1

औद्योगिक गैसें

(INDUSTRIAL GASES)

रासायनिक उद्योग मुख्य रूप से गैसों पर निर्भर होते हैं। गैसें रासायनिक तत्व कार्बन, हाइड्रोजन, ऑक्सीजन तथा नाइट्रोजन से मिलकर बनी होती हैं। इन गैसों का उपयोग ईंधन, (fuel)अकार्बनिक एवं कार्बनिक यौगिकों (inorganic and organic compounds) को बनाने में किया जाता है। इन गैसों के निर्माण में जल, वायु; कोयला, प्राकृतिक गैसें तथा पैट्रोलियम का प्रयोग कच्चे पदार्थों (raw materials) के रूप में किया जाता है। प्राकृतिक गैसें तथा पैट्रोलियम पदार्थ असम (Assam) एवं गुजरात (Gujrat) में पाये जाते हैं। ईंधन गैस का निर्माण कोयले (Coal) से किया जाता है। कोयले (Coal) में कार्बन, ऑक्सीजन तथा हाइड्रोजन के अणु तथा कुछ मात्रा में सल्फर उपस्थित होता है। कुछ गैस जैसे-नाइट्रोजन का उपयोग तेल एवं वसा पदार्थों (oiis and fats) की दुर्गन्ध (rancidity) को रोकने में प्रयुक्त की जाती है। ऑक्सीजन गैस हमारे लिए प्राणवायु का कार्य करती है। इसे विभिन्न श्वसन सम्बन्धी बीमारियाँ जैसे हाइपोक्सीया (Hypoxia), एनोक्सीया (Anoxioa) तथा दमा (Asthma) आदि में प्रयुक्त की जाती है। नाइट्रिक ऑक्साइड गैस का उपयोग निश्चेतक (Anaesthetic) के रूप में किया जाता है। इसका प्रयोग हृदय अवरुद्धता (Myocardial infaraction) में भी किया जाता है। कार्बन डाइ ऑक्साइड तथा ऑक्सीजन के मिश्रण (95 : 5) का प्रयोग कार्बन मोनोआक्साइड (CO) की विषाक्तता (toxicity) को दूर करने में करते हैं।

ऑक्सीजन (Oxygen)

पृथ्वी पर पाये जाने वाले तत्वों में ऑक्सीजन सर्वाधिक प्रचुर मात्रा में पायी जाती है। पृथ्वी भूपर्पटी (Earth Crust) में ऑक्सीजन की मात्रा लगभग 50% है। पृथ्वी पर ऑक्सीजन दो अवस्था में मिलती है—

(1) मुक्त अवस्था (Free State)

(2) संयुक्त अवस्था (Combined State)

मुक्त अवस्था (Free State) : वायु में ऑक्सीजन मुक्त अवस्था में मिलती है। शुष्क वायु का 23% स्वतन्त्र ऑक्सीजन है।

संयुक्त अवस्था (Combined State) : संयुक्त अवस्था में यह यौगिकों (compounds) के रूप में पायी जाती है। संयुक्त अवस्था में यह $CaCO_3$, Fe_2O_3, $MgCO_3$ आदि खनिजों (Minerals) में पायी जाती है। वायुमण्डल में यह स्वतन्त्र अवस्था (free state) में पायी जाती है। परन्तु इसकी सक्रियता (activity) नाइट्रोजन तत्व के कारण कम हो जाती है। अनेक रासायनिक अभिक्रिया में वायु तनु ऑक्सीजन (dilute oxygen) की तरह कार्य करती है। स्वतन्त्र ऑक्सीजन जल में विलीन (soluble) रहती है, इसी कारण जल के अन्दर रहने वाले प्राणी जीवित रहते हैं।

कच्चा माल (Raw Materials)

आयतन (volume) के अनुसार वायु का संघटन निम्न प्रकार है—

N_2	78.03
O_2	20.97
Ar	0.94
H_2	10^{-4}
CO_2	0.02 – 0.07
H_2O	0.01 – 0.03

[illegible] NH_3 तथा सिलिका जैल (silica gel) [illegible]

रासायनिक अभिक्रिया (Chemical Reactions)

CO_2 for scrubbeing tower—

$$2NaOH + CO_2 \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

निर्माण विधि (Method of Production)

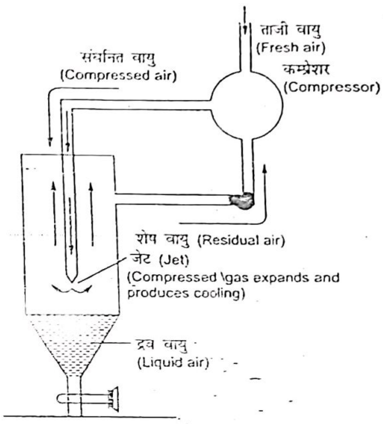
ऑक्सीजन का औद्योगिक निर्माण द्रवण (liquification) तथा प्रभाजी आसवन (fractional distillation) पर आधारित है।

ऑक्सीजन का औद्योगिक निर्माण निम्न दो विधियों द्वारा किया जाता है—

1. लिण्डे फ्रेंकल विधि (Linde Frenkel Method)

1895 में लिण्डे ने गैसों के द्रवीकरण के लिए जूल थामसन प्रभाव का उपयोग करके किया। उन्होंने बताया कि जब संपीड़ित गैस (compressed gas) का प्रसार (expansion) होता है तो अत्यधिक शीतलन (cooling) हो जाता है अर्थात् अत्यधिक ठण्डक हो जाती है। संपीड़ित गैस में अणु बहुत निकट होते हैं तथा उनमें अन्तरा अणुक आकर्षण (intermolecular attraction) अधिक हो जाता है। जैसे-जैसे संपीड़ित गैसें फैलती हैं अर्थात् गैस को जेट में से निम्न दाब वाले क्षेत्र में प्रसारित होने देते हैं तो अणु दूर-दूर हट जाते हैं। अतः इस प्रकार करने में अन्तरा अणुक आकर्षण का प्रतिरोध करने के लिए ऊर्जा की हानि होती है तथा यह ऊर्जा गैस द्वारा ही उपलब्ध होती है। जिसके फलस्वरूप

गैस ठण्डी हो जाती है। लिण्डे ने गैसों के द्रवीकरण के लिए निम्न उपकरण का प्रयोग किया।



चित्र 1.1—गैसों का द्रवीकरण की लिण्डे विधि

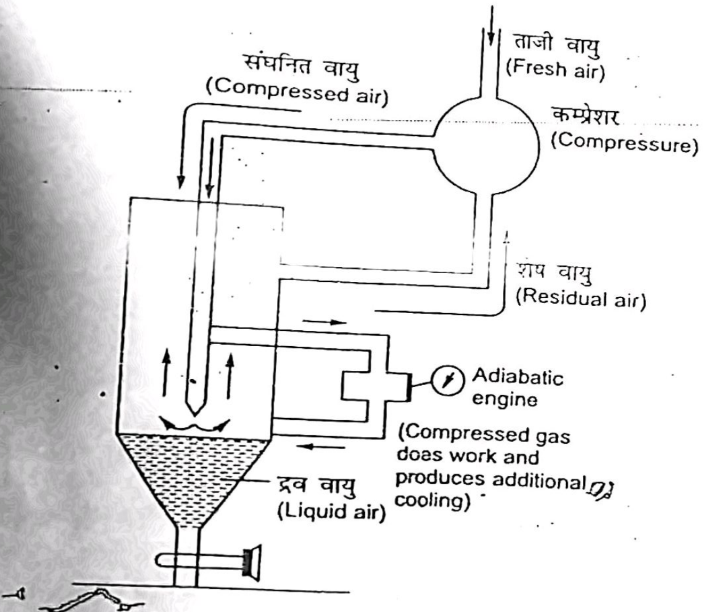
200 वायुमण्डलीय दाब पर शुद्ध शुष्क वायु को जल शीतित नलिकाओं से गुजारते हैं जिससे संपीड़न की ऊष्मा (compression of heat) दूर हो जाये। इस संपीड़ित वायु को सर्पिल पाइप (spiral pipe) से गुजारते हैं जिसके सिरे पर एक जेट होता है इसी से वायु बाहर निकलती है। जेट के सिरे पर वायु के मुक्त प्रसार (free expansion) के कारण ताप अत्यधिक कम हो जाता है। शीतलित वायु जो अब एक वायुमण्डलीय दाब पर है ऊपर उठती है तब सरपिल पाइप में से अन्दर आने वाली संपीड़ित गैस को ठण्डी करती हुई संपीड़ित (compresses pipe) में पहुंच जाती है। इस प्रकार बार-बार संपीड़ित तथा प्रसार के कारण ताप इतना कम हो जाता है कि द्रव वायु प्राप्त हो जाती है।

हाइड्रोजन तथा हीलियम गैसों का द्रवण करना असम्भव है क्योंकि मुक्त प्रसार के पश्चात् ये गैसें तुरन्त गर्म हो जाती हैं क्योंकि इनका व्युत्क्रमण ताप (inversion temperature) बहुत कम होता है। किसी गैस का व्युत्क्रमण ताप वह ताप होता है जिससे नीचे गैस प्रसारित होने पर ठण्डी होती है।

2. क्लाउडे विधि (Claude's Method)

गैसों के द्रवीकरण के लिए यह विधि लिण्डे की विधि की तुलना में अच्छी है क्योंकि इस विधि में शीतलन (cooling) अधिक होता है। क्लाउडे विधि में संपीड़ित वायु को प्रसार इंजन के सिलिण्डर में प्रसारित होकर यान्त्रिक कार्य (Mechanical work) करने दिया जाता है। इस विधि में गैस न केवल अन्तरा अणुक बलों का अतिक्रमण करने में सहायक होती है, बल्कि इंजन को चलाने के लिए भी आवश्यक है। शीतलित वायु को अन्दर लाने वाली कुण्डली के चारों तरफ परिसंचरित (circulate) करते हैं जिससे अधिक शीतलन हो।

क्लाउडे विधि में प्रयुक्त उपकरण चित्र 1.2 में प्रदर्शित है।



चित्र 1.2—गैसों का द्रवीकरण की क्लाउडे विधि

इस विधि में संपीड़ित गैस को एक पाइप से गुजारते हैं जो दो भागों में विभाजित हो जाती है। इसका एक भाग प्रसार इंजन (expansion engine) में जाता है। जहाँ पर यह फैल जाती है और पिस्टन को चलाने का कार्य करती है तथा ठण्डी होकर द्रवीकरण कक्ष (liquificaiton chamber) में पहुंच जाती है तथा नीचे आने वाली संपीड़ित गैस को ठण्डा करती है। यह गैस जेट में से निकलने पर और अधिक ठण्डी होकर द्रवित हो जाती है। जो गैस द्रवित नहीं हो पाती है। वह संपीडन पम्प में पुनः पहुंचती है और इस प्रकार यह प्रक्रिया बार-बार होती रहती है।

3. केलॉग विधि (Kallogg Method)

उच्च शुद्धता की ऑक्सीजन प्राप्त करने के लिए चक्र

(Cycle for Producing High Purity Oxygen)

उच्च शुद्धता की ऑक्सीजन को प्राप्त करने के लिए केलाग विधि (Kellogg Process) का प्रयोग किया जाता है। Kellogg तथा Linde Frankel cycle में मुख्य अन्तर यह है कि इसमें recuperative reversing heat exchanger का प्रयोग है। ये मुख्य रूप से concentric triple tube design द्वारा निर्मित होते हैं तथा इसमें उच्च शुद्धता की ऑक्सीजन आन्तरिक ट्यूब (inner tube) के अन्दर प्रविष्ट करती है। यह आन्तरिक ट्यूब कभी भी आने वाली वायु के सम्पर्क में नहीं आती। इसको recuperative heat exchanger के नाम से जाना जाता है। Reversing principle का प्रयोग आने वाली वायु से CO_2 तथा H_2O को दूर (remove) करना होता है।

Oxygen का Flow diagram चित्र 1.3 में प्रदर्शित है।

भौतिक गुण (Physical Properties)

इसका अणुभार [illegible] 16 होता है। ऑक्सीजन गैस रंगहीन (colourless), स्वादहीन [illegible] गंधहीन (odourless) [illegible] गैस है जो हाइड्रोजन से 15.88 गुणा अधिक भारी है। द्रव तथा ठोस अवस्था में इसका नीला रंग (blue colour) होता है। इसका क्वथनांक (B.P.) – 183°C तथा गलनांक (M.P.) – 218.8°C होता है। यह जलने (combustion) में सहायक है। द्रव ऑक्सीजन अनुचुम्बकीय (Paramagnetic) होती है। द्रवित ऑक्सीजन का घनत्व 1.13 होता है। आयतन के अनुसार 20.95% ऑक्सीजन शुष्क वायु में पायी जाती है।

