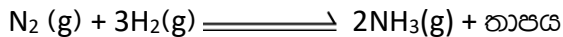


6. ඇමෝනියා නිෂ්පාදනය (හේබර් බොෂ් ක්‍රමය)

ඇමෝනියා නිෂ්පාදනය ආශ්‍රිත රසායනික ප්‍රතික්‍රියාව පහත දැක්වේ.

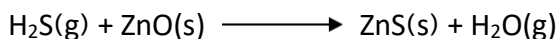


ඇමෝනියා නිෂ්පාදනයට අවශ්‍ය අමුද්‍රව්‍ය

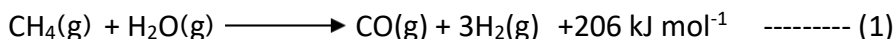
- මෙහි මූලික අමුද්‍රව්‍ය වනුයේ N_2 හා H_2 වායුන් ය.
- වායුගෝලීය වාතය දුටු කිරීමෙන් පසුව භාගික ආසවනය මගින් N_2 වායුව වෙන් කර ගනු ලබයි. මේ නිසා N_2 වායුවට නිෂ්පාදන පිරිවැයක් ඇත.
- H_2 වායුව ලබා ගන්නේ හයිඩ්‍රොකාබන් (හැප්තා) බිඳීම මගින් හෝ ස්වාභාවික වායුවෙහි (Natural gas) ප්‍රධාන සංරචකය වූ මීතේන් භාවිතයෙන්ය.

විශාල ප්‍රමාණයෙන් මේ ස්වාභාවික වායුව පොළොව තුළ හිඬගතව ඇත. ස්වාභාවික වායුව මගින් H_2 නිපදවීම SMR (Steam – Methane – Reforming) ලෙසට හඳුන්වයි. ස්වාභාවික වායුවේ සුළු ප්‍රමාණයෙන් H_2S තිබීම නිසා නිකල් උත්ප්‍රේරක ක්‍රියාවට බාධා පමුණුවයි. මේ නිසා ස්වාභාවික වායුවේ වූ H_2S ඉවත් කිරීමෙන් පසුව උත්ප්‍රේරක ප්‍රතික්‍රියාවක් මගින් H_2 ජනනය කරවයි.

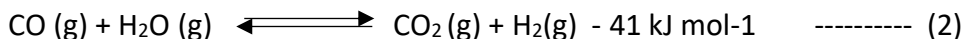
H_2S ඉවත් කිරීම ආශ්‍රිත ප්‍රතික්‍රියාව



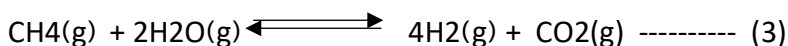
1. SMR ක්‍රියාවලියේ පළමු පියවර වනුයේ මීතේන් හා ජලවාෂ්ප උෂ්ණත්වය $700-800^\circ\text{C}$ දී ප්‍රතික්‍රියා කරවීමෙන් CO හා H_2 සෑදීමයි. මෙය තාපඅවශෝෂක ප්‍රතික්‍රියාවකි.



2. දෙවන පියවරේ දී මේ වායු මිශ්‍රණය තවදුරටත් ජලවාෂ්ප සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කිරීමට සලස්වයි. එහි දී CO වායුව CO_2 බවට පත් වේ. මෙය තාපදායක ප්‍රතික්‍රියාවකි.



මීට අමතරව පහත ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වීමට ද යම් ඉඩක් ඇත.



වැඩිපුර ජලවාෂ්ප පවත්වා ගැනීමෙන් සමස්ත ප්‍රතික්‍රියාව දකුණු පැත්තට යොමු කරමින් H_2 ඵලදාව වැඩි කිරීමට හැකි ය.

(SMR හි තාපගතික ස්වභාවය පිළිබඳ ගුණාත්මකව යම් වැටහීමක් ලබා ගැනීම සඳහා $G = \Delta H - T\Delta S$ සම්බන්ධය යොදා ගත හැකි ය.

