

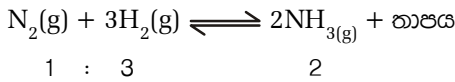
කර්මාන්ත රසායනය Industrial Chemistry



ඇමෝනියා නිෂ්පාදනය (හේබර් බොෂ් ක්‍රමය)

ඇමෝනියා නිෂ්පාදනය ඉතා වැදගත් වනුයේ කෘත්‍රීම පොහොර නිෂ්පාදනයට ය. සමස්ත ඇමෝනියා නිෂ්පාදනයෙන් 83%ක ප්‍රමාණයක් පොහොර නිෂ්පාදනයට යොදා ගනු ලබයි. විශේෂයෙන් ම සමස්ත ඇමෝනියා නිෂ්පාදනයෙන් 80% ක් යොදා ගන්නේ යූරියා නිෂ්පාදනයට ය.

ඇමෝනියා නිෂ්පාදනය ආශ්‍රිත රසායනික ප්‍රතික්‍රියාව පහත දැක්වේ



ඇමෝනියා නිෂ්පාදනයට අවශ්‍ය අමුද්‍රව්‍ය

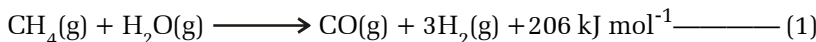
මෙහි මූලික අමුද්‍රව්‍ය වනුයේ N_2 හා H_2 වායුන් ය. වායුගෝලීය වාතය ද්‍රව කිරීමෙන් පසුව භාගික ආසවනය මගින් N_2 වායුව වෙන් කර ගනු ලබයි. මේ නිසා N_2 වායුවට නිෂ්පාදන පිරිවැයක් ඇත.

හයිඩ්‍රජන් වායුව ලබා ගන්නේ හයිඩ්‍රොකාබන් (හැප්තා) බිඳීම මගින් හෝ ස්වාභාවික වායුවෙහි (Natural gas) ප්‍රධාන සංරචකය වූ මීතේන් භාවිතයෙන්ය. පොසිල ඉන්ධනයක් ලෙස බලශක්ති ජනනයට ස්වාභාවික වායුව යොදා ගනී. විශාල ප්‍රමාණයෙන් මේ ස්වාභාවික වායුව පොළොව තුළ නිධිගතව ඇත. ස්වාභාවික වායුව මගින් H_2 නිපදවීම SMR (Steam – Methane – Reforming) ලෙසට හඳුන්වයි. ස්වාභාවික වායුවේ සුළු ප්‍රමාණයෙන් H_2S තිබීම නිසා ප්‍රතික්‍රියාවට බාධා පමුණුවයි. මේ නිසා ස්වාභාවික වායුවේ වූ H_2S ඉවත් කිරීමෙන් පසුව උත්ප්‍රේරක ප්‍රතික්‍රියාවක් මගින් H_2 ජනනය කරවයි.

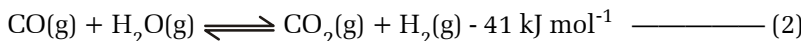
H_2S ඉවත් කිරීම ආශ්‍රිත ප්‍රතික්‍රියාව



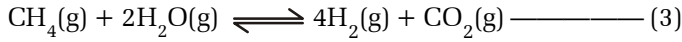
SMR ක්‍රියාවලියේ පළමු පියවර වනුයේ මීතේන් හා ජලවාෂ්ප උෂ්ණත්වය 700-800 °C දී ප්‍රතික්‍රියා කරවීමෙන් CO හා H_2 සෑදීමයි. මෙය තාපඅවශෝෂක ප්‍රතික්‍රියාවකි.



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.



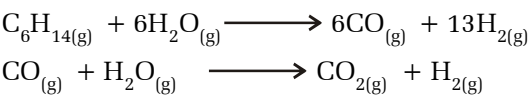
වැඩිපුර ජලවාෂ්ප පවත්වා ගැනීමෙන් සමස්ත ප්‍රතික්‍රියාව දකුණු පැත්තට යොමු කරමින් H₂ ඵලදාව වැඩි කිරීමට හැකි ය.

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

ඉහත තාපගතික සම්බන්ධය අනුව තාපදායක දෙවන ප්‍රතික්‍රියාව සාපේක්‍ෂව පහළ උෂ්ණත්වවල දී 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, $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ අනුව මෙම 1 හා 3 ප්‍රතික්‍රියා සඳහා ඉහළ උෂ්ණත්වයේ දී ΔG හි සාණ ස්වභාවය වැඩි වීම සිදු වේ. ඉහළ උෂ්ණත්වයේ දී (1800-1000 °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 H₂ ඵලදාව වැඩි කිරීමට දෙවන ප්‍රතික්‍රියාව සාපේක්‍ෂව පහළ උෂ්ණත්වවල දී (200-400 °C) සිදු වීමට ඉඩ සලස්වයි. CO හා H₂ සහිත උණුසුම් වායු මිශ්‍රණයට ජල වාෂ්ප එක් කිරීම සමග ඒ මිශ්‍රණයේ උෂ්ණත්වය (200-400°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 (C₆H₁₄) බිඳීම මගින් ද H₂ වායුව ලබා ගැනීමට හැකි ය. එහි දී ද වායුගෝලයට CO₂ නිදහස් වීම සිදු වේ. එහි දී සිදු වන ප්‍රතික්‍රියා පහත පරිදි ය:



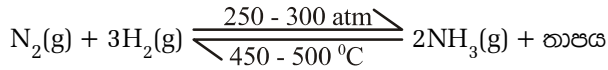
නයිට්‍රජන් හා හයිඩ්‍රජන් වායු ප්‍රතික්‍රියා කර NH₃ නිපදවීම තාපදායක ප්‍රතික්‍රියාවක් වන අතර ප්‍රතිඵලය වේ. එහෙත් සාමාන්‍ය උෂ්ණත්වය හා පීඩනය යටතේ මේ ප්‍රතික්‍රියාව සිදු නොවන තරම් ය. එයට හේතුව සක්‍රියන ශක්තිය සාපේක්‍ෂව ඉහළ වීමයි.

2021 Revision

H₂ හා N₂ මගින් NH₃ සෑදීම

කාර්මිකව ඇමෝනියා නිපදවන ක්‍රමය හේබර් ඩෝෂ් ක්‍රමය ලෙස හිදුන්වයි. මෙහි දී කාර්මික ප්‍රශස්ත තත්ත්ව ලෙස උෂ්ණත්වය 450 - 500 °C වැනි උෂ්ණත්ව පරාසයක් හා පීඩනය 250 - 300 atm වැනි පීඩන පරාසයක් යටතේ දී

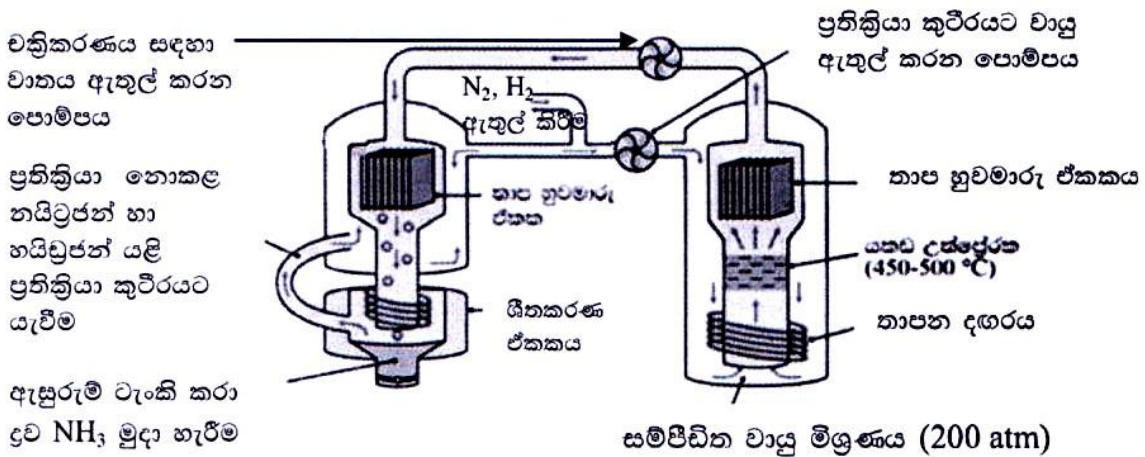
උත්ප්‍රේරක ලෙසට යකඩ ද උත්ප්‍රේරක වර්ධක ලෙසට K_2O හා Al_2O_3 ද යොදා ගෙන ඇත.



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. මේ මිශ්‍රණයෙන් NH_3 වායුව වෙන් කිරීමට සිදු වේ.