ऑक्सीजन के उपयोग (Uses of Oxygen)

ऑक्सीजन के उपयोग निम्नलिखित हैं—

(1) यह हमारे लिए प्राण वायु का कार्य करती है।

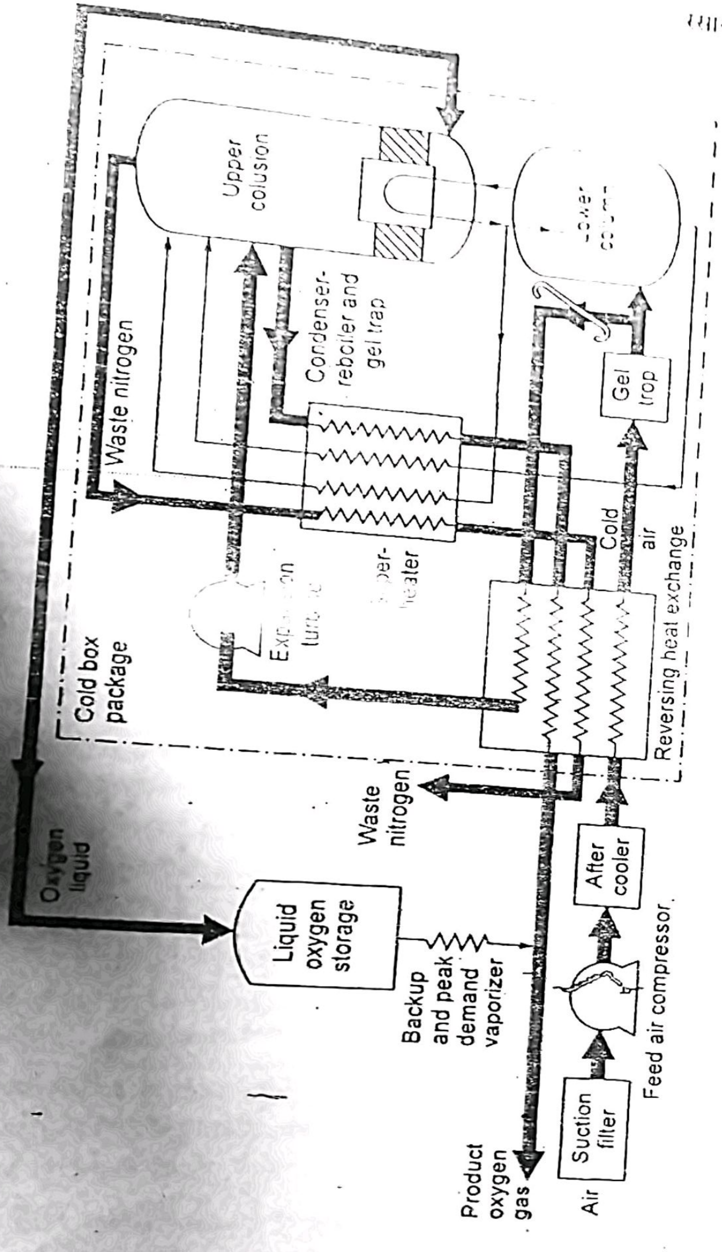
(2) यह जीव जन्तुओं की कोशाओं में ऊर्जा संश्लेषण के लिए आवश्यक है।

(3) उच्च शुद्धता वाली ऑक्सीजन का प्रयोग धातुओं की वेल्डिंग तथा काटने (welding and cutting) हेतु किया जाता है।

(4) निम्न शुद्धता वाली ऑक्सीजन का प्रयोग वात्या भट्टी (blast furnace) में किया जाता है।

(5) विभिन्न रासायनिक ऑक्सीकरण प्रक्रिया में भी इसका प्रयोग किया जाता है।

(6) इसका प्रयोग ऑक्सीकारक (oxidising) के रूप में किया जाता है।



चित्र 1.3 O_2 उत्पादन का रेखाचित्र (Flow Diagram of O_2 Production)

हाइड्रोजन (Hydrogen)

हेनरी केवेंडिश (Henry Cavendish) (1731–1810) ने 1766 ई० में हाइड्रोजन को शुद्ध अवस्था में प्राप्त किया। 1783 में फ्रान्सीसी रसायनज्ञ लेवायजियर (Lavoisier) ने इस हाइड्रोजन का नाम दिया। हाइड्रोजन शब्द ग्रीक शब्द (Greek Word) के दो शब्दों से मिलकर बना है जिसका अर्थ है—जल का निर्माणकर्ता।

पृथ्वी पर हाइड्रोजन स्वतन्त्र अवस्था में विद्यमान रहती है किन्तु वायुमण्डल में अल्प मात्रा में पायी जाती है। जल एवं प्राकृतिक तेल तथा गैस एवं अन्य कार्बनिक पदार्थ में हाइड्रोजन अत्यधिक मात्रा में पायी जाती है। पृथ्वी की पपड़ी (earth's curst) में इसकी मात्रा 1% से कम होती है।

हाइड्रोजन बनाने की व्यवसायिक विधियां (Industrial Process of Hydrogen) :

हाइड्रोजन का औद्योगिक निर्माण पानी (water) द्वारा किया जाता है। हाइड्रोजन के व्यवसायिक निर्माण की कई विधियाँ हैं लेकिन इनमें कुछ विधियाँ निम्नलिखित हैं—

(1) धात्वीय लोहे पर पानी की अभिक्रिया से या लेन की विधि

(2) विद्युत अपघटन द्वारा।

(3) वाटर गैस की औद्योगिक निर्माण विधि से बने उत्पाद हाइड्रोजन के पृथक्करण द्वारा।

(1) लेन की विधि (Lane Process)

इस विधि में तप्त आयरन के ऊपर जल वाष्प प्रवाहित की जाती है तब निम्न समीकरण के अनुसार हाइड्रोजन (Hydrogen) गैस बनती है—

$$3Fe + 4H_2O \longrightarrow Fe_2O_3 + 4H_2$$

अब प्राप्त फैरिक आक्साइड (Fe_2O_3) को अपचयित (Reduced) कर पुनः लोहे (iron) को प्राप्त किया जाता है।

$$Fe_3O_4 + 4CO \longrightarrow 3Fe + 4CO_2\uparrow$$

(2) विद्युत अपघटन द्वारा (By Electrolytic Method)

इस विधि द्वारा उच्च शुद्धता की हाइड्रोजन प्राप्त होती है। जल जिसमें क्षार की अल्प मात्रा (15–25%) विद्यमान हो, विद्युत धारा (electric current) प्रवाहित कर हाइड्रोजन प्राप्त की जाती है। जल का अपघटन (decomposition) निम्न समीकरण द्वारा होता है—

$$2H_2O\,(l) \longrightarrow 2H_2(g) + O_2(g); \quad \Delta H = +569\ KJ$$

सामान्य तापक्रम पर विद्युत अपघटन के लिए 1.23 volt की विद्युत धारा प्रवाहित की जाती है। इस विधि में आयरन (Iron) का प्रयोग कैथोड इलेक्ट्रोड के रूप में तथा निकिल लेपित इलेक्ट्रोड का प्रयोग ऐनोड के रूप में करते हैं। इन दोनों इलेक्ट्रोड को पृथक

(separate) करने के लिए एस्बेस्टस डायफ्राम (Asbestos diaphram) का प्रयोग किया जाता है। इस विधि में 60 से 70°C तापक्रम की आवश्यकता होती है लेकिन युक्त एनोड इलेक्ट्रोड पर ऑक्सीजन गैस तथा हाइड्रोजन आयन युक्त कैथोड इलेक्ट्रोड पर प्राप्त होती है। विद्युत अपघटन विधि द्वारा 56 लीटर हाइड्रोजन गैस प्राप्त होती है। यह गैस 99.7% शुद्ध होती है तथा हाइड्रोजनीकरण युक्त खाने योग्य तेल के लिए उपयोगी है। हाइड्रोजन गैस को सोडियम क्लोराइड के जलीय विलयन द्वारा भी प्राप्त किया जा सकता है।

स्टीम हाइड्रोकार्बन रिफॉर्मिंग विधि (Steam Hydrocarbon Reforming Process) : इस विधि में जल वाष्प (steam) तथा हाइड्रोकार्बन के मिश्रण की उत्प्रेरकी अभिक्रिया (crotodlytically reaction) द्वारा हाइड्रोजन गैस बनायी जाती है। अभिक्रिया निम्न प्रकार है—

$$C_nH_m + nH_2O \longrightarrow nCO + \left(\frac{m}{2} + n\right) H_2$$

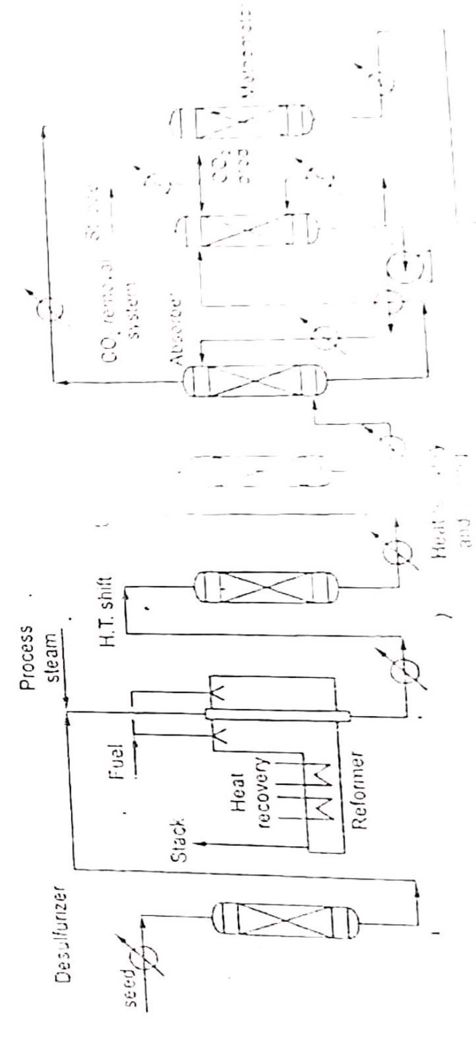
$$CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + H_2$$

इस विधि में हल्के हाइड्रोकार्बन (light hydrocarbons) का प्रयोग किया जाता है। प्राकृतिक गैस, प्रोपेन, ब्यूटेन आदि का प्रयोग किया जाता है। नैफ्था (Naphtha) का प्रयोग उत्[illegible] किया जाता है।

प्रथम अभिक्रिया रिफॉर्मिंग अभिक्रिया (reforming reaction) है तथा यह अभिक्रिया ऊष्माशोषी (endothermic) है। इस अभिक्रिया में उच्च ताप तथा निम्न दाब की आवश्यकता होती है। सामान्यतः अधिक वाष्प (steam) का प्रयोग किया जाता है। इसका मुख्य उद्देश्य कार्बन मोनोऑक्साइड के निर्माण को कम करना है जिससे कि अभिक्रिया पूर्ण हो सके।

द्वितीय अभिक्रिया Water gas shift अभिक्रिया है यह ऊष्माक्षेपी (exothermic) अभिक्रिया है। इस अभिक्रिया के लिए निम्न ताप (low temperature) की आवश्यकता होती है लेकिन इस अभिक्रिया पर दाब (Pressure) का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। इस अभिक्रिया में अधिक वाष्प की आवश्यकता होती है। उत्प्रेरक का प्रयोग किया जाता है। उपरोक्त दोनों अभिक्रियायें (steam reforming furnace) में 760 से 980°C तापक्रम पर होती है। प्राप्त गैस (Gas) का संघटन, प्रयुक्त विधि (Process) पर निर्भर करता है, इसके द्वारा उत्प्रेरक बैड (Catalyst bed) के द्वारा अभिक्रिया की साम्यावस्था (equilibrium) तथा वेग (velocity) निर्धारित होता है। प्राप्त गैस में प्रायः 75% हाइड्रोजन, 8% कार्बन मोनो आक्साइड तथा 15% CO_2 गैस होती है तथा शेष नाइट्रोजन तथा मीथेन (methane) गैस होती है जो कि अपरिवर्तित (unconverted) रहती है।

हाइड्रोजन गैस के अतिरिक्त उत्पादन के लिए water gas shift conversion की प्रावस्था (stage) को रिफार्मर (Reformer) द्वारा पृथक किया जाता है। अतिरिक्त वाष्प (steam) भेजी जाती है तथा साम्यावस्था स्थापित करने के लिए तापक्रम को 315°C से