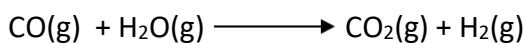
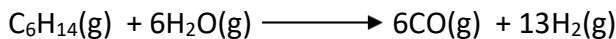
- ඉහත තාපගතික සම්බන්ධය අනුව තාපදායක දෙවන ප්‍රතික්‍රියාව සාපේක්ෂව පහළ උෂ්ණත්වවලදී පවා ස්වයංසිද්ධ වේ. වායු කලාපයේ අණු ගණනේ වෙනසක් නොවන නිසා පීඩනයේ බලපෑමක් නැත. එසේ ම ΔG කෙරෙහි $T\Delta S$ හි බලපෑමක් නැති තරම් ය.
- තාප අවශෝෂක පළමු හා තෙවන ප්‍රතික්‍රියා සිදු වන්නේ සාපේක්ෂව ඉහළ උෂ්ණත්වවල දී ය. ඉදිරි දිශාවට වායු කලාපයේ අණු ගණන වැඩි වන නිසා එන්ට්‍රොපිය වැඩි වේ.
- මේ නිසා උෂ්ණත්වය වැඩිවත් ම $T\Delta S$ හි ගුණිතයේ ධන අගය වැඩි වේ. එබැවින්, $G = \Delta H - T\Delta S$ අනුව මෙම මේ 1 හා 3 ප්‍රතික්‍රියා සඳහා ඉහළ උෂ්ණත්වයේ දී G හි සෘණ ස්වභාවය වැඩි වීම සිදු වේ.
- ඉහළ උෂ්ණත්වයේ දී ($1800-1000^\circ\text{C}$) පළමු ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වීමට ඉඩ සලස්වයි. එහි දී 3 වන ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වීමට ඉඩ ඇත. ප්‍රතිඵල වූ වායු මිශ්‍රණයේ ඇති CO වායු සාන්ද්‍රණය

අඩු කරමින් H_2 ඵලදාව වැඩි කිරීමට දෙවන ප්‍රතික්‍රියාව සාපේක්ෂව පහළ උෂ්ණත්වවල දී ($200-400\text{ }^{\circ}\text{C}$) සිදු වීමට ඉඩ සලස්වයි.

- CO හා H_2 සහිත උණුසුම් වායු මිශ්‍රණයට පල වාෂ්ප එක් කිරීම සමඟ ඒ මිශ්‍රණයේ උෂ්ණත්වය ($200-400\text{ }^{\circ}\text{C}$ දක්වා) අඩු කළ හැකි ය.
- දෙවන ප්‍රතික්‍රියාව තාපදායක නිසා නැවත පළමු ප්‍රතික්‍රියාව සඳහා සුදුසු ඉහළ උෂ්ණත්වය ලබා ගැනීමට දෙවන ප්‍රතික්‍රියාවෙන් ජනනය වන තාපය භාවිත කරයි.)

- එක්සත් ජනපදයේ සමස්ත ස්වාභාවික වායු නිෂ්පාදනයෙන් 60%ක පමණ ප්‍රමාණයක් යොදා ගනු ලබන්නේ ඇමෝනියා නිෂ්පාදනය සඳහා ය.
- නැප්තා (C_6H_{14}) බිඳීම මඟින් ද H_2 වායුව ලබා ගැනීමට හැකි ය.

එහි දී ද වායුගෝලයට CO_2 නිදහස් වීම සිදු වේ. එහි දී සිදු වන ප්‍රතික්‍රියා පහත පරිදි ය:

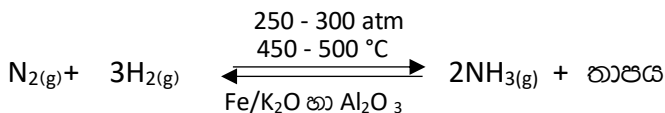


- හයිඩ්‍රජන් හා හයිඩ්‍රජන් වායු ප්‍රතික්‍රියා කර NH_3 නිපදවීම තාපදායක ප්‍රතික්‍රියාවක් වන අතර ප්‍රතිවර්තය වේ. එහෙත් සාමාන්‍ය උෂ්ණත්වය හා පීඩනය යටතේ මේ ප්‍රතික්‍රියාව සිදු නොවන තරම් ය. එයට හේතුව සක්‍රියන ශක්තිය සාපේක්ෂව ඉහළ වීමයි.