උෂ්ණත්වය $-33.34\text{ }^\circ C$ දක්වා සිසිල් කිරීමත් සමඟ NH_3 වායුව ද්‍රව වේ. නයිට්‍රජන් වායුවේ තාපාංකය $-195.8\text{ }^\circ C$ හා නයිට්‍රජන් වායුවේ තාපාංකය $-252.9\text{ }^\circ C$ නිසා මේ මිශ්‍රණය සිසිල් කිරීම මගින් 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 මගින් 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 ගැළපෙන N_2 හා H_2 ප්‍රමාණය පමණක් අලුතින් එක් කරයි.

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



ඇමෝනියා නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලිය

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

2021 Revision

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.

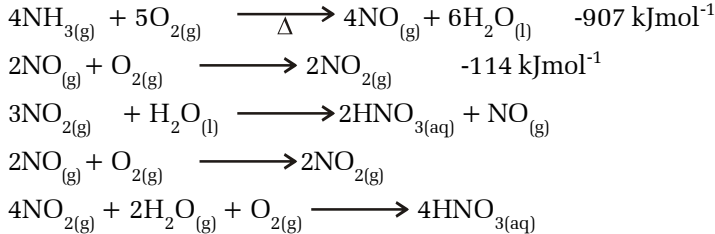
මේ ප්‍රතික්‍රියාව තාපදායක නිසා ΔH සඳහා ඍණ අගයක් ඇත. ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වන විට අණු ගණන අඩු වන නිසා එන්ට්‍රොපිය අඩු වේ. ඒ නිසා ΔS සඳහා ඍණ අගයක් ඇත. එබැවින් $T\Delta S$ ඍණ වන නිසා $-T\Delta S$ අගය ධන අගයක් ගනු ලැබේ. එබැවින් උෂ්ණත්වය වැඩි කරන විට ΔG හි ඍණ ස්වභාවය ධන ස්වභාවය කරා වෙනස් වේ. එසේ ම ඉහළ උෂ්ණත්ව 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 එලදාව අඩු වේ. එලදාව 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 NH_3 එලදාව සාපේක්ෂව අඩු ය. එහෙත් ප්‍රතික්‍රියා නොකළ N_2 හා H_2 නැවත නැවත උත්ප්‍රේරක චක්‍රවලට සහභාගි කරවීමට නිෂ්පාදන ක්‍රියාව සැලසුම් කර ඇත. තනි පියවරක් ලෙසට ලැබෙන NH_3 එලදාව අඩු වුවත් සමස්ත ක්‍රියාවලිය ලෙසට ඉහළ එලදාවක් 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 හිතකර 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 එල ඉවත් කරමින් එල සාන්ද්‍රණ අඩු මට්ටමක පවත්වා ගැනීම වැඩි NH_3 එලදාවක් ලැබීමට හේතු වේ. එය ලේ වැටලියර් මූලධර්මය මඟින් පැහැදිලි කළ හැකි ය. ප්‍රතික්‍රියා කුටීරයට වරින් වර N_2 හා H_2 යැවීම සිදු වන අතර සෑදෙන NH_3 සහිත වායු මිශ්‍රණය වරින් වර සිසිල් කර ද්‍රවීකරණය කිරීමෙන් NH_3 ඉවත් කරන නිසා මේ අවශ්‍යතාව සම්පූර්ණ වේ.

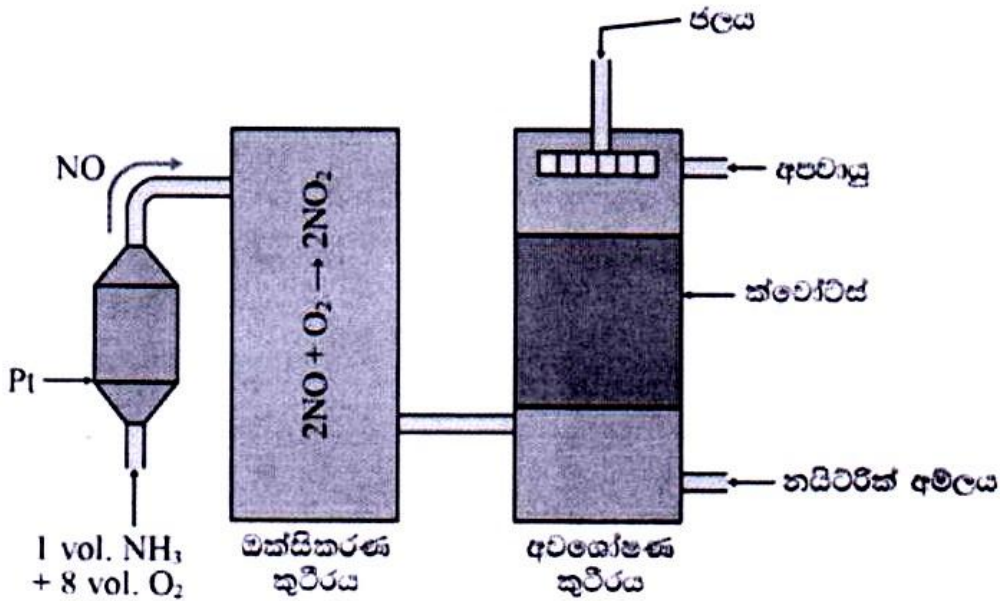
2021 Revision

නයිට්‍රික් අම්ල නිෂ්පාදනය (ඔස්වල්ඩ් ක්‍රමය)

මේ සඳහා NH₃ වායුව, වායුගෝලීය වාතය හා ජලය අමුද්‍රව්‍ය ලෙස භාවිත කරයි. ඇමෝනියා හා ඔක්සිජන් වායු අතර ප්‍රතික්‍රියාවෙන් ලබා ගන්නා NO₂ වායුව ජලය සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කරවා HNO₃ නිපදවයි. ඒ ප්‍රතික්‍රියාව පහත දක්වා ඇත.



පහත රූපය මගින් මේ ක්‍රියාවලිය සරලව දක්වා ඇත. පළමු කුට්ටියේදී උත්ප්‍රේරක හමු වේ NH₃ ඔක්සිකරණය කරයි. දෙවන කුට්ටියේ දී NO වායුව ඔක්සිකරණය කරවයි. තෙවන කුට්ටියේ දී NO₂ වායුව ජලය සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කරවයි.



HNO₃ නිෂ්පාදන ක්‍රියාව

දැවිලි හා ජල වාෂ්ප ඉවත් කළ වායුගෝලීය වාතය යොදාගෙන NH₃ ඔක්සිකරණය කරයි. සාමාන්‍ය වාතයේ පරිමාව අනුව N₂ වායුව 78% හා O₂ වායුව 21% ඇත. අවශ්‍ය ඔක්සිජන් වායු ප්‍රමාණය අත්තර්ගත වායුගෝලීය වාත පරිමාවක් ප්‍රතික්‍රියා කුට්ටියට පොම්ප කරනු ලැබේ. ඇමෝනියා පරිමා ඒකකයක් සඳහා වායුගෝලීය වාත පරිමා ඒකක 9-12 පරාසයක පවත්වා ගනු ලැබේ. ඉහළ උෂ්ණත්ව පරාසයක (800-850°C) පවත්වා ගනු ලැබේ. මේ තත්ත්ව යටතේ NO වායුව 97% ක් පමණ ලබා ගත හැකි ය. ඇමෝනියා සාන්ද්‍රණය වැඩි වුව හොත් පිපිරීම් සිදු විය හැකි ය. ඒ නිසා ඇමෝනියා හා වායුගෝලීය වාතය පරිමා අනුපාතය නිසි ලෙස පවත්වා ගැනීම වැදගත් ය. මේ වායු මිශ්‍රණය Pt/Rh උත්ප්‍රේරකය හරහා පීඩනයක් යටතේ ගමන් කළ විට NO බවට පත් වේ. මේ NO වායුව 150 °C තෙක් සිසිල් කරනු ලැබේ. උෂ්ණත්වය 150 °C පත් වූ විට NO වායුව තව දුරටත් NO₂ බවට ඔක්සිකරණය වීම ඔක්සිකරණ කුට්ටිය තුළ දී සිදු වේ. අවශෝෂණ කුට්ටිය තුළ දී ජලය සමඟ NO₂ වායුව ප්‍රතික්‍රියා කිරීමට ඉඩ සලස්වා ඇත. මෙහි දී ද

2021 Revision

ප්‍රතිප්‍රවාහ මූලධර්මයට අනුව ජලය හා NO₂ වායු ප්‍රතික්‍රියා කිරීමට ඉඩ සලසා ඇත. ඔක්සිජන් වායුව සහිත NO₂ වායු මිශ්‍රණය 5 -10atm පීඩනයක් පවතින පරිදි අවශෝෂණ කුටීරයට පොම්ප කරයි. අවශෝෂණ කුලුන ද රසායනික අක්‍රිය ද්‍රව්‍යවලින් අසුරා ඇති නිසා ජලය සමඟ NO₂ ප්‍රතික්‍රියා කිරීමට ඇති ඉඩකඩ වැඩි කර ඇත. අවසානයේ දී 96% ක පමණ ඵලදාවක් ලැබේ.