चित्र 1.4 हाइड्रोजन उत्पादन का रेखाचित्र (Flow Diagram of H_2 Production)

370°C तक कर दिया जाता है। इस अवस्था में 80 से 95% तक कार्बन मोनोऑक्साइड (CO), कार्बन डाइ आक्साइड में अपचयित (reduce) हो जाती है।

Hydrogen का Flow diagram चित्र 1.4 में प्रदर्शित है।

(3) कोल गैसीकरण विधि (Coal Gasification Proces) :

कोयले का प्रयोग हाइड्रोजन बनाने के उत्पादन में किया जाता है। कोयले के भंजक आसवन (destructive distillation), से कोक, कोल गैस तथा कोल तार प्राप्त होता है। कोल गैस में आयतन के अनुसार 50% हाइड्रोजन गैस होती है।

उत्प्रेरक (Catalyst) : हाइड्रोजन गैस के निर्माण में प्रयुक्त अभिक्रियाओं में विभिन्न उत्प्रेरकों (various catalysts) का प्रयोग किया जाता है जैसे स्टीम हाइड्रोकार्बन रिफार्मिंग में निकिल, कार्बन मोनोऑक्साइड को परिवर्तित करने के लिए आयरन आक्साइड (iron oxide), मीथेनीकरण (Methanation) की क्रिया के लिए निकिल तथा अमोनिया भंजक निर्माण के लिए निकिल (nickel) आदि।

हाइड्रोजन का शुद्धीकरण (Hydrogen Purification)

(1) कार्बन मोनोऑक्साइड को दूर करना (Removal of CO) : Water gas shift अभिक्रिया में [illegible] अपचयित (reduce) [illegible] परिवर्तित होती है। इसे दूर [illegible] संकीर्ण कापर अमोनियम लवण का प्रयोग [illegible] चाहिए।

(2) कार्बन डाइ ऑक्साइड तथा हाइड्रोजन सल्फाइड को दूर करना (Carbon Monoxide and Hydrogen Sulphide Removal) : हाइड्रोजन गैस में कार्बन डाइऑक्साइड तथा हाइड्रोजन सल्फाइड अशुद्धियों के रूप में होती है। H_2S गैस को दूर करने के लिए इसे लेड नाइट्रेट (Lead Nitrate) के विलयन में प्रवाहित करते हैं जिससे यह PbS के रूप में अवक्षेपित हो जाता है। KOH विलयन के द्वारा CO_2, NO_2 तथा SO_2 को दूर किया जा सकता है।

$$Pb(NO_3)_2 + H_2S \longrightarrow PbS + 2HNO_3$$

(3) नमी को दूर करना (Removal of Moisture) : P_2O_5 का प्रयोग कर नमी को शोषित किया जा सकता है।

(4) आर्सीन गैस को दूर करना (Removal of Arsine) : हाइड्रोजन गैस में उपस्थित आर्सीन (AsH_3), फास्फीन (PH_3) तथा हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S) की अशुद्धियों (impurities) को सिल्वर नाइट्रेट विलयन से दूर किया जाता है।

हाइड्रोजन के भौतिक गुण (Physical Properties of Hydrogen)

(1) यह रंगहीन, स्वादहीन तथा गन्धहीन गैस है।

(2) यह गैस ज्ञात गैसों में हल्की गैस है।

(3) इस हाइड्रोजन का घनत्व .076 है अतएव इसका परमाणु आयतन 14.076 होता है।

(4) इसके क्रिस्टल रंगहीन होते हैं लेकिन उनमें धात्विक चमक (metallic lustre) नहीं होती।

(5) इसका क्वथनांक – 252.5°C तथा गलनांक – 257°C है।

हाइड्रोजन गैस के प्रयोग (Uses of Hydrogen gas)

यह विभिन्न रासायनिक तथा पेट्रोलियम उद्योगों में गैसीय कच्चे पदार्थों के रूप में प्रयुक्त की जाती है। इस गैस के उपयोग निम्नलिखित हैं—

(1) हाइड्रोजन का प्रयोग मेथिल एल्कोहल (methyl acohol) के व्यावसायिक निर्माण में किया जाता है।

(2) चूने के प्रकाश के उत्पादन में ऑक्सी हाइड्रोजन ज्वाला का प्रयोग होता है। इस ज्वाला का प्रयोग प्लेटिनम धातु को गलाने तथा जोड़ने, संगलित क्वार्टज आदि धातु को जोड़ने में किया जाता है।

(3) अमोनिया के उत्पादन में [illegible]।

(4) अपचायक (Redu[illegible]) [illegible]।

(5) वाटर गैस (हाइड्रोजन तथा कार्बन मोनो ऑक्साइड का मिश्रण) के काम आती है।

(6) तेलों से वनस्पति घी बनाने में।

नाइट्रोजन (Nitrogen) – CH

नाइट्रोजन प्रत्येक जीवन का एक आवश्यक तत्व है। नाइट्रोजन गैस वायु में प्रचुर मात्रा में पायी जाती है। आयतन के अनुसार वायुमण्डल में इसकी मात्रा 78.06% है। संयुक्त अवस्था में यह नाइट्रेटों (Nitrates) तथा KNO_3 के रूप में पायी जाती है। पौधों एवं जन्तुओं के द्वारा उत्सर्जित पदार्थों, मृत शरीर आदि के साथ-साथ वायुमण्डल की नाइट्रोजन यौगिकों में परिवर्तित होकर भूमि में ही रहती है। मिट्टी में यह अमोनियम लवण एवं नाइट्राइट के रूप में उपस्थित रहती है।

निर्माण विधि (Process Description)

नाइट्रोजन का मुख्य स्रोत वायु है। वायु में यह कार्बनडाइ ऑक्साइड तथा ऑक्सीजन के साथ मिली रहती है। कार्बन डाइआक्साइड को कास्टिक पोटाश में प्रवाहित कर दूर करते हैं तथा ऑक्सीजन को फॉस्फोरस (Phosphorous) जलाकर या शुष्क वायु को गर्म आयरन (iron) पर प्रवाहित करके दूर कर सकते हैं।

व्यापारिक रूप में नाइट्रोजन को बनाने के लिए द्रव हवा (liquid air) का प्रभाजी-वाष्पन (fractional evaporation) किया जाता है। द्रव हवा में मुख्य रूप से द्रव नाइट्रोजन तथा द्रव ऑक्सीजन होते हैं। ऑक्सीजन तथा नाइट्रोजन के क्वथनांकों (boiling points) में 12.6°C का अन्तर (difference) होता है।

नाइट्रोजन गैस बनाने की विधि का विस्तृत वर्णन ऑक्सीजन की व्यापारिक निर्माण विधि में किया गया है।

नाइट्रोजन के भौतिक गुण (Physical Properties of Nitrogen)

(1) यह रंगहीन, गंधहीन तथा स्वादहीन गैस है।

(2) यह दहन (combustion) तथा श्वसन (respiration) में सहायक नहीं है।

(3) इसका क्रान्तिक ताप (critical temperature) 147.13°C है तथा क्रान्तिक दाब (critical pressure) 33.40 Atm है।

(4) यह जल में अल्प विलेय (sparingly soluble) है।

(5) यह धातुओं (metals) से क्रिया कर नाइट्राइड (Nitride) बनाती है।

$$3Mg + N_2 \longrightarrow \underset{\text{Magnesium Nitride}}{Mg_3N_2}$$

(6) यह अधातुओं (Non-metals) के साथ क्रिया कर नाइट्रिक ऑक्साइड (Nitric oxide) बनाती है।

$$N_2 + O_2 = 2NO - 43.2 \text{ cals}$$

नाइट्रोजन के उपयोग (Uses of Nitrogen)

इसके उपयोग निम्नलिखित हैं—

(1) यह अमोनिया का निर्माण, नाइट्रिक अम्ल, अमोनियम नाइट्रेट, सायनामाइड आदि बनाने में प्रयुक्त की जाती है।

(2) यह ऑक्सीजन को तनु (dilute) करने में प्रयुक्त की जाती है।

(3) तरल नाइट्रोजन (liquid Nitrogen) का प्रयोग क्रायोस्कोपिक चिकित्सा (cryoscopic surgery) में ट्यूमर (Tumour) हटाने तथा transportation industry में refrigerative के रूप में किया जाता है।

(4) नाइट्रोजन, वनस्पतियों एवं प्राणियों के शरीर का आवश्यक अंग है।

कार्बन डाइऑक्साइड (Carbon dioxide)

कार्बन डाइआक्साइड का प्रयोग गैस (gas), द्रव (liquid) तथा ठोस (solid) तीनों अवस्था में किया जाता है। प्रकृति में इसकी मात्रा 0.03% होती है।

(1) गैस अवस्था में (Gases Form)

यह शर्करा मद्य निर्माण (wine) आदि बनाने में प्रयुक्त की जाती है। विभिन्न उद्योगों (industry) जैसे सफेद उद्योग (white lead), सोडियम कार्बोनेट, आदि के निर्माण में प्रयुक्त की जाती है।

(2) द्रव अवस्था में (Liquid Form)

यह प्रशीतक (Refrigerent) तथा अग्निशामक (Fire extinguisher) के रूप में

प्रयुक्त की जाती है। इस गैस को वायुमण्डलीय दाब (55 Atm) पर इस्पात (steel) के सिलेण्डरों (cylinders) में संपीडित (compressed) किया जाता है।

(3) ठोस अवस्था में (Solid Form)

द्रवित गैस पर जब दाब एकाएक कम कर दिया जाता है तो यह बर्फ (snow) के रूप में जम जाती है। शुष्क बर्फ (CO_2 का ठोस रूप) का घनत्व (density) 1.4 होता है।

कार्बन डाइ ऑक्साइड का निर्माण (Manufacture of CO_2)

कार्बन डाइआक्साइड का निर्माण कई विधियों द्वारा किया जाता है परन्तु निम्नलिखित विधियाँ इसके निर्माण में प्रयुक्त की जाती हैं—

(1) किण्वन द्वारा (By Fermentation)

(2) प्राकृतिक गैस द्वारा (Substitute Natural Gas)

(3) प्राकृतिक कुओं द्वारा (From Natural Wells)

(1) किण्वन द्वारा (By Fermentation)

किण्वन उद्योग द्वारा कार्बन डाइऑक्साइड गैस का निर्माण किया जाता है। किण्वन प्रक्रिया में शीरे में विद्यमान शर्करा (sugar) अपघटित (decompose) होकर एल्कोहल तथा CO_2 में परिवर्तित हो जाती है।

$$\underset{\text{Glucose}}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow$$

इसमें अशुद्धि के रूप में जल, ऐल्कोहल, ऐल्डिहाइड तथा ऐस्टर आदि विद्यमान होते हैं। इनको दूर करने के लिए किण्वन टैंकों से प्राप्त गैसों को वायुमण्डलीय दाब पर संपीडित कर, जल से धोते हैं। अब इन गैसों को कैल्शियम क्लोराइड ($CaCl_2$) से भरे टॉवर से गुजारा (Pass) किया जाता है। अब इसे पुनः सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल (Conc. H_2SO_4) टॉवर से गुजार कर शुष्क (dry) कर लिया जाता है। अम्ल के अंश गैस को पेट्रोलियम में गुजारने पर पृथक (separate) हो जाते हैं। अब इस गैस को 60 अथवा 70 वायुमण्डलीय दाब पर संपीडित (compressed) करके इसके क्रान्तिक बिन्दु (critical temperature) (31°C) से कम ताप पर ठण्डा करते हैं।

(2) प्राकृतिक गैस द्वारा (By Natural Gas)

प्राकृतिक गैसों अथवा कोक (coke) को 1380 KPa पर जलाया जाता है तो 10—15% CO_2 गैस प्राप्त होती है।

दहन (combustion) के पश्चात् अपशिष्ट पदार्थों को फ्लू गैस (Flue gas) कहते हैं। फ्लू गैस में CO_2 के अतिरिक्त CO, तथा H_2S गैस भी होती है।

कार्बन डाइ ऑक्साइड गैस के निर्माण में प्रयुक्त संयन्त्र (Plant) के निम्नलिखित भाग होते हैं—

(1) ऑक्सीकरण कक्ष (Oxidation chamber)

(2) अपघटक (Decomposer)

(3) स्क्रबर (Scrubber)

(4) अवशोषण टॉवर (Absorption Tower)

(1) ऑक्सीकरण कक्ष (Oxidation Chamber)