H_2 හා N_2 මඟින් NH_3 සෑදීම

කාර්මිකව ඇමෝනියා නිපදවන ක්‍රමය හේබර් බෝෂ් ක්‍රමය ලෙස හඳුන්වයි.

- මෙහි දී කාර්මික ප්‍රශස්ත තත්ත්ව ලෙස උෂ්ණත්වය $450 - 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ වැනි උෂ්ණත්ව පරාසයක් හා පීඩනය $250 - 300\text{ atm}$ වැනි පීඩන පරාසයක් යටතේ දී උත්ප්‍රේරක ලෙසට යකඩ ද උත්ප්‍රේරක වර්ධක ලෙසට K_2O හා Al_2O_3 ද යොදා ගෙන ඇත.

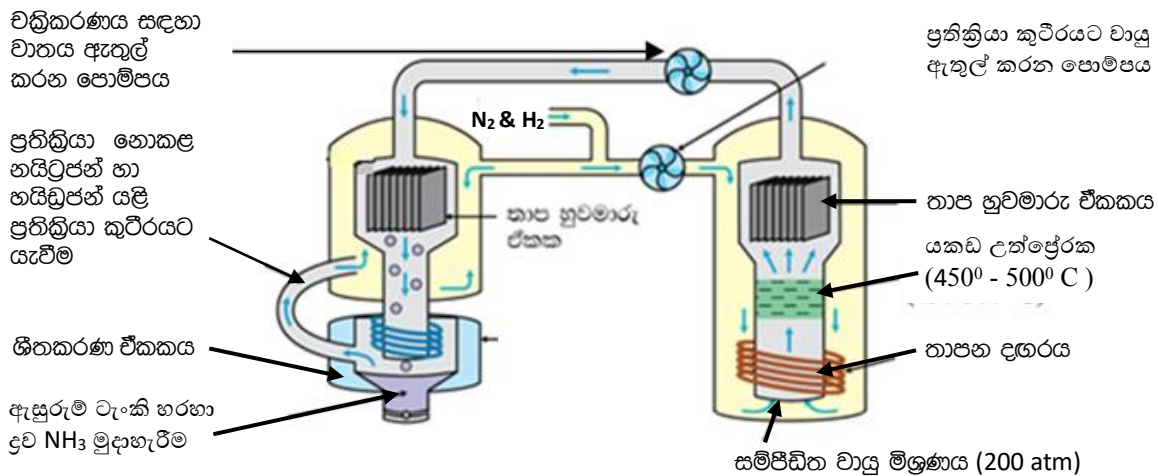


1 පියවර - සම්පීඩිත ප්‍රතික්‍රියක වායු මිශ්‍රණය උත්ප්‍රේරක පෘෂ්ඨය හරහා ගමන් කරමින් NH_3 බවට පත් වේ. මේ ප්‍රතික්‍රියාව ප්‍රතිවර්තය නිසා උත්ප්‍රේරක පෘෂ්ඨය පසු කරන වායු මිශ්‍රණයේ NH_3 වායුවට අමතරව ප්‍රතික්‍රියා නොකළ N_2 හා H_2 වායු ඇත.

2 පියවර - එම නිසා මිශ්‍රණයෙන් NH_3 වායුව වෙන් කිරීමට සිදු වේ.

- උෂ්ණත්වය $-33.34\text{ }^{\circ}\text{C}$ දක්වා සිසිල් කිරීමත් සමඟ NH_3 වායුව ද්‍රව වේ.
- හයිඩ්‍රජන් වායුවේ තාපාංකය $-195.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ හා හයිඩ්‍රජන් වායුවේ තාපාංකය $-252.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ නිසා මේ මිශ්‍රණය සිසිල් කිරීම මඟින් ඉතා පහසුවෙන් NH_3 පමණක් ද්‍රව කර H_2 හා N_2 වායු මිශ්‍රණය, ප්‍රතික්‍රියා මිශ්‍රණයෙන් වෙන් කර ගැනීමට හැකි ය.
- ඉහළ පීඩනයක් යටතේ වූ NH_3 , H_2 හා N_2 සහිත වායු මිශ්‍රණය වෙනත් කුටීරයක් තුළ දී පීඩනය එකවර අඩු කිරීම මඟින් සිසිල් කළ හැකි ය.
- එවිට NH_3 වායුව ද්‍රව තත්ත්වයට පත් වේ. මේ නිසා වායු ලෙස ඉතිරි වී ඇති N_2 හා H_2 වායු නැවත ප්‍රතික්‍රියා කුටීරයට පොම්ප කරනු ලබයි.
- NH_3 සෑදීම පිණිස වැය වූ N_2 හා H_2 වායු ප්‍රමාණයට ගැලපෙන N_2 හා H_2 ප්‍රමාණය පමණක් අලුත් එක් කරයි.