නයිට්‍රික් අම්ලයේ ප්‍රයෝජන

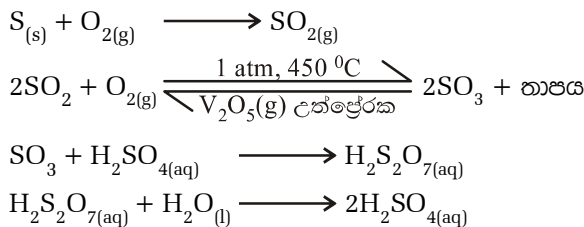
- (1) පොහොර සහ පුපුරන ද්‍රව්‍ය සෑදීම
- (2) කර්මාන්ත සඳහා අවශ්‍ය වන නයිට්‍රිට් සෑදීම
 KNO₃ - වෙඩි බෙහෙත් නිෂ්පාදනය
 AgNO₃ - ඡායාරූප කර්මාන්තය
- (3) රාජ අම්ලය නිපදවීම
- (4) ලෝහ පෘෂ්ඨයේ දී පෘෂ්ඨය පිරිසිදු කිරීම

සල්ෆියුරික් අම්ල නිෂ්පාදනය (ස්පර්ශ ක්‍රමය)

H₂SO₄ නිපදවීමට අවශ්‍ය අමුද්‍රව්‍ය

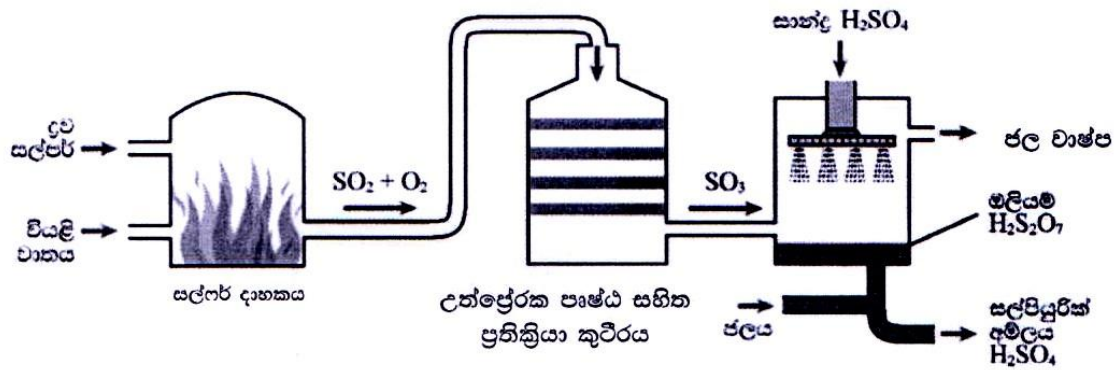
සල්ෆර් හෝ සල්ෆර් අඩංගු ලෝපස් හා ජලය මේ නිෂ්පාදනයට අමුද්‍රව්‍ය ලෙස භාවිත වේ. PbS, CuS හා ZnS අඩංගු ලෝපස් මගින් පිළිවෙලින් Pb, Cu හා Zn ලෝහ නිස්සාරණයේ දී අතුරු ඵලයක් ලෙස ලැබෙන SO₂ වායුව ද H₂SO₄ නිපදවීම සඳහා භාවිත කළ හැකි ය. පෙට්‍රෝලියම් පිරිපහදු කිරීමේ දී අතුරු ඵලයක් ලෙස ලැබෙන සල්ෆර් හෝ පොළොවෙන් ලබාගන්නා ගෙන්දුගම් මේ සඳහා භාවිත කළ හැකි ය.

සල්ෆියුරික් අම්ල නිෂ්පාදනයේ දී සල්ෆර් හෝ ලෝහ සල්ෆයිඩ් දහනය කර SO₂ පිළියෙල කර ගනු ලබයි. වායුගෝල O₂ සමඟ SO₂ ප්‍රතික්‍රියා කර SO₃ පිළියෙල කිරීම දෙවන පියවරයි. සාන්ද්‍ර H₂SO₄ සමඟ SO₃ ප්‍රතික්‍රියා කිරීමට සලස්වා ලබා ගන්නා H₂S₂O₇ ජල විච්ඡේදනයෙන් H₂SO₄ ලබා ගනී.

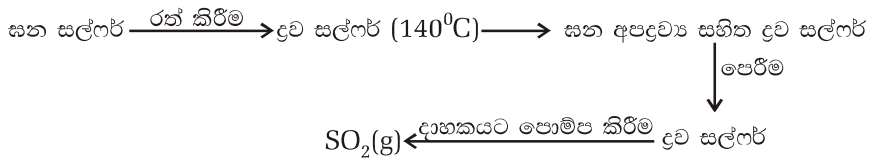


සල්ෆර් මූලද්‍රව්‍යය දහනය කර SO₂ නිපදවීම වෙන ම ක්‍රියාවලියකි. පාසල් පරීක්ෂණාගාරයේ දී ඉතා පහසුවෙන් සල්ෆර් කැබොල්ලක් බන්සන් දාහකය මගින් දහනය කර SO₂ ලබා ගත හැකි ය. එහෙත් කාර්මික ව SO₂ නිපදවීම එතරම් පහසු නොවේ. පළමුව සල්ෆර් රත් කර 140°C දී ද්‍රව තත්ත්වයට පත් කරයි. ද්‍රව සල්ෆර් ආශ්‍රිතව විවිධ ඝන අපද්‍රව්‍ය ඇත් නම් ඒවා ඉවත් කිරීමට පෙරනු ලබයි.

2021 Revision



H₂SO₄ නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලිය



දාහකය තුළට දුබ සල්ෆර් හා වායුගෝලීය වාතය පොම්ප කළ යුතු ය. දුබ සල්ෆර් ඉතා කුඩා බිඳිති ලෙස දාහකයට පොම්ප කරයි. එම බිඳිති ඉතා පහසුවෙන් දහනය වේ. සල්ෆර් දහනය තාපදායකය. දහනයෙන් ලැබෙන වායු මිශ්‍රණයේ SO₂ ප්‍රමාණය 8-9% සංයුතියකින් පවත්වා ගනු ලැබේ. දාහකය අවට උෂ්ණත්වය 830 °C පමණ වේ. මේ දහන කුටිය තුළ තිබෙන SO₂, O₂ හා N₂ සහිත වායු මිශ්‍රණයේ විවිධ ඝන අංශු (අළු) තිබිය හැකි ය. ඒවා ඉවත් කිරීම ඉතා වැදගත් ය. දූවිලි හෝ අළු ලෙසට විවිධ අංශු පැවතුණ හොත් V₂O₅ උත්ප්‍රේරක පෘෂ්ඨය මත තැන්පත් වී උත්ප්‍රේරක ක්‍රියාවට බාධා පමුණුවන නිසා පළමුව SO₂ සහිත වායු මිශ්‍රණය පිරිසිදු කරනු ලැබේ. සල්ෆර්ට්‍රියොක්සයිඩ් නිපදවන ප්‍රතික්‍රියාව ප්‍රතිවර්තය තාපදායක ප්‍රතික්‍රියාවකි. ඔක්සිජන් හා සල්ෆර් ඩයොක්සයිඩ් අතර පරමා අනුපාතය 1 : 1 (මවුල අනුපාතය 1 : 1) පරිදි පවත්වා ගනු ලබයි.



කාර්යක්ෂමතාවකින් ප්‍රතික්‍රියා සිදු කිරීමට ප්‍රශස්ත තත්ත්වයක් ලෙසට 400-500 °C උෂ්ණත්වයක් පවත්වා ගනු ලැබේ. ප්‍රතික්‍රියාවෙන් ද තාපය ජනනය කරන නිසා එක් වර ම සමස්ත SO₂ ප්‍රමාණය O₂ සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කිරීමට නිෂ්පාදන ක්‍රියාව සැලසුම් කළ හොත් වැඩි තාප ප්‍රමාණයක් ජනනය වී නැවත පසු ප්‍රතික්‍රියාව දිරිමත් කරමින් ඵලදාව අඩු වීමට හේතු වේ. ඒ නිසා සමස්ත SO₂ ප්‍රමාණය පියවර හතරක් ඔස්සේ SO₃ බවට පරිවර්තනය සිදු කරයි. සෑම පියවරක දී ම උත්ප්‍රේරක පෘෂ්ඨ හරහා වායු මිශ්‍රණය ගමන් කිරීමට සලස්වයි.