सर्वप्रथम कार्बन डाइ ऑक्साइड गैस को इथेनॉल अमीन के जलीय विलयन में अवशोषण (absorption) किया जाता है। अब CO_2 ethanol amine विलयन को steam heated reactivator में भेजा जाता है। CO_2 तथा जलवाष्प, reactivator के ऊपर से निकल CO_2, cooler कक्ष के माध्यम से संघनित (condense) हो जाती है। इसके पश्चात् यह रिफलक्स (reflux) टॉवर में चली जाती है। ऑक्सीकरण कक्ष में CO का CO_2 में ऑक्सीकरण होता है तथा H_2S गैस का SO_2 गैस में ऑक्सीकरण हो जाता है।

(2) अपघटक (Decomposer)

अपघटक एक टैंक होता है जिसमें अवशोषण टॉवर (absorption tower) से प्राप्त पोटेशियम बाइकार्बोनेट ($KHCO_3$) का विलयन भरा रहता है। यहाँ पर $KHCO_3$ उपलब्ध ... CO_2 गैस को मुक्त (free) करती है।

$$2KHCO_3 \longrightarrow K_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

(3) स्क्रबर (Scrubber)

स्क्रबर (Scrubber) में पोटेशियमं डाइक्रोमेट ($K_2Cr_2O_7$) का विलयन होता है तथा एल्डिहाइड अशुद्धियाँ (impurities) ऑक्सीकृत (oxidised) हो जाती हैं। द्वितीय स्क्रबर में सल्फ्यूरिक-अम्ल होता है। यहाँ पर ऑक्सीकरण की प्रक्रिया (process) पूर्ण होती है।

(4) अवशोषण टॉवर (Absorption Tower)

ठण्डी तथा शुद्ध गैसों को अवशोषण टॉवर (Absorption Tower) में प्रविष्ट कराया जाता है। अवशोषण टॉवर में Na_2CO_3 का विलयन होता है। इस टॉवर में अम्ल उदासीन (neutral) हो जाता है तथा CO_2 गैस मुक्त हो जाती है।

प्राकृतिक गैस द्वारा कार्बन डाइ ऑक्साइड का रेखाचित्र (flow chart) निम्न प्रकार है—

कार्बन डाइ आक्साइड के भौतिक गुण (Physical Properties)

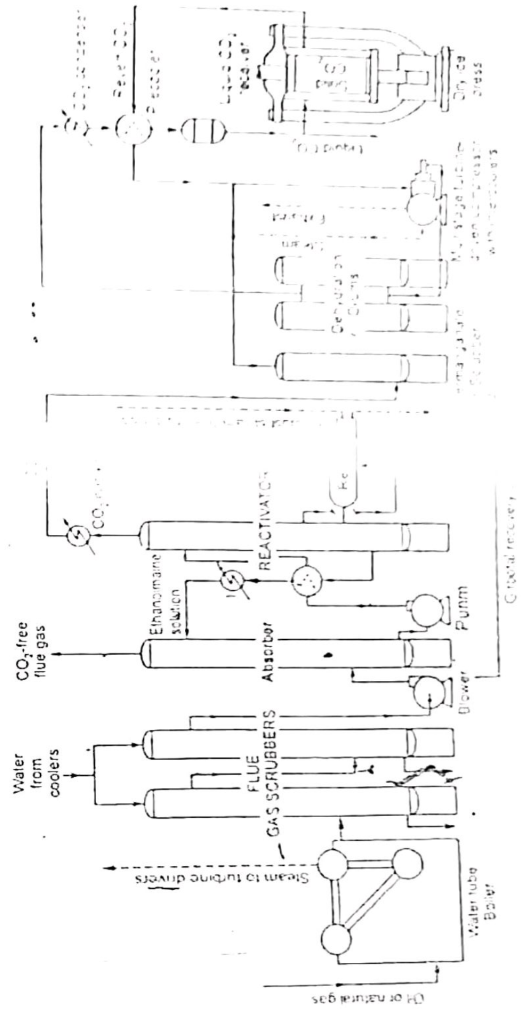
(1) यह रंगहीन एवं गन्धहीन गैस है।

(2) यह जल में अल्प विलेय (Less soluble) है।

(3) यह अत्यन्त स्थायी गैस है तथा शीघ्रता से अपघटित नहीं होती।

(4) यह जीवन अथवा दहन में सहायक नहीं है।

(5) यह 31°C ताप पर तथा 72 वायुमण्डलीय दाब (Atmospheric pressure) पर द्रवीभूत (liquified) हो जाती है।



चित्र 1.5 ईंधन तेल अथवा प्राकृतिक गैस में CO_2 गैस उत्पादन का रेखाचित्र (Flowchart for CO_2 from fuel oil or natural gas.)

(6) यह बर्फ से $1\frac{1}{2}$ गुना भारी (heavy) होती है।

कार्बन डाइ ऑक्साइड के उपयोग (Uses of Carbon dioxide)

(1) यह सोडा वाटर, लैमोनेड आदि पेयों के उद्योगों में प्रयुक्त की जाती है।

(2) गैसीय अवस्था में इसका उपयोग रासायनिक उद्योगों जैसे सफेद (white lead) Na_2CO_3 तथा सैलिसिलिक अम्ल (salicyclic acid) बनाने में किया जाता है।

(3) ठोस अवस्था में यह रेफ्रिजरेटिंग (refrigerating) तथा आइसक्रीम को जमाने (freezing ice cream) में प्रयुक्त की जाती है।

(4) यह chilling aluminium rivets तथा shrink-fitting machine part में प्रयुक्त की जाती है।

(5) यह अम्ल क्षार नियन्त्रक के रूप में कार्य करता है।

(6) यह घोल रूप में (in form of solution) अथवा बाइकार्बोनेट (bicarbonate) अथवा कार्बोनेट रूप में (carbonate) में प्रयुक्त की जाती है।

प्रश्नावली

1. ऑक्सीजन का आद्योगिक निर्माण किस प्रकार किया जाता है? लिण्डे फ्रंकेल विधि का वर्णन कीजिए।
2. उच्च शुद्धता की ऑक्सीजन को प्राप्त करने वाले रेखाचित्र का वर्णन कीजिए।
3. कार्बन डाई आक्साइड गैस का औद्योगिक निर्माण प्राकृतिक गैस द्वारा किस प्रकार किया जाता है?
4. प्राकृतिक गैस से CO_2 गैस उत्पादन का रेखाचित्र बनाइए।

2

उर्वरक उद्योग

(FERTILIZER INDUSTRY)

प्रत्येक पेड़ पौधों को जीवित रहने के लिए वायु, जल, सूर्य का प्रकाश, अकार्बनिक तत्व जैसे C, H, N, K, Ca, Mg, Zn तथा Fe आदि तत्वों की आवश्यकता होती है। इसके अतिरिक्त कार्बनिक पदार्थ एवं रासायनिक उर्वरक (chemical fertilizer) भी पृथ्वी में मिले रहते हैं।

पेड़ पौधे अपने पोषक तत्वों को मुख्यतः भूमि से जड़ों द्वारा जल में विलेय यौगिकों (soluble compounds) के रूप में प्राप्त करते हैं। भूमि पौधों के पोषक तत्वों का अपार [illegible] है। लेकिन [illegible] फसल [illegible] पोषक तत्वों की कमी हो जाती है अर्थात भूमि की उर्वरता (fertility) कम होती जाती है। [illegible] में पोषक तत्वों की कमी को पूरा कर उसकी उर्वरता (fertility) को बनाये रखने के लिए खाद (manure) तथा उर्वरकों (fertilizers) का उपयोग किया जाता है। उर्वरक वे रासायनिक पदार्थ हैं जो पेड़ पौधों अर्थात् वनस्पतियों के लिए भोजन का कार्य करते हैं। परन्तु उर्वरक का प्रयोग अकार्बनिक अथवा संश्लिष्ट पदार्थों के सान्द्रित रूप में होता है। उर्वरक कृत्रिम विधियों द्वारा बनाये जाते हैं। जिनमें नाइट्रोजन, पोटेशियम तथा फास्फोरस के उर्वरक मुख्य हैं। कृत्रिम विधियों द्वारा बनाये गये उर्वरकों को रासायनिक खाद (chemical manure) कहते हैं।

पौधे का अधिकांश भाग कार्बन, हाइड्रोजन व आक्सीजन के द्वारा बनता है। ये तीनों तत्व भूमि तथा वायु से प्राप्त होते हैं। सूक्ष्म तत्व भी इतने ही आवश्यक हैं जितने नाइट्रोजन, फास्फोरस और पोटाश आवश्यक होते हैं। सूक्ष्म तत्वों की कम मात्रा ग्रहण की जाती है।

पौधों की वृद्धि के लिए विभिन्न पोषक तत्वों का महत्व

1. कार्बन (Carbon)—सूखे पौधों का लगभग 43% भाग कार्बन होता है। ये तत्व कार्बनडाइआक्साइड के रूप में वायुमंडल में प्रचुर मात्रा में कार्बन स्वांगीकरण (Carbon Assimilation) क्रिया द्वारा वायुमंडल से कार्बन का शोषण करते हैं।

2. हाइड्रोजन (Hydrogen)—पौधों के शुष्क भार का लगभग 6.35% भाग हाइड्रोजन होता है। पौधों को यह तत्व पानी से मिलता है। हाइड्रोजन को पौधों में अलग से देने की आवश्यकता नहीं होती। यह तत्व पानी, जैविक पदार्थ तथा खनिज द्रव्यों के यौगिकों के रूप में पाया जाता है।

3. **आक्सीजन** (Oxygen)—पौधों के शुष्क भाग का लगभग 40% भाग ऑक्सीजन होता है। पौधों को कुछ आक्सीजन पानी और कुछ वायु से श्वसन के लिये मिलती है। मिट्टी में यह तत्व यौगिकों के रूप में पाया जाता है।

4. **नाइट्रोजन** (Nitrogen)—पौधों में नाइट्रोजन 1 से 30% तक होती है। पौधों में नाइट्रोजन भूमि से नाइट्रेट (Nitrate) के रूप में प्राप्त करते हैं। भूमि को नाइट्रोजन मिलने के निम्न साधन हैं—

(1) जैविक खाद—जैसे गोबर की खाद, कम्पोस्ट, हरी खाद और खलियाँ आदि।

(2) रासायनिक उर्वरक—जैसे यूरिया, अमोनियम सल्फेट आदि।

(3) सहजीवी जीवाणु (Symbiotic Bacteria) जो कि दलहनी फसलों की जड़ों में पायी जाने वाली ग्रन्थिकाओं (Nobules) में रहते हैं और वायु से नाइट्रोजन लेकर भूमि में उसका यौगिकीकरण (Fixation) करते हैं।

(4) मुक्तजीवी जीवाणु (Free living Bacteria) जो कि वायुमण्डल की नाइट्रोजन का भूमि में स्वतन्त्र रूप से यौगिकीकरण करते हैं। जैसे—एज़ोटोबेक्टर।

(5) कुछ नाइट्रोजन पौधों को वर्षा द्वारा भी प्राप्त होती है, जो पौधों की वृद्धि के लिये आवश्यक है।

पौधों की पत्तियों में रंग की रचना व वानस्पतिक वृद्धि के लिये नाइट्रोजन आवश्यक तत्व है।

5. फास्फोरस (Phosphorus)—पौधों में फास्फोरस 0.2 से 0.8% तक होता है। यह पौधों में श्वसन क्रिया, जड़ों की वृद्धि एवं फसल की परिपक्वता के लिये आवश्यक है। पौधों को फास्फोरस दो साधनों से प्राप्त होती है।

(i) जैविक पदार्थ

(ii) फास्फेटी खनिजों हड्डियों में फास्फोरस होता है, उसे हम अस्थिचूर्ण (Bone Meal) रूप में खेतों में प्रयोग करते हैं। फास्फेटी खनिजों से सुपर फास्फेट तैयार होता है, जिसे हम खेतों में उर्वरक के रूप में प्रयोग करते हैं। दलहनी फसलों के लिये फास्फोरस आवश्यक होता है क्योंकि सहजीवी जीवाणु (Symbiotic Bacteria) वायुमंडल से नाइट्रोजन प्राप्त कर भूमि में स्वतंत्र रूप से यौगिकीकरण करते हैं। फास्फोरस के मिलने पर अन्न वाली फसलें शीघ्र बढ़ती हैं।

6. पोटेशियम (Potassium)—पौधों को पोटेशियम मिलने के भी दो साधन हैं—

(i) जैविक पदार्थ

(ii) पोटेशियम खनिज (Potassic)।

इस तत्व की कमी होने पर चुकन्दर तथा गन्ने में चीनी और आलू में स्टार्च कम बनता है। पौधों में पर्णहरित (Chlorophill) बनने के लिये भी पोटेशियम की आवश्यकता होती है।

