzel, hanem vegyszeres mosással /ammonias cuproformiát és nátronlug/. A működési elv egyébként azonos az előző /széndioxid mosás/ berendezésével; azzal a különbséggel, hogy 140 atm. nyomáson dolgozik.

15.kép: Gáztisztítás összefoglaló folyamata

A kép mennyiségi viszonyok feltüntetésével mutatja meg, hogy az eredeti nyers szintézisgáz különféle fokozataiban milyen átalakuláson megy keresztül.

16.kép: Kompresszorok

Az ammoniaszintézishez szükséges hatalmas gázmennyiségek szállítását és megfelelő nyomásra való sűrítését a szintézisépület csarnokában lévő óriáskompresszorok végzik. Nagyságukra jellemző, hogy egy gép súlya 200 tonna, meghajtásához 3.500 lóerő kell, alapozásához pedig egyenként 900 mázsa vasat használtak fel. Végnomásuk 350 atmoszféra.

17.kép: Kompresszorcsarnok

A háttérben sörakoznak az óriás kompresszorok. Elöl a széndioxid eltávolításhoz szükséges vizet szállító szivattyút szerelik. Ez a gép 1300 m<sup>3</sup> vizet szállít 230 méter magasra óránként.

18.kép: Kompresszorok kapcsolási vázlata

A gáz a kompresszorok segítségével halad át az egyes tisztítóberendezéseken.

A nyersgáz-tartályból a szintézisgáz a kompresszorokba jut, ahol - mint látjuk - először 19 atmoszférára sűrítik össze. Ezt a nyomást is több fokozatban, sok berendezésen keresztülhaladva éri el. Ezen a nyomáson történik a szénmonoxid eltávolítása. A gáz ez-



után ismét visszajut a kompresszorba, mely 140 atmoszférára sűrít tovább. Ezen a nyomáson megy a rézlugmosó-berendezésbe, innen még egyszer visszakerül a kompresszorba, ahonnan 350 atmoszférára nyomáson lép ki, egyenesen a szintéziskörbe.

A folyadékok gyakorlatilag összenyomhatatlanok, a gázok ellenben megfelelő nyomással eredeti térfogatuk törtrészére szoríthatók össze. Durva közelítéssel a térfogat fordítva arányos a nyomással: két légkör nyomáson fele, tíz légkörön egytized térfogatot foglal el ugyanazon gáztömeg. 350 atm. nyomáson tehát 1 m<sup>3</sup> /1000 liter közönséges nyomású gáz már kevesebb mint 3 liter teret tölt be.

A gázok sűrítése közben a végzett munka egy része hővé alakul át: a gáz felmelegszik. Ez a melegedés annál nagyobb, minél többszörösére növeljük egy menetben a nyomást. Egyéb megfontolások mellett ezért is sűrítjük a gázokat a nagyobb nyomásokra nem egy, hanem több menetben. A mi esetünkben a 350 atmoszférát 6 fokozatban - vagy lépcsőben érjük el. Ez az eljárás bizonyult a legkedvezőbbnek, azaz így lehet a legkevesebb munkával a végnyomást elérni.

Az egyes fokozatok hengerekből állanak, amelyekben dugattyúk mozognak és sűrítik a gázt. A kilépő forró gázt nem lenne célszerű mindjárt a következő fokozat hengerébe engedni: hőmérséklete megengedhetetlen módon állandóan növekedne. A gázt tehát le kell hűteni; ezért minden henger után vízzel hűtött csőköteget iktatunk be. A hűtés következtében a gázban lévő vízpára egy része kiválik és ezzel együtt a kompresszor kenésére felhasznált és a gázzal magávalragadott olaj is. Ezt, mielőtt a következő hengerbe juthatna, cseppfogóval eltávolítjuk.

A hengerek, mint látható, két sorban helyezkednek el a meghajtómotor két oldalán. A motor egyúttal a lendítőkerék szerepét is betölti.

#### 19.kép: Ammónia konverter sémája

A szintéziskör legfontosabb berendezése a konverter. Ez egy 12-15 m magas, 1 m átmérőjű hengeres cső. A külső acélköpenyen belül lágyvasból készült bélés van. Ez foglalja magában a tulajdonképpeni katalizátort és lenyulik az alatt lévő hőcserélőig. A gáz felül belépve a külső köpeny és a belső rész között a hőcserélőbe jut, ahol felmelegszik. A közepén lévő csövön át a katalizátor-térbe kerül, itt képződik az ammónia, hőtermelés közben. A forró gáz a hőcserélő csövein át távozik. A hideg gázelegy egy részét közvetlenül a központi csőbe engedik. Ennek változtatásával gondoskodni lehet az egyenletes hófokról.

#### 20.kép: Ammónia konverter

A kép a Csepeli Vas és Fémművek egyik csarnokában készült, ahol ma már hazailag gyártjuk a hatalmas, nagynyomású testeket. A képen ammónia konverter látható.

#### 21.kép: Szintéziskör sémája

A konverterből kilépő gázt vízzel hűtött permetezőhűtőben mintegy 20-30 fokra hűtjük. Az itt cseppfolyósodott ammóniát az első szeparátorban leválasztjuk. A gáz ezután a keringető-kompresszorba lép, mely a körfolyamat fenntartására szolgál. Ezután olajszűrőn megy át, ahol a kompresszorból magávalragadott olajcseppek leválnak. A szűrő előtt jut a körfolyamatba a friss szintézisgáz.



Ezután a hideg-kicserélőn keresztül a mélyhűtőbe kerül, itt mínusz 10, mínusz 20 fokra hűtik le. A második szeparátor leválasztja az itt cseppfolyósított ammóniát is a gázból. Ezután a hidegkicserélőn keresztül ismét a konverterbe jut.

22.kép: Permetező hűtők

23.kép: Ammónia tartályok

Ezekben tárolják 10-15 atm. nyomáson a cseppfolyós ammóniát.

24.kép: Ammónia szintézis távlati képe /He 2280/450

A kép baloldalán látható hatalmas csarnokban vannak az óriás-kompresszorok és a szintézisüzem egyéb kényes gépei. Előtte a magas vasbetonállványon és körülötte látható a rézlugmosó berendezés. Az épület fala mellett, hátrább vasszerkezet látható: ebben helyezkednek el a szintéziskör készülékei. A konverter a magas, karcsu épületben van. Ettől jobbra az ammonia gáztartó látható. Az előtérben levő hidon futnak a gyár fő csővezetékei.