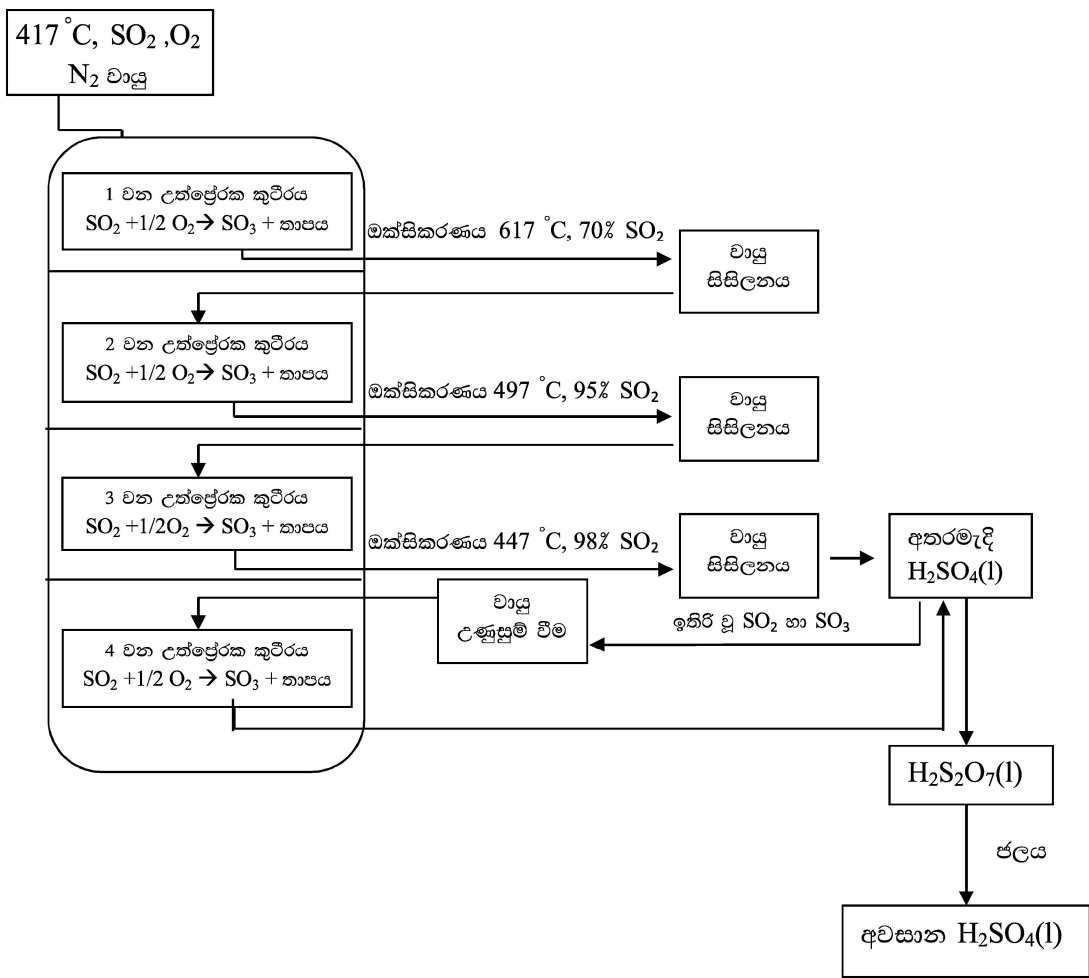
මේ ප්‍රතිවර්තය ප්‍රතික්‍රියාව වඩාත් දකුණු පැත්තට නැඹුරු කරමින් SO₃ ඵලදාව වැඩි කිරීම සඳහා වායුගෝලීය වාතය සැපයීම මගින් ඔක්සිජන් සාන්ද්‍රණය වැඩි කළ හැකි ය. වායුගෝලීය වාතය වඩාත් ම ලාභදායක අමුද්‍රව්‍යයක් නිසා වායුගෝලීය වාතය සැපයීමෙන් ඔක්සිජන් සාන්ද්‍රණය වැඩි කිරීම නිෂ්පාදන වියදම වැඩි කිරීමට හේතුවක් බවට පත් නොවේ. ස්ටොයිකියෝමිතිය අනුව SO₂ : O₂ අනුපාතය 2:1 කි. මේ අනුව SO₂ මවුලයක් සඳහා අවශ්‍ය O₂ ප්‍රමාණය මවුල 0.5 කි. එහෙත් නිෂ්පාදනයේ දී මවුල අනුපාතය 1:1 නිසා SO₂ මවුලයක් සඳහා O₂ මවුල 0.5ක්

වැඩිපුර ඇත. වායුගෝලීය වාතය ලාභ වුවත් අවශ්‍ය ඔක්සිජන් සාන්ද්‍රණය ඉක්මවමින් ඉහළ ඔක්සිජන් සාන්ද්‍රණයක් පවත්වා ගැනීම නිෂ්පාදන ක්‍රියාවේ කාර්යක්ෂමතාව අඩු කිරීමට හේතු වේ. මෙයට හේතුව ප්‍රශස්ත ප්‍රමාණය ඉක්මවමින් ඔක්සිජන් සාන්ද්‍රණය වැඩි කරන විට දී උත්ප්‍රේරක පෘෂ්ඨයට වැඩිපුර O_2 අණු අධිශෝෂණය වීම නිසා, SO_2 වායුව උත්ප්‍රේරක පෘෂ්ඨයට අධිශෝෂණය වීමට ඇති ඉඩකඩ අඩු වී ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වීමට ඇති සම්භාවිතාව අඩු වන බැවිනි.

මේ ප්‍රතික්‍රියාව තාපදායක නිසා සිසිල් කරන විට දී ඵලදාව වැඩි වීමක් ලේ වැටලියර් මූලධර්මයට අනුව පුරෝකථනය කළ හැකි ය. එහෙත් උෂ්ණත්වය අඩු කරන විට දී ප්‍රතික්‍රියාවේ ශීඝ්‍රතාව අඩු වීම නිෂ්පාදන ක්‍රියාවේ කාර්යක්ෂමතාව අඩු කිරීමට හේතු වේ. මේ නිසා ප්‍රශස්ත උෂ්ණත්වය $400-450\text{ }^\circ\text{C}$ ලෙසට තීරණය කර ඇත.

පීඩනය වැඩි කරන විට දී වායු කලාපයේ ප්‍රතිවර්තය ප්‍රතික්‍රියාව අණු ගණන අඩු වන දිශාවට සිදු වීමට ඇති හැඹුරුතාව වැඩි වීම ලේ වැටලියර් මූලධර්මයෙන් පුරෝකථනය කරයි. මේ ප්‍රතික්‍රියාව සඳහා පීඩනය වැඩි කරන විට දී ඉදිරි ප්‍රතික්‍රියාව දිරිමත් වී SO_3 ඵලදාව වැඩි වේ. එහෙත් මේ ප්‍රතික්‍රියාව සඳහා වායුගෝලේ 1ක පීඩනයේ දී පවා ඵලදාව 99%ක් තරම් ඉහළ වේ. ඒ නිසා වඩාත් ඉහළ පීඩන යෙදීම අනවශ්‍ය වේ.

මෙම ප්‍රතික්‍රියාව අධික වශයෙන් තාපදායක බැවින් පියවර හතරක දී තාප හුවමාරුව කළමනාකරණය කරමින් නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලිය සිදු කරන ආකාරය පහත ගැලීම් සටහනකින් දැක්වේ.



2021 Revision

H_2SO_4 නිෂ්පාදනය ආශ්‍රිත ප්‍රධාන තාප හුවමාරු පියවර

CHARITHA DISSANAYAKE
B.Sc. Engineering (Hon's) University of Moratuwa

පළමු කුටියට ඇතුළු වන වායුවල උෂ්ණත්වය 690 K (417 °C) පමණ වේ. උත්ප්‍රේරක හරහා ගමන් කරන විට දී උෂ්ණත්වය 890 K (617 °C) තෙක් ඉහළ ගොස් ඇති අතර SO₂ වලින් 70%ක් පමණ ඔක්සිකරණය වී ඇත.

තාප හුවමාරු ඒකක මගින් නැවත 700 K (427 °C) පමණ උෂ්ණත්වයකට සිසිල් වූ වායු දෙවන කුටියේ දී උත්ප්‍රේරක හරහා ගමන් කරවයි. මේ අවස්ථාව වන විට තිබෙන SO₂ ප්‍රමාණය සාපේක්ෂව අඩු නිසා පළමු පියවරට වඩා අඩු SO₃ ප්‍රමාණයක් සෑදේ. ඒ නිසා ප්‍රතිඵල වන තාපය ද සාපේක්ෂව අඩු ය.