7. कैल्सियम (Calcium)—कैल्सियम भूमि के अन्दर अनेक यौगिकों के रूप में पाया जाता है। इन यौगिकों में, कैल्सियम कार्बोनेट, कैल्सियम नाइट्रेट तथा कैल्सियम सल्फेट कृषि फसलों के लिये अधिक उपयोगी है। यह तत्व पौधों में विभिन्न प्रकार उत्पन्न हुये अम्लों के प्रभाव को नष्ट करता है। इस तत्व की कमी होने पर गुठली युक्त फल वृक्षों में गुठली नहीं पड़ती है।

8. मैग्नीशियम (Magnesium)—यह तत्व विभिन्न यौगिकों के रूप में भूमि में मिलता है। इसकी अनुपस्थिति में पौधों में पर्णहरित (Chlorophyll) नहीं बनता। तिलहनों (oil seeds) वाली फसलों के लिये यह तत्व आवश्यक है।

9. गन्धक (Sulphur)—इस तत्व के यौगिक भूमि में सल्फेट के रूप में पाये जाते हैं। इनमें पोटेशियम और कैल्सियम सल्फेट प्रमुख हैं। इस तत्व के मिलने से पौधों में प्रोटीन बनने में सहायता मिलती है। यह पौधों की जड़ों को मजबूत बनाता है और शीघ्र बढ़ने में मदद करता है।

10. लोहा (Iron)—इस तत्व के यौगिक आक्साईड और हाइड्रोआक्साइड के रूप में पर्याप्त मात्रा में मिलते हैं। यह एक सूक्ष्म तत्व (Micro element) है। इसे भूमि में अलग से देने की आवश्यकता नहीं होती। कुछ ही भूमियों व फसलों में इसकी आवश्यकता पड़ती है। पौधों में पर्ण हरित बनने में इसकी उपस्थिति आवश्यक होती है।

मैंगनीज (Manganese), बोरोन (Boron), ताँबा (Copper), जस्ता (Zinc), कोबाल्ट (Cobalt), वेनेडियम (Vanadium), सिलिकांस (Silikans), क्लोरीन (Clorine) और सोडियम (Sodium) उपरोक्त नौ तत्वों की पौधों को बहुत ही कम मात्रा में आवश्यकता होती है। इन तत्वों को न्यून तत्व (Micro Elements) कहते हैं।

11. मोलिब्डेनम (Molybdenum)—यह भी सूक्ष्म तत्व है। दलहनी फसलों में इसकी अनुपस्थिति में वायुमंडल की नत्रजन का भूमि में यौगिकीकरण नहीं कर पाती है।

एक अच्छे उर्वरक की विशेषता
(Characteristics of a good fertilizers)

एक अच्छे उर्वरक में निम्नलिखित विशेषतायें होनी चाहिए—

(1) यह जल में विलेय होना चाहिए।

(2) भूमि की अम्लीयता (acidity) तथा क्षारीयता (alkalinity) को ठीक कर सके।

(3) इसे अधिक समय तक स्थायी (stable) होना चाहिए जिससे तत्व पौधों को अधिक समय तक प्राप्त हो सके।

(4) तत्व पौधों को आसानी से प्राप्त होना चाहिए।

उर्वरक निम्नलिखित श्रेणियों में विभक्त किये गए हैं—

(1) नाइट्रोजनी उर्वरक

(2) फास्फेटिक उर्वरक

(3) पोटेशियम उर्वरक

(4) यौगिक उर्वरक

(1) नाइट्रोजनी उर्वरक (Nitrogenous Fertilizers)

नाइट्रोजन युक्त उर्वरकों को उनमें पायी जाने वाली नाइट्रोजन के प्रकार के अनुसार चार वर्गों में बाँटा जा सकता है—

(i) अमोनिया युक्त उर्वरक—इन उर्वरकों में नाइट्रोजन अमोनिया आयन के रूप में हैं जैसे—अमोनियम सल्फेट, अमोनियम क्लोराइड आदि।

(ii) नाइट्रेट युक्त उर्वरक—इन उर्वरकों में नाइट्रोजन नाइट्रेट आयन के रूप में पायी जाती है। पौधे इसे नाइट्रोजन के रूप में ग्रहण करते हैं। जैसे सोडियम नाइट्रेट, कैल्सियम नाइट्रेट आदि।

(iii) अमोनिया तथा नाइट्रेट युक्त उर्वरक—इन उर्वरकों में नाइट्रोजन अमोनिया व नाइट्रेट दोनों आयनों के रूप में पायी जाती है। जैसे कैल्शियम अमोनियम नाइट्रेट, कैल्शियम नाइट्रेट आदि।

(iv) एमाइड युक्त उर्वरक—ये कार्बन युक्त उर्वरक होते हैं। पृथ्वी में उपस्थित जीवाणुओं की क्रिया के परिणामस्वरूप एमाइड नाइट्रोजन क्रमशः अमोनिया व नाइट्रेट में परिवर्तित की जाती है। जैसे यूरिया तथा कैल्शियम सायनेमाइड।

अमोनिया (Ammonia)

भारत में लगभग 90% अमोनिया का उत्पादन उर्वरक (fertilizers) के रूप में होता है। यह वायु में अल्प मात्रा में विद्यमान रहती है तथा यूरिया (urea) के सड़ने/अपघटन (decomposition) से प्राप्त होती है।

$$NH_2CONH_2 + 2H_2O \longrightarrow (NH_4)_2CO_3$$

$$(NH_4)_2CO_3 \rightleftharpoons 2NH_3 + H_2O + CO_2\uparrow$$

प्रकृति में यह अमोनियम क्लोराइड (ammonium chloride) तथा अमोनियम सल्फेट (ammonium sulphate) के रूप में पायी जाती है।

अमोनिया के गुण (Properties of Ammonia)

अमोनिया रंगहीन (colourless) गैस है। इसमें विशेष गन्ध होती है। यह आँखों पर हानिकारक प्रभाव डालती है एवं इसके सूंघने पर आँखों में पानी आ जाता है। इसका गलनांक (Melting point) $-77.7°C$ तथा क्वथनांक (Boiling point) $-33.4°C$ है। यह जल में अत्यधिक विलेय (soluble) है।

रासायनिक अभिक्रिया (Chemical Reaction)

$$N_2 + 3H_2 \overset{Fe}{\rightleftharpoons} 2NH_3 \qquad \Delta H = -22\ kcal$$

उत्पादन विधि (Production Method)

औद्योगिक स्तर पर आमेनिया को निम्न विभियों द्वारा बनाया जाता है।

(1) अमोनियामय लिकर (Ammonical liquor)

(2) वायु से (From Air)

(1) अमोनियामय लिकर से (Ammonical liquior)—कोयले में पुरानी वनस्पतियों की सड़न से प्राप्त लगभग 1.5 प्रतिशत नाइट्रोजन होती है। जब कोयले का कार्बनीकरण (Carbonisation) किया जाता है तो कोल गैस के साथ अमोनिया अपने H_2S, HCN, HCl, H_2SO_4 के यौगिकों के रूप में निकलती है तथा अमोनियामय लिकर के रूप में मिलती है। जब इस लिकर को चूने के साथ वाष्प की धारा में गर्म किया जाता है जो कुछ अमोनियम लवणों का ऊष्मा के प्रभाव से वियोजन हो जाता है तथा शेष चूने से अभिक्रिया करके अमोनिया गैस मुक्त करते हैं।

$$NH_4HS \rightleftharpoons NH_3 + H_2S$$

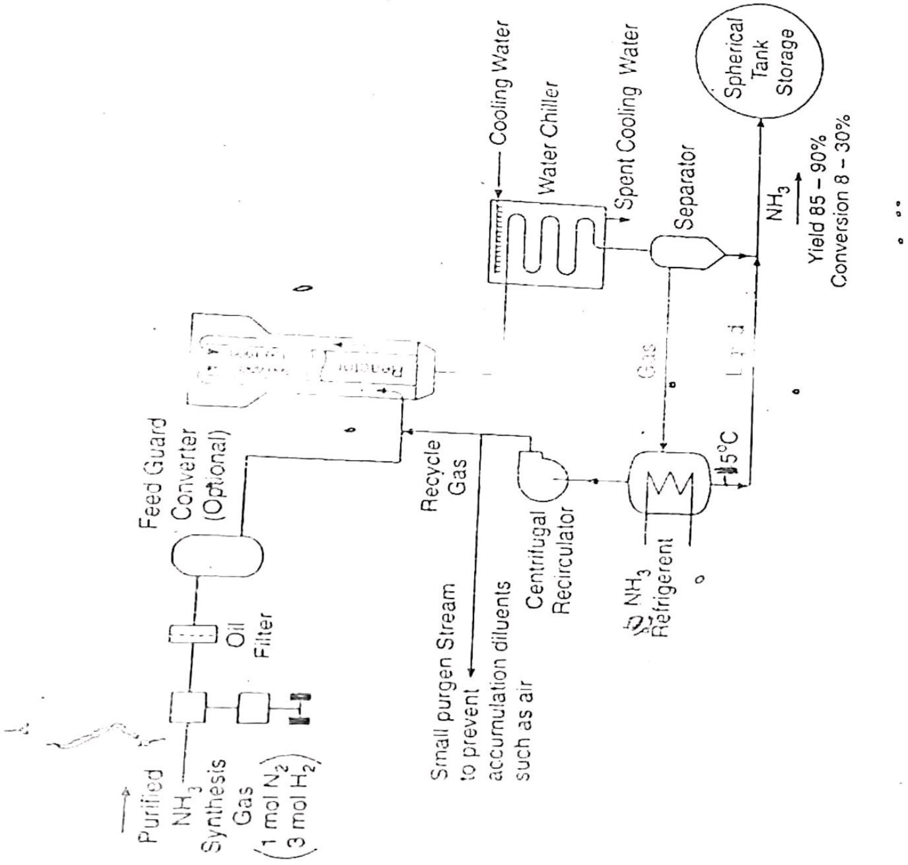
$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCl + 2NH_3 + 2H_2O$$

(2) वायु से (From Air)—वायु में उपस्थित नाइट्रोजन हेबर विधि (Haber Process) द्वारा अमोनिया में परिवर्तित की जाती है।

प्रक्रिया वर्णन (Process Description)

कृत्रिम अमोनिया गैस बनाने के लिए 3 mol हाइड्रोजन तथा 1 mol नाइट्रोजन का (3 : 1 अनुपात) मिश्रण लेकर 100 – 1,000 दाब पर (operating system) में संपीडित (compressed) किया जाता है। इस मिश्रण को तेल छन्नक (oil filter) के माध्यम से भेजा जाता है यहाँ पर compression oil तथा अन्य अशुद्धियाँ उच्च तापक्रम (high temperature) पर पृथक हो जाती हैं। कार्बन मोनोआक्साइड गैस तथा कार्बन डाइआक्साइड गैस, मीथेन (methane) में परिवर्तित हो जाती है तथा H_2O, H_2S, P तथा As की अशुद्धियाँ दूर होती हैं। शोधित तथा शुष्क गैसीय मिश्रण को उत्प्रेरक कक्ष में भेजा जाता है। यह प्रक्रिया Fe उत्प्रेरक की उपस्थिति (Presence of catalyst) तथा MO वर्धक (Promoter) की उपस्थिति में होती है इस कक्ष का तापक्रम 500 – 550°C होता है। इस कक्ष में नाइट्रोजन तथा हाइड्रोजन की परस्पर अभिक्रिया होती है तथा अमोनिया (NH_3) का निर्माण होता है। अभिक्रिया में ऊष्मा कक्ष के ताप का पोषण (maintain) करती है तथा ऊष्मा विनिमयी (heat interchanger) ऊष्मा की हानि (loss of heat) नहीं होने देता है। उत्प्रेरक कक्ष से निकलने वाले गैसीय मिश्रण में 8–30% अमोनिया होती है। इस गैसीय मिश्रण को ठण्डे जल द्वारा शीतल किये हुए संघनित्र (condenser) में से प्रवाहित करते हैं जिससे अमोनिया द्रवित (liquified) हो जाती है। शेष मिश्रण को नाइट्रोजन तथा हाइड्रोजन ______।

अमोनिया के निर्माण में प्रयुक्त रेखाचित्र (flow diagram) अग्र प्रकार है—



चित्र 2.1 NH_3 उत्पादन का रेखाचित्र (Flow Diagram of NH_3 Production)

उपयोग (Uses)

(1) ओस्टवाल विधि द्वारा नाइट्रिक अम्ल के निर्माण में अमोनिया प्रयुक्त होती है।

(2) विभिन्न नाइट्रोजन युक्त उर्वरक जैसे यूरिया, अमोनियम नाइट्रेट तथा अमोनियम सल्फेट आदि के निर्माण में अमोनिया प्रयुक्त की जाती है।