පහත දැක්වෙන රූපය මඟින් මේ ක්‍රියාවලිය සරලව නිරූපණය කළ හැකි ය.



ඇමෝනියා නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලිය

3 පියවර - ද්‍රව ඇමෝනියා ඉවත් කළ පසුව, ප්‍රතික්‍රියා නොකළ N_2 හා H_2 ($-33.34^\circ C$ පමණ උෂ්ණත්වයක පවතින) හා අලුතින් එක් කරන N_2 හා H_2 වායු මිශ්‍රණය උෂ්ණත්වය $450 - 500^\circ C$ තෙක් රත් කරනු ලැබේ.

- මේ නිසා නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලියට අවශ්‍ය තාප ශක්තිය ඉන්ධන දහනය මගින් ද ලබා දිය හැක.
- ඒ නිසා වායුගෝලයට CO_2 එක් වේ.
- ඇමෝනියා නිෂ්පාදනයේ දී H_2 ලබා ගැනීමේ පියවරේ දීත්, හේබර් ක්‍රමයේ දී ඉහළ උෂ්ණත්වය ලබා දීම පිණිස ඉන්ධන දහනය නිසාත් CO_2 ජනනය වේ.
- මේ සමස්ත ක්‍රියාවලිය නිසා වායුගෝලයට හරිතාගාර වායුවක් වූ CO_2 නිදහස් වේ.
(ගෝලීයව සමස්ත නිෂ්පාදනය අනුව ඇමෝනියා ටොන් 1ක් නිෂ්පාදනය කරන විට දී වායුගෝලයට එක් වන CO_2 ප්‍රමාණය ටොන් 2.9ක් පමණ වේ. වායුගෝලයට CO_2 එක් කරන අනෙක් ක්‍රියා හා සසඳන විට දී ඇමෝනියා නිෂ්පාදනය නිසා වායුගෝලයට එක්වන CO_2 ප්‍රමාණය 1.4%ක් පමණ වේ.)