උෂ්ණත්වය 770 K (497 °C) තෙක් ඉහළ ගිය වායු මිශ්‍රණය දෙවන තාප හුවමාරු ඒකකය මගින් 720K (447 °C) දක්වා සිසිලනය කර ඇත. ඒ වන විට ආරම්භක

SO₂ වලින් සැලකිය යුතු ප්‍රමාණයක් ප්‍රතික්‍රියා කර ඇත. තෙවන කුටියෙන් උත්ප්‍රේරක හරහා ගමන් කිරීම නිසා ආරම්භක SO₂ වලින් 98% SO₃ බවට පත් වේ.

තෙවන පියවරින් ලැබෙන SO₃ මගින් H₂SO₄ නිපදවනු ලබන අතර, එහි දී ද SO₃ ප්‍රමාණ 100% ම H₂SO₄ බවට පත් නො වේ. ඉතිරි වන SO₃ හා ප්‍රතිවර්තනතාව නිසා ඉතා සුළු වශයෙන් ඉතිරි වූ SO₂ සහිත වායු මිශ්‍රණය නැවත උණුසුම් කර සිච්චන කුටිය තුළ වූ උත්ප්‍රේරක හරහා ගමන් කරමින් SO₃ බවට පත් කරයි. ඒ ප්‍රමාණය ද නැවතත් H₂SO₄ බවට පරිවර්තනය කරනු ලැබේ.

ජලය සමඟ SO₃ ප්‍රතික්‍රියාව වේගවත් හා අධික තාපදායක ය. ඒ නිසා ජලය වාෂ්පීකරණය වේ. එසේම සල්පියුරික් අම්ල දුමාරය ඇති වේ. මෙම බාධක මගහැරීම පිණිස ඉහත විස්තර කළ ක්‍රියාමාර්ග ඔස්සේ SO₃ වායුව H₂SO₄ බවට පත් කරයි. උෂ්ණත්වය 70 °C සාන්ද්‍ර (98%) සල්පියුරික් අම්ලය මගින් SO₃ අවශෝෂණය උපරිම වේ. ඒ නිසා එම තත්ත්ව යටතේ දී සාන්ද්‍ර H₂SO₄ වලට SO₃ අවශෝෂණය කරවා ජලය එක් කිරීම මගින් H₂SO₄ නිපදවා ගනු ලැබේ.

සල්ෆර් ට්‍රයොක්සයිඩ් හා සාන්ද්‍ර H₂SO₄ ප්‍රතික්‍රියා කරවනුයේ ප්‍රතිප්‍රවාහ මූලධර්මයට අනුව ය. එය සිදු වන්නේ අධිශෝෂණ කුලුන තුළ දී ය. මේ කුලුන සෙරමික් ඇසුරුම් ද්‍රව්‍යවලින් (ceramic packing material) පුරවා ඇත. ඒ නිසා සාන්ද්‍ර H₂SO₄ සෙමෙන් කුටියේ ඉහළ සිට පහළට එන අතර ඇසුරුම් ද්‍රව්‍ය නිසා ද්‍රව H₂SO₄ හි පෘෂ්ඨ වර්ගඵලය වැඩි වී ඇත. සල්ෆර් ට්‍රයොක්සයිඩ් ඉහළට ගමන් කරයි.

ද්‍රව H₂SO₄ හි පෘෂ්ඨ වර්ගඵලය වැඩි වීම හා සෙමෙන් ගලා යෑම නිසාත්, SO₃ වායුව ඉහළට ගමන් කරන නිසාත් සාන්ද්‍ර H₂SO₄ තුළට SO₃ අවශෝෂණය කාර්යක්ෂම වී ඇත. මෙහි දී SO₃ හා H₂SO₄ ප්‍රතික්‍රියා කර මිලියම් (H₂S₂O₇) සෑදේ. මිලියම්වලට පරිස්සමින් ජලය එකතු කිරීමෙන් සාන්ද්‍ර H₂SO₄ නිපදවා ගනු ලැබේ.

සල්පියුරික් අම්ලයේ ප්‍රයෝජන

- (1) පොස්පේට් පොහොර නිපදවීම
- (2) ඇමෝනියම් සල්ෆේට් පොහොර නිපදවීම
- (3) රේයෝන් ඇතළු කෘත්‍රීම කෙඳි හා ජ්ලාස්ටික් නිෂ්පාදනය
- (4) ඇල්කයිල් හා ඇරල් සල්ෆොනේට් අඩංගු ක්ෂාලක නිපදවීම
- (5) සායම්, පුපුරන ද්‍රව්‍ය හා ඖෂධ නිෂ්පාදනය
- (6) බැටරි ඇසිඩ් නිපදවීම
- (7) වායු විෂලීම (Cl₂)

රූපයට වලින් ටයිටේනියම් ඩයොක්සයිඩ් නිපදවීම

ටයිටේනියම් අන්තර්ගත ප්‍රධාන ඛනිජ වර්ග ලෙස ඉල්මනයිට් හා රූපයට දැක්විය හැකි ය. ටයිටේනියම් ලෝහය TiO_2 ස්වරූපයෙන් ඔහුලව පවතින ඛනිජය රූපයට ය. ඉල්මනයිට් යනු TiO_2 හා FeO ඔක්සයිඩ් දෙකෙහි මිශ්‍රණයකි. ඉල්මනයිට් භාවිත කරමින් TiO_2 නිෂ්පාදනය කරන අවස්ථාවල දී පළමුව එහි වූ FeO ඉවත් කිරීම සිදු කරයි. එමගින් TiO_2 ප්‍රතිශතය වැඩි කිරීම සිදු වේ. ඉල්මනයිට්වලින් FeO ඉවත් කිරීම සල්ෆේට් ක්‍රියාවලිය (sulphate process) ලෙස හඳුන්වයි.

ඉල්මනයිට් හි FeO ඉවත් කරමින් TiO_2 ප්‍රතිශතය 70% වඩා වැඩි අවස්ථාවට පත් කළ පසු එමගින් සංශුද්ධතාව ඉතා ඉහළ TiO_2 නිෂ්පාදනය කරනු ලබයි. ඉල්මනයිට්වලින් ආරම්භ කර TiO_2 ප්‍රතිශතය 70% ඉක්මවූ අවස්ථාවක් දක්වා පිරිපහදු කිරීමෙන් පසුව හෝ රූපයට භාවිත කිරීම මගින් සංශුද්ධතාව ඉතා ඉහළ TiO_2 නිෂ්පාදනය කළ හැකි ය. ඒ නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලිය ක්ලෝරයිඩ් ක්‍රියාවලිය ලෙස හඳුන්වනු ලැබේ.

රූපයට මගින් TiO_2 නිෂ්පාදනය ආශ්‍රිත රසායනික ක්‍රියාවලිය (ක්ලෝරයිඩ් ක්‍රියාවලිය)

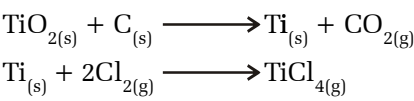
රූපයට වලින් වූ විවිධ අකාඛනික අපද්‍රව්‍ය ඉවත් කර සංශුද්ධතාව ඉහළ TiO_2 නිපදවීම මෙහි අරමුණ වේ. එහි වූ පියවර දෙකකි.

- (1) ක්ලෝරීනීකරණය
- (2) ඔක්සිකරණය

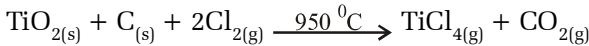
ක්ලෝරීනීකරණය

රූපයට හා කෝක්හි වූ තෙතමනය ඉවත් කිරීම පිණිස වියළීම ඉතා අවශ්‍ය වේ. මේ නිසා $200\text{ }^\circ\text{C} - 300\text{ }^\circ\text{C}$ වැනි උෂ්ණත්වයකට රත් කර හොඳින් වියළීම කරනු ලබයි.

ක්ලෝරීනීකරණ ක්‍රියාවලිය සඳහා රූපයට හා කෝක් සහිත මිශ්‍රණය $950\text{ }^\circ\text{C}$ පමණ වූ උෂ්ණත්වයට රත් කරනු ලබයි. ඒ මගින් Cl_2 වායු ධාරාවක් යවනු ලැබේ. එහි දී කෝක් හමුවේ TiO_2 සමඟ Cl_2 ප්‍රතික්‍රියාවෙන් $TiCl_4$ වායුව ප්‍රතිඵල ලෙස ලැබේ. මේ ප්‍රතික්‍රියාව තාපදායක ය. වියට ප්‍රධාන හේතුව කෝක් ඔක්සිකරණය වී CO_2 බවට පත් වීමයි. ඒ ප්‍රතික්‍රියා පහත පරිදි දැක්විය හැකි ය.



මේ සමස්ත ප්‍රතික්‍රියාව පහත පරිදි දැක්විය හැකි ය.