(3) बर्फ बनाने के कारखानों में इसका प्रयोग किया जाता है।

(4) प्रयोगशाला में अमोनियम हाइड्राक्साइड के रूप में इसका प्रयोग किया जाता है।

(5) साल्वे विधि द्वारा सोडियम कार्बोनेट तथा सोडियम बाइकार्बोनेट के बनने में अमोनिया प्रयुक्त की जाती है।

(6) विस्फोटक पदार्थों जैसे NCl_3 तथा NH_4NO_3 आदि बनाने में प्रयुक्त होती है।

(7) नायलॉन तथा कृत्रिम रेशम बनाने में उपयोगी है।

नाइट्रिक अम्ल (Nitric Acid)—C H

नाइट्रिक अम्ल वर्षा के जल में अल्प मात्रा में पाया जाता है। परन्तु संयुक्त अवस्था में यह चिली साल्ट पीटर ($NaNO_3$) नाइटर (KNO_3) आदि में पाया जाता है।

नाइट्रिक अम्ल के गुण (Properties of Nitric Acid)

(1) इसका अणुभार 63.03 होता है तथा विशिष्ट घनत्व (sp. gravity) 1.51 है।

(2) यह रंगहीन द्रव (colourless-liquid) है।

(3) अधिक समय तक रखे रहने पर प्रकाश द्वारा नाइट्रोजन डाइ ऑक्साइड (NO_2) में परिवर्तित हो जाता है।

(4) यह त्वचा (skin) को जला देता है तथा त्वचा पर पीले रंग के फफोले (blister) पड़ जाते हैं।

(5) जल में पूर्ण रूप से घुलनशील (soluble) है।

नाइट्रिक अम्ल के उत्पादन की विधि

(Method of Production of Nitric Acid)

नाइट्रिक चिली अम्ल का निर्माण अमोनिया ऑक्सीकरण विधि द्वारा किया जाता है। यह विधि ओस्ट वाल्ट विधि कहलाती है। अमोनिया आक्सीकरण प्रक्रिया में निम्नलिखित 4 पद होते हैं—

(1) NH_3 का NO में आक्सीकरण

(2) NO का NO_2 में आक्सीकरण

(3) जल में NO_2 का अवशोषण

(4) HNO_3 का सान्द्रण।

अमोनिया और वायु के मिश्रण को (1 : 8 के अनुपात में) 800°C पर प्लैटिनम जाली

(Platinum guazes) से भरे कक्ष में प्रवाहित किया जाता है। प्लैटिनम (उत्प्रेरक) की उपस्थित में अमोनिया ऑक्सीकृत होकर नाइट्रिक ऑक्साइड निर्मित करती है।

$$4NH_3 + 5O_2 \underset{800^\circ C}{\overset{Pt}{\rightleftharpoons}} 4NO + 6H_2O; \Delta H = -21.6\ kcal$$

नाइट्रिक ऑक्साइड

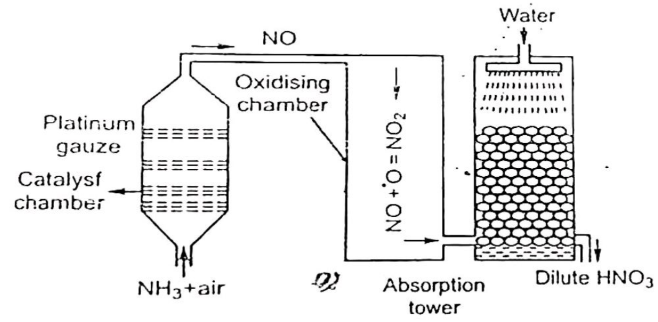
नाइट्रिक ऑक्साइड को एक ऑक्सीकारक स्तम्भ में प्रवाहित किया जाता है। प्लैटिनम उत्प्रेरक की उपस्थित में वायु की ऑक्सीजन द्वारा नाइट्रिक ऑक्साइड का नाइट्रोजन डाइऑक्साइड में ऑक्सीकरण हो जाता है।

$$2NO + O_2 \overset{Pt}{\rightleftharpoons} 2NO_2$$

नाइट्रोजन डाइऑक्साइड

नाइट्रोजन परॉक्साइड को अवशोषण टॉवर के नीचे से प्रवाहित करते हैं जिसके ऊपर से जल टपकता है। NO_2 जल में अवशोषित होकर नाइट्रिक अम्ल निर्मित करती है।

$$3NO_2 + H_2O = 2NHO_3 + NO$$

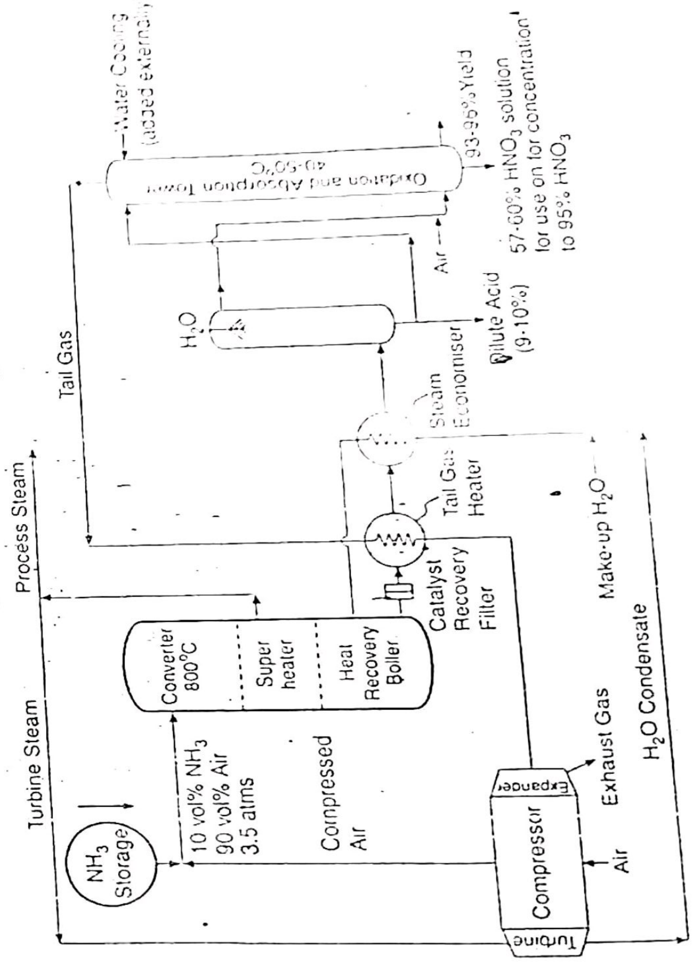


चित्र 2.2—नाइट्रिक अम्ल का उत्पादन

नाइट्रिक अम्ल का सान्द्रण व शोधन—

प्राप्त नाइट्रिक अम्ल में नाइट्रोजन के ऑक्साइडों और जल की अशुद्धि रहती है। पहले अशुद्ध नाइट्रिक अम्ल का प्रभाजी आसवन (fractional distillation) द्वारा आसुत का मध्य भाग एकत्रित कर लिया जाता है। इस भाग में बराबर आयतन सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल मिलाकर पुनः आसवन किया जाता है। इसमें जल का अंश दूर हो जाता है। प्राप्त गर्म आसुत में शुष्क CO_2 गैस की धारा प्रवाहित की जाती है, जिससे अम्ल में उपस्थित नाइट्रोजन के ऑक्साइड निकल जाते हैं तथा रंगहीन शुद्ध नाइट्रिक अम्ल प्राप्त होता है।

नाइट्रिक अम्ल के निर्माण में प्रयुक्त Flow Diagram चित्र 2.3 में प्रदर्शित है—



चित्र 2.3 अमोनिया ऑक्सीकरण विधि द्वारा नाइट्रिक अम्ल के निर्माण का रेखाचित्र
(Flow diagram of Nitric acid by ammonia oxidation process.)

एक टन 100% HNO_3 प्राप्त करने के लिए निम्नलिखित सामग्री की आवश्यकता होती है—

निर्जल NH_3	0.287 – 0.290 ton
वायु	3000 Nm^3
प्लैटिनम (2–10% Rh सहित)	0.1 gm
जल	120 ton
स्टीम क्रेडिट	1 ton
बिजली (Power)	10–30 KwH.

नाइट्रिक अम्ल के उपयोग (Uses of Nitric Acid)

1. ऑक्सीकरण एवं प्रयोगशाला अभिकर्मक के रूप में प्रयुक्त किया जाता है।
2. सिल्वर एवं गोल्ड के धातु कर्म में तथा शुद्धीकरण (Purification) में इसका उपयोग होता है।
3. धातुओं के नाइट्रेट लवण ($AgNO_3$, NH_4NO_3, KNO_3, $Pb(NO_3)_2$ आदि बनाने में)।
4. रंग, इत्र, औषधियाँ कृत्रिम रेशम आदि के निर्माण में प्रयुक्त होता है।
5. विस्फोटक पदार्थों जैसे—डाइनामाइट, नाइट्रोग्लिसरीन, ट्राइ नाइट्रो टॉलूईन (T.N.T), गनकॉटन आदि के निर्माण में प्रयुक्त होता है।
6. सल्फ्यूरिक अम्ल के निर्माण में प्रयुक्त होता है।
7. ऐरोमैटिक यौगिकों के नाइट्रीकरण (Nitration) में प्रयुक्त होता है।
8. धातुओं पर चित्रकारी (Photography) करने में प्रयुक्त होता है।

अमोनियम सल्फेट (Ammonium Sulphate) ~CH

अमोनियम सल्फेट एक महत्वपूर्ण उर्वरक है। इसमें 21% नाइट्रोजन तथा 24% सल्फर होती है।

कच्चा माल एवं विधि (Raw Material and Process)

अमोनियम सल्फेट का निर्माण निम्न प्रकार किया जाता है—

(1) कोक ओवन गैस तथा सल्फ्यूरिक अम्ल विधि (Coke oven gas and sulphuric Acid Process)।

(2) प्रत्यक्ष उदासीनीकरण प्रक्रिया (Direct Neutralisation Process)।

(3) जिप्सम विधि (Gypsum Process)

(4) कैप्रोलैक्टम से अमोनियम सल्फेट का बनाना (Formation of Ammonium sulphate from caprolactum)

(1) कोक ओवन गैस तथा सल्फ्यूरिक अम्ल विधि

सर्वप्रथम कोयले (coal) को गर्म करके कोक (coke) का निर्माण किया जाता है इस गैस में 1% अमोनिया गैस (ammonia gas) होती है। इस गैस को अब पृथक्कारक (separator) में ले जाया जाता है। इस पृथक्कारक में तनु सल्फ्यूरिक अम्ल होता है। सल्फ्यूरिक अम्ल अमोनिया के साथ क्रिया कर अमोनियम सल्फेट का निर्माण करता है। अब संतृप्त (saturation) में प्राप्त क्रिस्टलों (crystals) को सेन्ट्रीफ्यूज (centrifuge) में ले जाते हैं। यहाँ पर क्रिस्टल (Crystal) तथा द्रव (liquid) दोनों पृथक हो जाते हैं। अब इन क्रिस्टलों (crystals) को सेंककर सुखा लिया जाता है।

(2) प्रत्यक्ष उदासीनीकरण प्रक्रिया (Direct Neutralisation Process)

इस विधि में द्रव H_2SO_4 तथा अमोनिया गैस को उदासीनकारक (Neutraliser) में ले जाते हैं। अब इसी रिएक्टर में ले जाकर अभिक्रिया कराते हैं जिससे अमोनियम सल्फेट प्राप्त हो जाता है।

$$2NH_3 + H_2SO_4 \longrightarrow \underset{\text{Ammonium sulphate}}{(NH_4)_2SO_4}$$

अब अमोनियम सल्फेट स्लरी को वाष्पक (evaporator) में ले जाकर इस प्रकार वहाँ 95% पिघली अवस्था में अमोनियम सल्फेट प्राप्त होता है। इसे अब crystalliser में ले जाया जाता है। Crystalliser से प्राप्त Crystals की screening की जाती है। Screening, cooling drum में करते हैं।

(3) जिप्सम विधि (Gypsum Process)