- ඇමෝනියා නිෂ්පාදනයේ දී N_2 හා H_2 මිශ්‍ර කරනුයේ ඒවා අතර ස්ටොයිකියෝමිතික අනුපාතය (1:3) අනුව ය.
 - නයිට්‍රජන් වායුව හා හයිඩ්‍රජන් වායුව නිපදවීමට යම් පිරිවැයක් දැරීමට සිදු වන නිසා අමුද්‍රව්‍ය නාස්තිය වැළැක්වීම පිණිස ස්ටොයිකියෝමිතික අනුපාතය ඉක්මවා මිශ්‍ර කිරීම සිදු නොකරයි.
 - එසේ ම එක් වායුවක් වැඩිපුර යොදා ගත හොත් ඒ වායුව උත්ප්‍රේරක පෘෂ්ඨයට අධිශෝෂණය වී එම උත්ප්‍රේරක පෘෂ්ඨය මුළුමනින් ම වැසී යාමට ඉඩකඩ ඇත.
 - උත්ප්‍රේරක පෘෂ්ඨය එක් වායුවකින් පමණක් වැසී ගිය විට දී ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වීමේ ඉඩකඩ අඩු වේ.
 - උත්ප්‍රේරක පෘෂ්ඨයට වායු දෙක ම අධිශෝෂණය විය යුතු ය.
 - උත්ප්‍රේරක භාවිතය නිසා සමතුලිතතාවට එළඹීමට ගත වන කාලය අඩු වේ.
 - මේ සියලු සාධක අනුව ප්‍රශස්ත තත්ත්ව ලෙසට N_2 හා H_2 මිශ්‍ර කරනුයේ 1:3 අනුපාතය පවතින පරිදි ය.
- මේ ප්‍රතික්‍රියාව තාපදායක නිසා ΔH සඳහා ඍණ අගයක් ඇත.
 - ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වන විට අණු ගණන අඩු වන නිසා එන්ට්‍රොපිය අඩු වේ.
 - ඒ නිසා ΔS සඳහා ඍණ අගයක් ඇත.
 - එබැවින් $T\Delta S$ ඍණ වන නිසා $-T\Delta S$ අගය ධන අගයක් ගනු ලැබේ.
 - එබැවින් උෂ්ණත්වය වැඩි කරන විට ΔG හි ඍණ ස්වභාවය ධන ස්වභාවය කරා වෙනස් වේ.
 - එසේ ම ඉහළ උෂ්ණත්ව ඉදිරි ක්‍රියාවට අහිතකර බව ලේ වැටලියර් මූලධර්මය ආශ්‍රයෙන් ද පැහැදිලි කළ හැකි ය.
 - උෂ්ණත්වය වැඩි කරන විට ප්‍රතික්‍රියාවේ ස්වයංසිද්ධ ස්වභාවය අඩු වේ.
 - තාපගතිකව ස්වයංසිද්ධ ස්වභාවය අඩු වන නිසා ඵලදාව අඩු වේ.
 - ඵලදාව වැඩි කිරීමට උෂ්ණත්වය අඩු කළ යුතු ය.
 - උෂ්ණත්වය අඩු කරන විට දී ප්‍රතික්‍රියාවේ ශීඝ්‍රතාව අඩු වී සමස්ත ක්‍රියාවලියේ කාර්යක්ෂමතාව අඩු වේ.

- ප්‍රශස්ත කාර්යක්ෂමතාවක් පවත්වා ගත යුතු නිසා 450-500 °C වැනි උෂ්ණත්වයක් පවත්වා ගනු ලැබේ.
- මේ තත්ත්ව යටතේ දී ලැබෙන NH₃ ඵලදාව සාපේක්ෂව අඩු ය.
- එහෙත් ප්‍රතික්‍රියා නොකළ N₂ හා H₂ නැවත නැවත උත්ප්‍රේරක චක්‍රවලට සහභාගි කරවීමට නිෂ්පාදන ක්‍රියාව සැලසුම් කර ඇත.
- තනි පියවරක් ලෙසට ලැබෙන NH₃ ඵලදාව අඩු වුවත් සමස්ත ක්‍රියාවලිය ලෙසට ඉහළ ඵලදාවක් ලබා ගැනීමට හැකියාවක් ලැබී ඇත්තේ වැඩි උත්ප්‍රේරක චක්‍ර ගණනක් යටතේ ප්‍රතික්‍රියාව සිදු කරවීමට සැලසුම් කර තිබෙන නිසා ය.

- ලේ වැටලියර් මූලධර්මයට අනුව ඉහළ පීඩන ඉදිරි ක්‍රියාවට නිතකර වේ.
 - එහෙත් අධික පීඩනවලට ඔරොත්තු දෙන උපකරණවල නඩත්තු පිරිවැය අධික ය.
 - ඒ නිසා වර්තමානයේ භාවිත වන්නේ 250-300 atm පීඩනයකි.
 - ප්‍රතික්‍රියක සාන්ද්‍රණය ඉහළ මට්ටමක තිබීම හා සෑදෙන ඵල ඉවත් කරමින් ඵල සාන්ද්‍රණ අඩු මට්ටමක පවත්වා ගැනීම වැඩි NH₃ ඵලදාවක් ලැබීමට හේතු වේ.
 - එය ලේ වැටලියර් මූලධර්මය මගින් පැහැදිලි කළ හැකි ය.
 - ප්‍රතික්‍රියා කුටීරයට වරින් වර N₂ හා H₂ යැවීම සිදු වන අතර සෑදෙන NH₃ සහිත වායු මිශ්‍රණය වරින් වර සිසිල් කර ද්‍රවීකරණය කිරීමෙන් NH₃ ඉවත් කරන නිසා මේ අවශ්‍යතාව සම්පූර්ණ වේ.