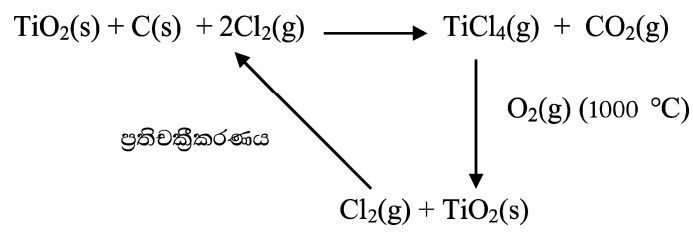
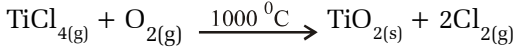


$TiCl_4$ හි තාපාංකය $134\text{ }^\circ\text{C}$ වේ. ඒ නිසා ප්‍රතික්‍රියා කුටීරයෙන් ඉවතට එන වායු මිශ්‍රණයේ ප්‍රධාන වශයෙන් $TiCl_4$ හා CO_2 ඇත. මීට අමතරව ඇතැම් අතුරු ප්‍රතික්‍රියාහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස HCl හා CO වායු මෙන් ම දැවිලි අංශු පැවතිය හැකි ය. එබැවින් TiO_2 ආශ්‍රිතව තිබුණු අකාඛනික අපද්‍රව්‍ය වෙන් වීම මෙහි දී සිදු වේ. දැවිලි අංශු ඉවත් කිරීමෙන් පසු ඒ වායු මිශ්‍රණය සිසිල් කිරීමෙන් ද්‍රව $TiCl_4$ වෙන් කර ගනු ලැබේ. එසේ වෙන් කර ගත් ද්‍රව $TiCl_4$ තවදුරටත් සංශුද්ධ කිරීමෙන් පසු ඔක්සිකරණය කරනු ලබයි.

2021 Revision

ඔක්සිකරණය

පළමු පියවරේ ප්‍රතිඵලය වූ $TiCl_4$ සමඟ O_2 ප්‍රතික්‍රියා කිරීමට සලස්වා නැවත TiO_2 ජනනය කිරීම මෙහි දී සිදු වේ. මේ නිසා රූරැකීමේ දී අකාබනික අපද්‍රව්‍යවලින් තොර සංශුද්ධ TiO_2 නිපදවීමට මේ ක්‍රියාවලිය වැදගත් වේ. එහි දී ප්‍රතිඵල වන Cl_2 වායුව නැවත ක්ලෝරීනීකරණයට භාවිත කරයි. එනිසා මෙහි දී Cl_2 වායුව ප්‍රතිචක්‍රීකරණය වේ.



මේ ක්‍රියාවලිය මගින් කෝක් ඔක්සිකරණය වී වායුගෝලයට CO_2 එක් කිරීම සිදු වේ. එනිසා ක්ලෝරයිඩ් ක්‍රියාවලිය මගින් ගෝලීය උණුසුම වැඩි කිරීමට යම් දායකත්වයක් සැපයේ. 2006 වසරේ දී මේ කර්මාන්ත මගින් වායුගෝලයට මුදාහරින ලද සමස්ත CO_2 ප්‍රමාණය මෙට්‍රික් ටොන් මිලියන 3.6කි. මේ ප්‍රමාණයෙන් අඩක් උෂ්ණත්වය ජනනය සඳහා වූ ඉන්ධන දහනය නිසා ද ඉතිරි ප්‍රමාණය නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලිය නිසා ද ජනනය වී ඇත.

TiO_2 හි ප්‍රයෝජන

- (1) TiO_2 සුදු පැහැතිය. ඒ නිසා තීන්ත, ප්ලාස්ටික් භාණ්ඩ, කඩදාසි ආදියෙහි දීජ්නිමත් සුදු වර්ණය ලබා ගැනීම සඳහා වර්ණකයක් ලෙස TiO_2 යොදා ගැනේ. TiO_2 සතුව ඉහළ වර්තනාංකයක් පැවතීම ද එම සංයෝගය වර්ණකයක් ලෙස යොදා ගැනීම හේතු වී ඇත.
- (2) රසායනිකව අක්‍රිය නිසා ඖෂධ හා දන්තාලේපවල සුදු වර්ණය ලබා දෙන පිණිස වර්ණක ලෙස TiO_2 භාවිත කරයි.
- (3) සූර්ය කිරණවල අඩංගු වූ පාරජම්බුල කිරණ නිසා සමේ පිලිස්සීම් ඇති වීම වැළැක්වීමට ආලේප කරන ද්‍රව්‍ය නිෂ්පාදනය කිරීම සඳහා ද TiO_2 භාවිත කරයි. TiO_2 මගින් ඔබ් කිරණ සම කරා ලඟා වීම වලකනු ලබයි.
- (4) ඇතැම් සූර්යකෝෂ නිෂ්පාදනයට TiO_2 යොදා ගනු ලබයි.

යකඩ නිස්සාරණය

යකඩ නිෂ්පාදනයට අවශ්‍ය අමුද්‍රව්‍ය

- යපස්
- හුනුගල්
- කෝක් (ගල් අඟුරු)
- වාතය

මේ ද්‍රව්‍ය භාවිත කර යකඩ නිස්සාරණය සඳහා යොදා ගන්නා උදුන 'ධාරා උෂ්මකය' ලෙස හඳුන්වයි. ඉහළ උෂ්ණත්වයට ඔරොත්තු දෙන ගඩොළු විශේෂයකින් ධාරා උෂ්මකයේ ඇතුළත ආස්තරණය කර ඇත. ධාරා උෂ්මකයේ ඉහළින් වූ දොරටුව හරහා යපස්, හුනුගල් හා කෝක් මිශ්‍රණය එක් කරයි. ධාරා උෂ්මකයේ පහළින් වාතය සපයනු ලබයි. ධාරා උෂ්මකයේ පහළින් ම ද්‍රව යකඩ ඉවත් වේ. ඉහළින් අපවායුව හිදුනස් වේ. ද්‍රව යකඩ ඉවත් වන මට්ටමට තරමක් ඉහළින් ලෝ ඩොර ඉවත් වේ. ධාරා උෂ්මකය තුළ ගුරුත්වාකර්ෂණය යටතේ ඉහළ සිට පහළට ස්කන්ධ ප්‍රවාහනයක් සිදු වේ. ඒ සමඟ ම සම්පීඩිත වාතය පහළ සිට ඉහළට ගමන් කරයි. ප්‍රතිචිරැද්ධ දිශාව ඔස්සේ ද්‍රව්‍ය පරිවහනය (පහළ සිට ඉහළට හා ඉහළ සිට පහළට) වන නිසා ඝන කලාපය හා වායු කලාපය අතර ප්‍රතික්‍රියා සිදු වීමට ඇති හැකියාව වැඩි වී තිබේ. මෙය උෂ්ණත්ව අනුක්‍රමණයක් පවත්වා ගැනීමට ද හේතු වී ඇත.

යකඩ නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලියේ දී සැලකිලිමත් විය යුතු කරුණු කීපයක් මෙසේ දැක්විය හැකි ය.

- (1) ලෝපස්, කෝක් හා හුනුගල් මිශ්‍රණයේ වූ එක් එක් සංඝටක අතර අනුපාතය
- (2) ඒ අංශුවල විශාලත්වය
- (3) ඒ මිශ්‍රණය ධාරා උෂ්මකයේ ඉහළින් එක් කරන ශීඝ්‍රතාව
- (4) වායු ධාරාව ගලා යන ශීඝ්‍රතාව හා පීඩනය

මෙහි දී කෝක්වල කාර්යභාරය පහත දැක්වේ.

- (1) ඉන්ධනයක් ලෙසට ක්‍රියා කරයි.

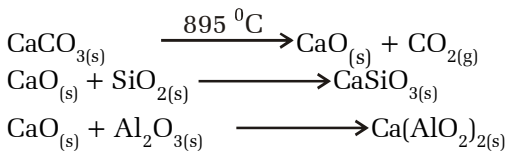
$$C_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + \text{තාපය} \quad \Delta H = -393.5 \text{ kJ}$$
- (2) ඉහළ උෂ්ණත්වයේ දී ඍජු ඔක්සිහාරකයක් ලෙස ක්‍රියා කරයි.