इस विधि में अमोनिया गैस को जल में अवशोषित (absorb) कराते हैं जिससे अमोनियम हाइड्रोक्साइड-(NH_4OH) प्राप्त होता है। अब इस विलयन में CO_2 गैस प्रवाहित की जाती है जिससे $CaCO_3$ का अवक्षेप तथा विलेय $(NH_4)_2SO_4$ बनता है। $CaCO_3$ के अवक्षेप को छानकर (filtration) दूर कर देते हैं। अमोनियम सल्फेट के विलयन को वाष्पक (evaporator) द्वारा सान्द्रित किया जाता है। इस सान्द्रित स्लरी (concentrated slurry) को crystalliser में ले जाकर crystals प्राप्त करते हैं। इस मिश्रण को centrifuge में ले जाकर मातृ द्रव (Mother liquor) तथा क्रिस्टलों (crystals) को पृथक कर लेते हैं। अब इन क्रिस्टलों को Drier में ले जाकर एकत्रित कर लिया जाता है।

$$2NH_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow (NH_4)_2CO_3$$

$$\underset{\text{Gypsum}}{CaSO_4.2H_2O} + (NH_4)_2CO_3 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4 + CaCO_3 + H_2O$$

(4) कैप्रोलेक्टम से अमोनियम सल्फेट बनाना (By Product from Caprolactum)

प्राप्त कैप्रोलेक्टम में 35% ammonium sulphate होता है। इस विलयन से ammonium sulphate को उपचारित (recovered) किया जाता है। अब इस विलयन को crystalliser, centrifuge तथा drier से गुजार (Pass) कर अमोनियम सल्फेट प्राप्त किया जाता है।

अमोनियम सल्फेट के गुण (Properties)

(1) यह सफेद रंग का क्रिस्टलीय (crystalline) पदार्थ होता है।

(2) इसकी specific gravity 1.769 तथा Bulk density 720 1040 kg/m³ है।

(3) जल में अतिविलेय (very soluble) तथा आर्द्रताग्राही (Hygroscopic) है।

अमोनियम सल्फेट का रख-रखाव एवं पैकिंग
(Handling and Packing of Ammonium Sulphate)

(1) यह क्रिस्टलीय (Crystalline) होने के कारण free flowing होता है जिसके कारण इसका चूर्ण पदार्थ (powder material) अधिक नमी में टिकिया (cake) बना लेता है।

(2) इसके सामान्यतः पॉलीइथाइलीन बैग (Polyethylene bag) में रखना चाहिए।

यूरिया (Urea)

यूरिया कार्बनिक उर्वरक है तथा नाइट्रोजन का महत्वपूर्ण स्रोत है। इसमें 46% नाइट्रोजन होती है जो आजकल प्राप्त उर्वरकों में सबसे अधिक है। यह पहला कार्बनिक यौगिक है जिसे प्रयोगशाला में बनाया गया है।

कच्चा माल (Raw Material)

(i) अमोनिया (Ammonia)

(ii) कार्बनडाइ ऑक्साइड गैस (Carbondioxide gas)

यूरिया का औद्योगिक निर्माण (Industrial Method of Urea)

यूरिया का औद्योगिक निर्माण निम्नलिखित दो विधियों द्वारा होता है—

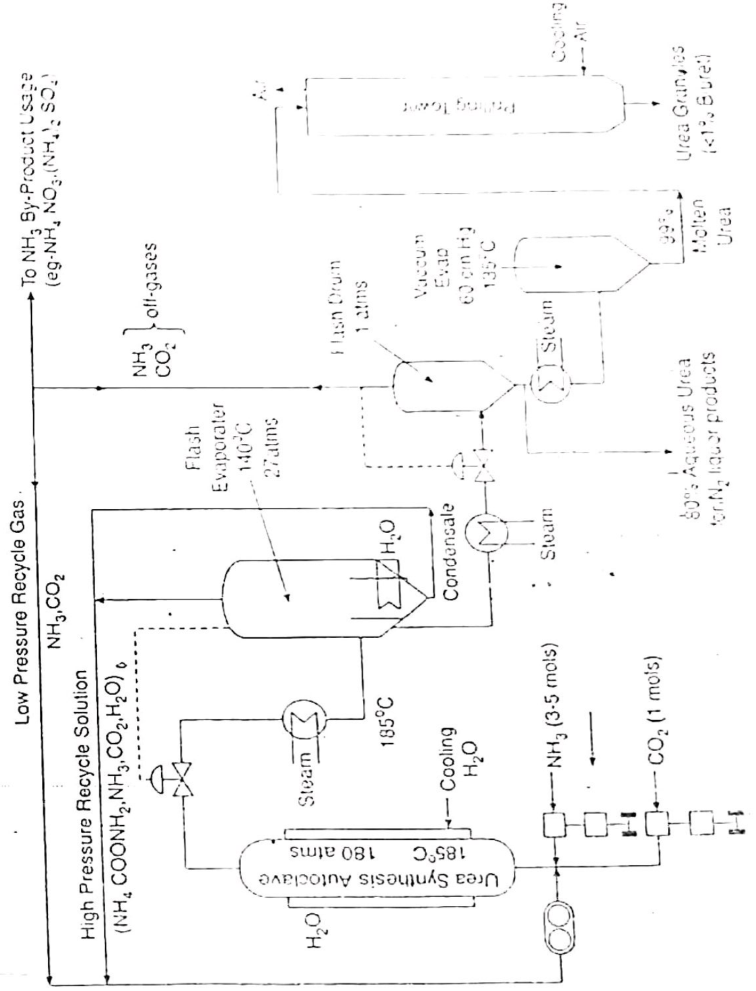
(1) अमोनियम कार्बनिट के विघटन द्वारा
(Decomposition of Ammonium Carbonate)

द्रव अमोनिया एवं द्रव कार्बन डाइ आक्साइड के मिश्रण को ऑटोक्लेव (Autoclave) में उच्च ताप 170°C – 190°C तथा 100 – 120°C वायुमण्डलीय (ATM) पर गर्म करने पर अमोनियम कार्बोनेट (NH_4COONH_2) बनता है जिसे 50 Atm दाब पर 150°C तक गर्म करने पर यूरिया प्राप्त होता है। रासायनिक अभिक्रिया निम्न प्रकार है—

(i) $CO_2 + 2NH_3 \longrightarrow \underset{\text{Ammonium Carbomate}}{NH_4COONH_2}$ $\Delta H° = -37.4$ kcal

(ii) $NH_4COONH_2 \longrightarrow \underset{\text{Urea}}{NH_2CONH_2} + 2H_2O$ $\Delta H° = +6.3$ kcal

यूरिया के निर्माण में निम्न पार्श्व अभिक्रिया (side reaction) प्राप्त होती है—



चित्र 2.4 यूरिया द्वारा अमोनियम कार्बोमेट का निर्माण (Flow diagram of manufacture of Urea by ammonium carbomate).

$$2NH_2CONH_2 \longrightarrow \underset{\text{Biuret}}{NH_2CONH.CONH_2} + NH_3$$

प्रक्रिया वर्णन (Process Description)

2–5 mol द्रव अमोनिया तथा 2 mol द्रव कार्बनडाइ ऑक्साइड गैस के मिश्रण को ऑटोक्लेव (Autoclave) में उच्च दाब लेकर गर्म किया जाता है। ऑटो क्लेव का उच्च ताप 170° – 190°C तथा उच्च दाब 100 – 120°Atm रहता है। Autoclave के दोनों ओर जल (water) समायोजित (maintain) रहता है क्योंकि अभिक्रिया में ऊष्मा उत्सर्जित (evolve) होती है। Autoclave का average residence time 1.5 से 2 hrs रखा जाता है। अमोनियम तथा कार्बन डाइआक्साइड परस्पर क्रिया कर अमोनियम कार्बोनेट (ammonium carbonate) जल बनाते हैं तथा NH_3 एवं CO_2 अवशेष रूप में रहती है। इस द्रव अपशिष्ट पदार्थ (liquid effulent) को 27 atm दाब पर एक विशेष प्रकार के फ्लैश वाष्पक (flash evaporator) में भेजा जाता है यह flash evaporator, गैस द्रव पृथक्कारक (gas liquid seperator) तथा संघनित्र (condenser) से युक्त होता है। अक्रियाशील (unreacted) NH_3, CO_2 तथा जल विलयन के रूप में ऊपर से पुनः चक्रीकृत (recycle) कर लिया जाता है। carbomate urea के जलीय विलयन को वायुमण्डलीय फ्लैश ड्रम (Atmospheric flash drum) में ले जाया जाता है। इस flash drum में कार्बोनेट (carbonate) का अपघटन (decomposition) होता है। इस में बनी हुई गैसें को NH_3 प्रक्रिया द्वारा (Process) में रासायनिक उर्वरक (chemical fertilizer) को बनाने में प्रयुक्त किया जाता है।

प्रायः 80% यूरिया के जलीय विलयन को निर्वात वाष्पक (Vacuum evaporator) में भेजा जाता है यहाँ पर यूरिया पिघली (Molten urea) अवस्था में प्राप्त होता है। निर्वात वाष्पक (Vacuum evaporator) का तापक्रम 135°C वा दाब 60 mm Hg होता है। पिघली यूरिया (Molten urea) को प्रिलिंग स्तम्भ (Prilling tower) में ऊपर से गिराते हैं। बाइयुरेट (Buiret) निर्माण को बनने से रोकने के लिए तापक्रम को यूरिया के गलनांक (melting point) से कुछ अधिक रखा जाता है। Prilling tower में molten urea आते-आते प्रिल (Prill) के रूप में परिवर्तित हो जाती है।

यूरिया के भौतिक गुण (Physical Properties of urea)

(1) यूरिया का अणुभार (molecular weight) 60.05 होता है।

(2) यूरिया एक सफेद क्रिस्टलीय पदार्थ (crystalline substance) है।

(3) इसका गलनांक (melting point) 132.7°C तथा क्वथनांक (boiling point) 133.5°C होता है।

(4) यह जल में घुलनशील (soluble) है।

(5) यूरिया को उच्च ताप पर नहीं रखना चाहिए।

(6) यह आर्द्रताग्राही (Hygroscopic) होता है।

उपयोग (Uses)

यूरिया के उपयोग निम्नलिखित है—

(1) यूरिया उर्वरक के रूप में प्रयुक्त किया जाता है।

(2) यूरिया का उपयोग वेरोनल (Veronal) आदि औषधियाँ (medicines) बनाने में किया जाता है।

(3) मेलामाइन फार्मेल्डिहाइड यूरिया (Melamine formaldehyde urea) का Dinner ware बनाने में किया जाता है।

(4) यूरिया का उपयोग (Plastics) प्लास्टिक बनाने में किया जाता है।

नोट—यदि यूरिया का प्रयोग स्लरी (slurry) के रूप में करना हो तो बाइयूरेट मात्रा (Biurate Amount) सुरक्षित सीमा से कम होना चाहिए।

$$2NH_2CONH_2 \longrightarrow \underset{\text{Biuret}}{NH_2CONHCONH_2} + NH_3$$

भारत में उर्वरक नियन्त्रण एक्ट 1957 के अनुसार उर्वरक ग्रेड (fertilizers grades) के यूरिया में लगभग 1.5% बाइयूरेट (biurate) हो सकता है।

अमोनियम नाइट्रेट (Ammonium Nitrate, NH_4NO_3) — CF

अमोनियम नाइट्रेट एक महत्वपूर्ण नाइट्रोजन युक्त उर्वरक (Nitrogenous fertiliser) है क्योंकि इसमें नाइट्रोजन 33% होती है अमोनियम नाइट्रेट का उपयोग उर्वरक की अपेक्षा विस्फोटक पदार्थों के बनने में अत्यधिक किया जाता है। द्वितीय विश्व युद्ध में अमोनियम नाइट्रेट का उपयोग विस्फोटक (explosive) पदार्थ के रूप में किया गया।

कच्चा पदार्थ (Raw Material)

अमोनियम नाइट्रेट के बनाने में निम्न कच्चे पदार्थों की आवश्यकता होती है—

(1) द्रव अमोनिया (Liquid NH_3)

(2) नाइट्रिक अम्ल (57–60%–Nitric Acid)

(3) मिट्टी जैसे किसलगुर आदि—इसका प्रयोग अन्तिम उत्पाद (end product) पर पर्त (coating) करने हेतु किया जाता है।

रासायनिक अभिक्रिया (Chemical Reaction)

$$NH_3 + HNO_3 \longrightarrow NH_4NO_3 \qquad \Delta H = -20.6 \text{ kcal}$$

अमोनिया नाइट्रेट की निर्माण विधि

(Process Description of Ammonium Nitrate)

अमोनियम नाइट्रेट के निर्माण में कई विधियाँ प्रयुक्त की गयी हैं जिनमें निम्न विधियाँ मुख्य हैं—

(1) प्रिलिंग विधि (Prilling Process)

(2) क्रिस्टलन विधि (Crystallisation Process)