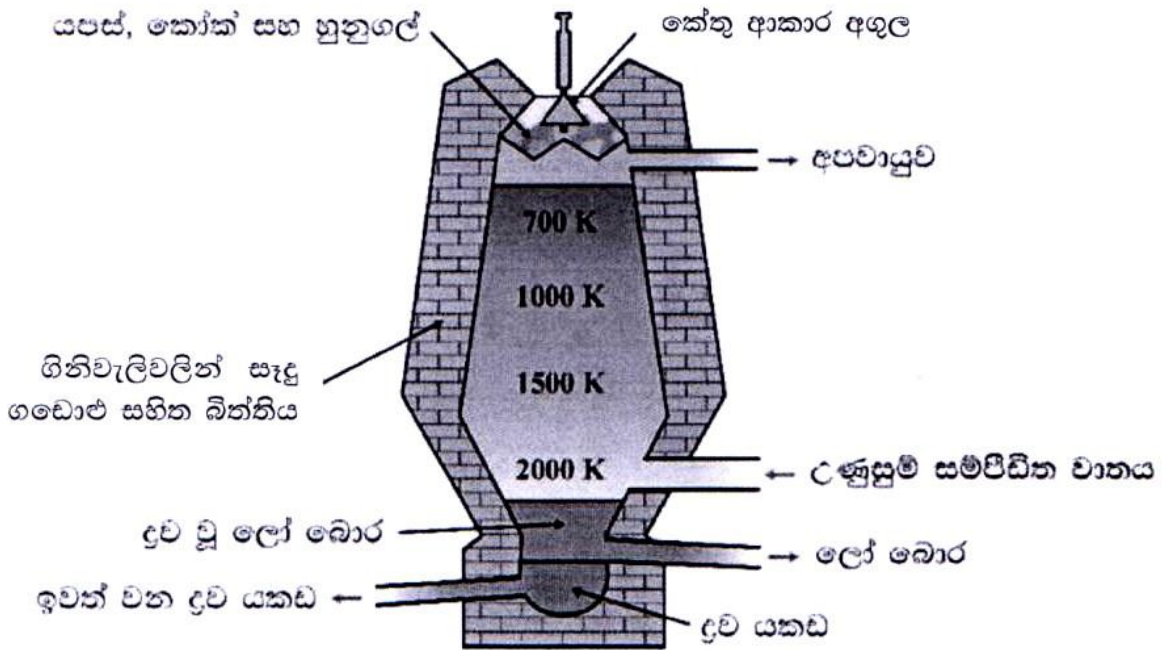
$$FeO_{(s)} + C_{(s)} \longrightarrow Fe_{(l)} + CO_{(g)}$$
- (3) ප්‍රධාන ඔක්සිහාරකය වූ CO ජනනය කරයි.

$$CO_{2(g)} + C_{(s)} \longrightarrow 2CO_{(g)} \quad \Delta H = 172.5 \text{ kJ}$$

ලෝපස් ආශ්‍රිතව වූ සිලිකේට් හා ඇලුමිනේට් ද්‍රව්‍ය අපද්‍රව්‍ය ලෙස යකඩ තුළ තැන්පත් වීම වැළැක්විය යුතු ය. ඒ සඳහා CaCO₃ තාප විඝෝෂනයෙන් ලැබෙන CaO ප්‍රයෝජනවත් වේ.

2021 Revision





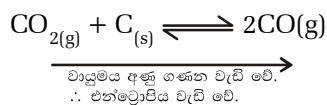
ධාරා උෂ්මකය

මෙලෙස සෑදෙන CaSiO_3 හා $\text{Ca}(\text{AlO}_2)_2$ ලෝහ ධාර ලෙස හඳුන්වයි. ද්‍රව යකඩවල ඝනත්වයට වඩා ලෝ බොරවල ඝනත්වය අඩු ය. ඒ නිසා ද්‍රව යකඩ මත ද්‍රව ලෝ බොර ස්තරය ඇත. ලෝ බොර මගින් ද්‍රව යකඩ පෘෂ්ඨය ආවරණය වන නිසා ද්‍රව යකඩ O_2 සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කිරීමට ඇති ඉඩකඩ අඩු වේ.

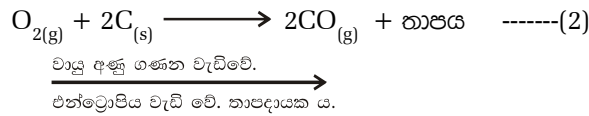
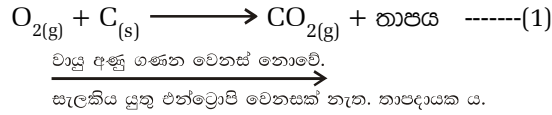
ධාරා උෂ්මකයේ පහළ ප්‍රදේශයෙන් උණුසුම් සම්පීඩිත වාතය ධාරා උෂ්මකය තුළට විදිනු ලබයි. එවිට කෝක් දහනය වන අතර, ඒ දහන ප්‍රතික්‍රියාව වඩාත් වේගවත්ව සිදු වේ. උණුසුම් වාතයේ උෂ්ණත්වය, පීඩනය හා කෝක් අංශුවල විශාලත්වය මත දහන ප්‍රතික්‍රියාවේ වේගය තීරණය වේ.

දහන ප්‍රතික්‍රියාව වේගවත් නිසා හා කෝක් දහනය අධික ලෙස තාපදායක නිසා කෙටි කාලයක් තුළ විශාල තාපයක් මුදා හරියි. ඒ නිසා කෝක් දහනය සිදුවන පාදස්ථ ප්‍රදේශයේ උෂ්ණත්වය එක්වර 1700°C පමණ වූ උෂ්ණත්වයක් කරා ඉහළ යයි. මෙම පාදස්ථ ප්‍රදේශයේ උෂ්ණත්වය ස්ථාවරව පවත්වා ගැනීම කෙරෙහි දහන ප්‍රතික්‍රියාවේ ශීඝ්‍රතාව හා දහනය වන කෝක් ප්‍රමාණය ඉතා වැදගත් සාධක වේ. ඒ සඳහා වාතය පහළ සිට ඉහළට ගලා යන ශීඝ්‍රතාව හා කෝක් සහිත මිශ්‍රණය පහළට ගලා ඒමේ ශීඝ්‍රතා ප්‍රශස්තව පවත්වා ගැනීම වැදගත් වේ.

දහනයේ දී සෑදෙන උණුසුම් CO_2 වායුව ලෝපස් තුළින් ඉහළට ගමන් කරයි. ඉහළ උෂ්ණත්වයේ දී කෝක් (C) සමඟ CO_2 ප්‍රතිවර්තීව ප්‍රතික්‍රියා කරමින් CO සාදයි.

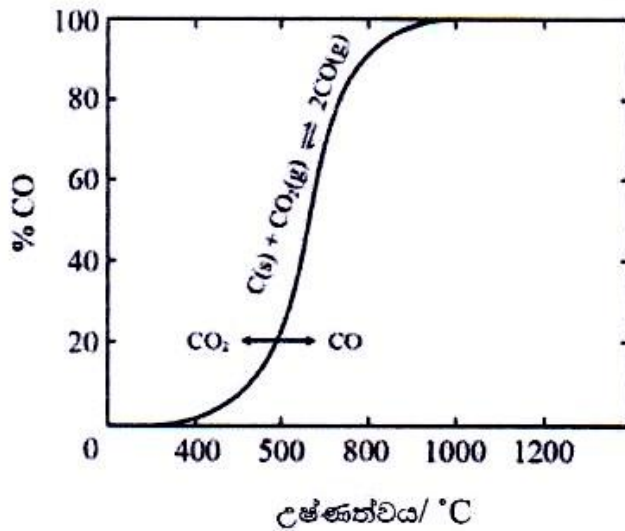


මේ ප්‍රතික්‍රියාව සඳහා ΔS ධන අගයකි (176.5 J). උෂ්ණත්වය වැඩි වන විට $T\Delta S$ හි සංඛ්‍යාත්මක අගයේ විශාලත්වය වැඩි වේ. එබැවින් කෝක් (C) හමුවේ ඉහළ උෂ්ණත්වයේ දී CO_2 වායුව CO බවට ඔක්සිහරණය වීමේ ප්‍රවණතාවක් ඇත. ඉහළ උෂ්ණත්ව තත්ත්ව යටතේ CO වායුව තාපගතිකව ස්ථායී යැයි කිව හැකි ය. උෂ්ණත්වය $1000^\circ C$ පමණ වන විට දී CO_2 ප්‍රමාණය 100% පමණ CO බවට පරිවර්තනය වේ. ඉහත 1.12 රූපය මගින් මේ විචලනය පෙන්නුම් කරයි.



$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

ප්‍රතික්‍රියා දෙක ම තාපදායක නිසා ΔH හි අගය ඍණ වේ. උෂ්ණත්වය වැඩි වන විට දී $T\Delta H$ අගයේ කැපී පෙනෙන වැඩි වීමක් ඇත්තේ 2 වන ප්‍රතික්‍රියාව සඳහා ය. උෂ්ණත්වය සමඟ ΔG හි ඍණ ස්වභාවය කැපී පෙනෙන වැඩි වීමක් 2 ප්‍රතික්‍රියාව සඳහා අපේක්ෂිත ය. උෂ්ණත්වය අඩු වන විට දී CO හි තාපගතික ස්ථායීතාව අඩු වේ, CO_2 හි තාපගතික ස්ථායීතාව වැඩි වේ.



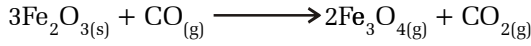
උෂ්ණත්වය ඉදිරියේ CO(g) හි ප්‍රමාණයේ විචලනය

ධාරා උෂ්මකයේ පාදස්ථ ප්‍රදේශයේ උෂ්ණත්වය $1700^\circ C$ තරම් ඉහළ බැවින් සෑදෙන CO_2 වායුව කෝක්, ලෝපස් මිශ්‍රණයේ වූ රක්ත තප්ත වූ (Red hot) කෝක් අංශු සමඟ ගැටෙන විට දී තාප ජනනය කරමින් CO සෑදේ.

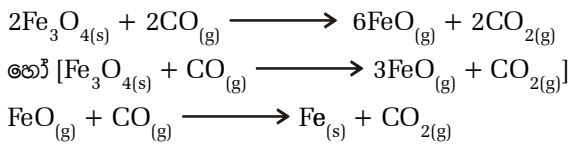
2021 Revision

ධාරා උෂ්මකයේ ඉහළ උෂ්ණත්වයක් ඇති පහළ ප්‍රදේශයේ දී ඇති වූ CO වායුව ලෝපස් සහිත මිශ්‍රණය හරහා ඉහළට යන විට උෂ්ණත්වය අඩු වන නිසා CO හි ස්ථායීතාව අඩු වේ. ඒ නිසා CO වායුව CO_2 වීමේ හැඹුරුතාව වැඩි

වේ. ධාරා උෂ්මකය තුළ කෝක් දහනය වන ප්‍රදේශයේ ඉහළ ප්‍රදේශයේ O₂ වායුව නැති හෙයින් Fe₂O₃ ඔක්සිහරණය කරමින් CO වායුව CO₂ තෙක් ඔක්සිකරණය වේ. එහි ප්‍රතිඵලය ලෙසට Fe₂O₃ ක්‍රමානුකූලව ඔක්සිහරණය වේ. මේ හෙයින්, කුලුන ඔස්සේ ඉහළට යත් ම හා උෂ්ණත්වය අඩු වත් ම CO මගින් ලෝපස්හි වූ Fe₂O₃ ඔක්සිහරණය සිදු වේ. ඒ හිසා 1000 °C ට අඩු උෂ්ණත්වයේ දී පියවර වශයෙන් Fe₂O₃ ඔක්සිකරණය වීම පහත පරිදි දැක්විය හැකි ය:



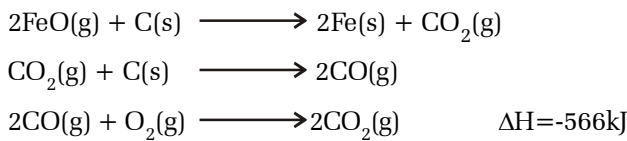
Fe₃O₄ යනු FeO හා Fe₂O₃ හි මිශ්‍රණයක් (ලෝසෝලෝර්ක්) ය. Fe₂O₃ හි +3 ඔක්සිකරණ. අවස්ථාවේ වූ යකඩ ප්‍රමාණයෙන් 33%ක් පමණ +2 තෙක් ඔක්සිහරණය වී ඇත.



Fe₂O₃ භාගිකව ඔක්සිහරණය වෙමින් Fe₃O₄ බවට පත් වන අතර තව දුරටත් ධාරා උෂ්මකයේ වූ මේ මිශ්‍රණය පහළට පැමිණෙයි. එවිට තව දුරටත් CO වායුව සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කර එහි +3 අවස්ථාවේ වූ යකඩ පරමාණු +2 අවස්ථාව තෙක් ඔක්සිහරණය වේ. එහි ප්‍රතිඵලය වූ FeO තවදුරටත් CO වායුව සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කර හිදුනස් යකඩ (Fe) තෙක් ඔක්සිහරණය වේ.

මීට අමතරව CaCO₃ විඝෝජනය 1000 °C ට වඩා අඩු උෂ්ණත්වයේ දී (898 °C) සිදු වේ. එමගින් ජනනය වන CO₂ වායුවට පවා කෝක් සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කර CO ජනනය කිරීමේ හැකියාවක් ඇත. එම සෑදෙන CO පවා කුලුන ඔස්සේ ඉහළට යත්ම ලෝපස්හි Fe₂O₃ සමඟ ප්‍රතික්‍රියාවෙන් CO₂ බවට පත් වීමේ ඉඩ කඩක් ඇත.

1000 °C ඉක්මවූ විට දී, එනම් ධාරා උෂ්මකයේ තරමක් පහළ ප්‍රදේශයේ දී පහත ප්‍රතික්‍රියා සිදු වේ. එහිදී කෝක් ඝෘජුවම FeO ඔක්සිහරණය කරයි.



ධාරා උෂ්මකය තුළ දී, මුළු කෝක් ප්‍රමාණයෙන් කොටසක් දහන ප්‍රතික්‍රියාව සඳහා සහභාගි වේ. තව කොටසක් CO₂ සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කර CO ජනනයට සහභාගි වේ. තවත් ප්‍රමාණයක් FeO ඔක්සිහරණයට සහභාගි වේ. වාතය ඔක්සිකාරකයක් ලෙස ක්‍රියාකර දහන ප්‍රතික්‍රියාව මගින් තාපය ජනනයට හා CO₂ ජනනයට සහභාගි වේ. වැඩිපුර වාතය සැපයීම සිදු වුව හොත් ධාරා උෂ්මකය තුළ දී CO වායුව Fe₂O₃ ප්‍රතික්‍රියා කිරීමට අමතරව O₂ සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කර CO₂ බවට පත් වීම සඳහා තාපගතික වශයෙන් ඉඩකඩක් ඇත. එය අවාසියකි. මේ හිසා යකඩ හිස්සාරණයේ දී වාතයේ පරිමාමිතික ගලා යෑමේ ශීඝ්‍රතාව (volumetric flow rate), ඉහළින් ලෝපස සහිත ඝන මිශ්‍රණය ගලා යෑමේ ශීඝ්‍රතාව ප්‍රශස්ත මට්ටමක පවත්වා ගැනීමට ඉතා වැදගත් වේ. ධාරා උෂ්මකයේ පහළ ප්‍රදේශයේ දී දහනය හිසා O₂ ප්‍රමාණය එක්වර අඩු වන අතර, ඒ ප්‍රමාණයට ගැලපෙන CO₂ ප්‍රමාණයක් ජනනය කරන හෙයින්

2021 Revision

ම වක්වර CO_2 සාන්ද්‍රණය වැඩි වේ. එසේ ම අධික තාපයක් ජනනය වේ. ඉහළ උෂ්ණත්වයක් ඇති ප්‍රදේශයේ වූ මේ CO_2 වායුව පහළට පැමිණෙන ඝන මිශ්‍රණය තුළින් ඉහළට ගමන් කිරීමට නැඹුරු වේ. එනිසා ම ඝන මිශ්‍රණයේ වූ කෝක් සමඟ CO_2 ප්‍රතික්‍රියා කිරීම ඉහළ උෂ්ණත්වයක් පවතින ධාරා උෂ්මකයේ පහළ ප්‍රදේශයේ දී සිදු වේ. මේ නිසා CO_2 සාන්ද්‍රණය ක්‍රමයෙන් අඩු වන විට CO සාන්ද්‍රණය වැඩි වේ. පහළ ප්‍රදේශයේ දී ජනනය වූ CO වායුව පවා පහළට පැමිණෙන ඝන මිශ්‍රණය තුළින් ඉහළට ගමන් කරයි. මේ වන විට ඉහළට යත් ම උෂ්ණත්වය අඩු වීම නිසා CO වායුවේ තාපගතික ස්ථායීතාව අඩු වේ. CO_2 බවට පරිවර්තනය වීමේ ප්‍රවණතාව වැඩි වේ. O_2 වායුව නැති නිසා Fe_2O_3 හි ඔක්සිජන් ලබා ගනිමින් CO වායුව CO_2 බවට ඔක්සිකරණය වේ. එබැවින් ධාරා උෂ්මකයේ ඉහළට යත්ම මේ CO සාන්ද්‍රණය අඩු වෙමින් නැවත CO_2 සාන්ද්‍රණය වැඩි වේ.

කෝක් භාවිත කිරීම නිසා ධාරා උෂ්මකයෙන් නිදහස් වන CO_2 වායුව ගෝලීය උණුසුම වැඩි කිරීමට හේතු වේ. මේ නිසා කෝක් වෙනුවට පුනර්ජනනීය විකල්ප සෙවීම පාරිසරික වශයෙන් වැදගත් වේ. එසේ ම අනවශ්‍ය ලෙස යකඩ භාවිත කිරීමෙන් වැළකීම ද වැදගත් වේ.