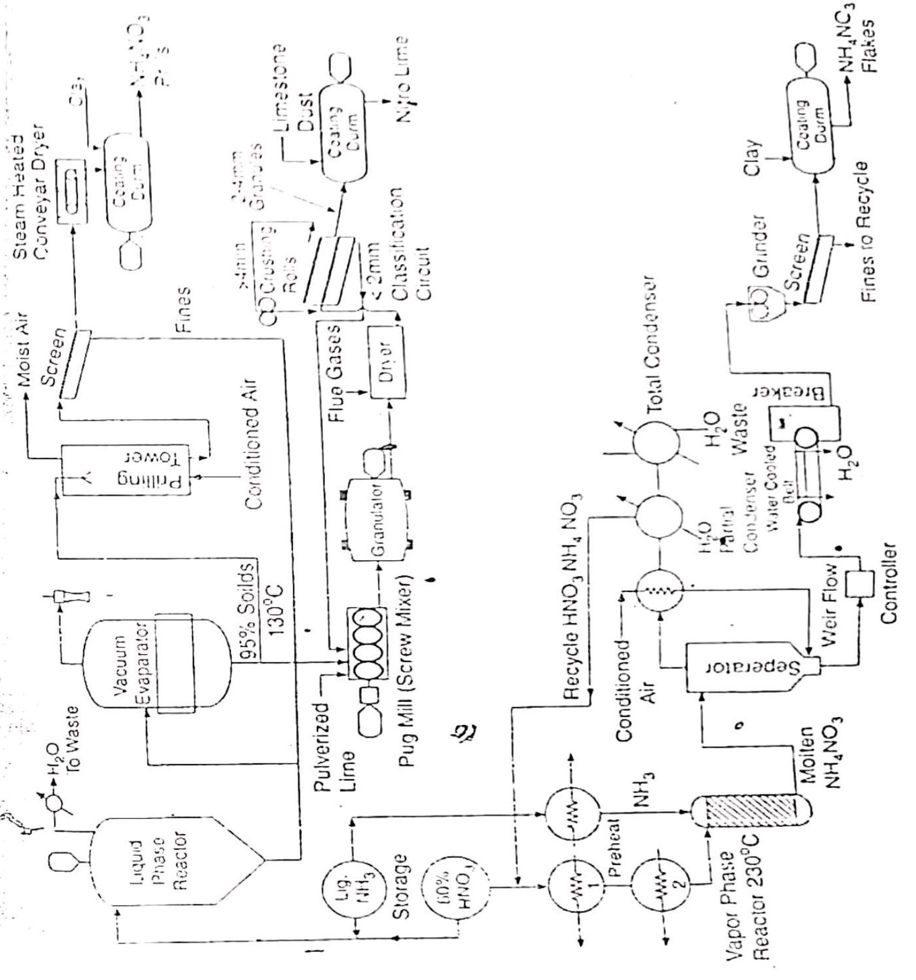
(3) स्टेनगल विधि (Stangel Process)

(1) प्रिलिंग विधि (Prilling Process)

इस विधि में अमोनिया वाष्प (Ammonia vapour) को जलीय नाइट्रिक अम्ल (nitric acid) के साथ मिलाकर एक स्टेनलैस स्टील के बर्तन (Stainless steel vessel) जो कि रियेक्टर (reactor) का कार्य करता है में भेजा जाता है। इस मिश्रण (mixture) को चलाते (agitation) रहना चाहिए। अभिक्रिया सम्पूर्ण होने के पश्चात् जो अतिरिक्त अवशेष गैसें तथा जल होता है उसे बाहर निकाल दिया जाता है तथा इस रियेक्टर (reactor) से प्राप्त अन्तिम उत्पाद (final salt—NH_4NO_3) की सान्द्रता 75% होती है। इस रियेक्टर का तापक्रम 140°C होता है अब इस सान्द्रित NH_4NO_3 को निर्वात वाष्पक (vacuum evaporator) में ले जाते हैं यहाँ पर NH_4NO_3 लगभग 95% तक सान्द्रित हो जाता है। अब इस गर्म लिकर (hot liquor) को प्रिलिंग स्तम्भ (Prilling tower) के ऊपर से गिराया जाता है। प्रिलिंग स्तम्भ की ऊँचाई 60–75 meter होती है। प्रिलिंग स्तम्भ (Prilling tower) के नीचे से ठण्डी वायु (cool air) भेजी जाती है। अब ठोस गोलीय टिकिया (solidified spherical pellets) के रूप में अथवा प्रिल (Prill) के रूप में NH_4NO_3 प्राप्त होता है। NH_4NO_3 की टिकिया (Pellets) 1.5 mm diameter की होती है। प्रिलिंग स्तम्भ (Prilling tower) में वायु (air) ऊपर जाते समय गर्म (hot) हो जाती है जिससे ऊपर से निकाल दिया जाता है। अब NH_4NO_3 की prill की screening करते है। Oversize prill तथा Fine prills को पुनः विलेय (redisolved) कर उदासीनीकरण कक्ष (neutralising tower) में पुनः चक्रीकरण (recycle) के लिए भेजा जाता हैं, Screened tablets or prills मिट्टी को ड्रायर (drier) में ले जाकर शुष्क (dry) करते हैं। इसके बाद प्रिल को लोपित ड्रम (coating drum) में ले जाया जाता है। जहाँ पर (clay) की coating की जाती है जिससे Clay की coating से tablets अथवा prills का परस्पर विस्फोटन (explosion) से बचाया जा सके।

(2) क्रिस्टलन विधि (Crystallisation Process)

यह विधि भी Prilling process के समान है। निर्वात् वाष्पक (vacuum evaporator) से प्राप्त लिकर (liquor) की सान्द्रता 80–85% तक होती है। इस सान्द्रता के लिकर (liquor) को निर्वात क्रिस्टल (vacuum crystalliser) में भेजा जाता है। vacuum crystalliser में क्रिस्टलों (crystals) की वृद्धि को 40°C पर नियन्त्रित (control) करते हैं। Crystalliser से प्राप्त crystal slurry जिसमें 40% भारानुसार (By weight) क्रिस्टल (crystal) होते हैं। इन क्रिस्टलों को centrifuge में भेजा जाता है यहाँ पर मातृद्रव (Mother liquid) तथा क्रिस्टल (crystal) को पृथक कर लिया जाता है। इस मातृ द्रव (Mother liquid) को वाष्पक (evaporator) में चक्रीकरण (recycle) करते हैं तथा 15°C पर घूमने वाले ड्रायर (rotatory drier) में शुष्क (dry) करते हैं।



चित्र 2.5 अमोनियम नाइट्रेट के निर्माण का रेखाचित्र
(Flow diagram of Ammonium Nitrate Production).

गुण (Properties)

(1) इसका परमाणु भार (molecular weight) 80.05 होता है।

(2) इसका क्वथनांक (B.P.) 200°C तथा गलनांक (M.P.) 170°C होता है।

(3) यह जल, एल्कोहल तथा अमोनिया में विलेय 900 gm/litre at 20°C है।

(4) यह सफेद क्रिस्टल (white crystals) के रूप में होता है।

(5) इसकी विशिष्ट गुरुत्व (specific gravity) 1.66 होती है।

(6) इसकी bulk density 998.7 kg/m^3 तथा Angles of repose 35 – 37° है।

संग्रहण (Storage)

अमोनियम नाइट्रेट के कण free flowing होते है। अतः इनका रखरखाव सावधानीपूर्वक (carefully) करना चाहिए क्योंकि परस्पर टक्कर से विस्फोट (explosion) होने की सम्भावना बनी रहती है। अतः अमोनियम नाइट्रेट को पोली इथालीन निर्मित बैग (Polyethylene lined bag) में बन्द (Pack) करना चाहिए।

फॉस्फेटी उर्वरक (Phosphatic Fertilizers)

[illegible] के समान [illegible]फोरस भी पौधों के लिये आवश्यक तत्व है जिसकी प्रायः [illegible] में कमा [illegible] जाती है। फास्फोरस के साथ एक समस्या उसकी उपलब्धता (Availability) की है। केवल पौधों को फास्फोरस की कुल मात्रा का $\frac{1}{3}$ भाग ही मिल पाता है, शेष मात्रा भूमि में यौगिकीकरण क्रिया द्वारा अप्राप्य दिशा में परिवर्तित हो जाती है जिसे पौधे ग्रहण नहीं कर सकते। भूमि में फास्फोरस की पर्याप्त मात्रा होने हुये भी फास्फोरस उर्वरक देना पड़ता है क्योंकि भूमि में उपस्थित फास्फोरस उपलब्ध अवस्था में नहीं होता। फास्फोरस घुलनशील दशा में मिलाने पर अचल हो जाता है। उर्वरकों में फास्फोरस कैल्सियम यौगिकों के रूप में होता है।

फास्फोरस के विभिन्न रूप निम्न हैं—

(i) मोनो कैल्सियम फॉस्फेट [$CaH_4(PO_4)_2$]

(ii) डाइ कैल्सियम फॉस्फेट [$Ca_2H_2(PO_4)_2$]

(iii) ट्राइ कैल्सियम फॉस्फेट [$Ca_3(PO_4)_2$]

केवल मोनो कैल्सियम फास्फेट ही पानी में घुलनशील है, अधिकाँश पौधे फॉस्फोरस को इसी रूप में ग्रहण करते हैं। यह फॉस्फोरस का सबसे प्राप्य रूप है। डाइ कैल्सियम फॉस्फेट पानी में आंशिक रूप से विलेय है और साइट्रिक अम्ल (Citric acid) में पूर्ण विलेय है, ट्राई कैल्सियम फास्फेट फास्फोरस का अघुलनशील अप्राप्य रूप है जिसे पौधे ग्रहण नहीं करते हैं। यह सान्द्र अम्ल में विलेय है।

हमारी फसलों की दृष्टि से फॉस्फोरस का मोनो कैल्सियम फॉस्फेट रूप में सबसे महत्व का पदार्थ है। सुपर फॉस्फेट उर्वरक में मोनो कैल्सियम फॉस्फेट बहुत मात्रा में पाया जाता है। फॉस्फोरस को विलेय अवस्था में भूमि में देने से वह भूमि में पहले से उपस्थित कैल्सियम बाइकार्बोनेट आदि यौगिकों में प्रतिक्रिया करके ऐसे रूपों में बदल जाते हैं कि वह पौधों के प्रयोग में नहीं आ पाते हैं।

फास्फोरिक उर्वरकों में निम्न उर्वरक मुख्य रूप से प्रयोग किये जाते हैं।

(i) हड्डी की खाद (Bone Meal)—हड्डियों में पर्याप्त मात्रा में फॉस्फेट होता है। इसमें मुख्यतः ट्राई कैल्सियम फॉस्फेट के रूप में फॉस्फोरस होता है। इन हड्डियों को पीस कर जो अस्थिचूर्ण (Raw Bone Meal) प्राप्त होता है उसे फॉस्फोरस खाद के रूप में प्रयोग करते हैं। इसमें लगभग 2–3% नाइट्रोजन, 15–20% फॉस्फोरिक अम्ल (P_2O_5) होता है। इस अस्थि चूर्ण में वसीय पदार्थ (Fatty Material) पाये जाते हैं जिसके कारण यह देर से सड़ता है, इस कठिनाई को दूर करने के लिये इस वसीय पदार्थ को वाष्पन विधि द्वारा अलग कर देते हैं। अब इसे पीस दिया जाता है जिसमें लगभग 2% नाइट्रोजन तथा 25% फॉस्फोरस होता है।

(ii) कैल्शियम फास्फेट (Calcium Phosphate)—भूमि सुधार के लिए प्रयुक्त की जाने वाली कृत्रिम खादों में कैल्शियम फास्फेट अधिक महत्वपूर्ण है। फॉस्फेट चट्टानों (Phosphatic rocks) [illegible] सुपर फास्फेट (Super phosphate) तथा ट्रिपिल सुपर फास्फेट (Triple super phosphate) का उत्पादन (Production) किया जाता है।

फास्फोरस (Phosphorus)

प्रकृति में फास्फोरस स्वतन्त्र अवस्था में प्राप्त नहीं होता है। संयुक्त अवस्था में यह फॉस्फेटो (Phosphates) के रूप में पाया जाता है। कुछ खनिज जिनमें फास्फोरस विद्यमान रहता है। निम्नलिखित हैं—

(1) फॉस्फेट रॉक (Phosphate rock) अथवा फास्फोराइट (Phosphorite) → $Ca_3(PO_4)_2$

(2) फ्लोरऐपेटाइट (fluor apatite) $3Ca_3(PO_4)_2\ CaF_2$

(3) वेवीलाइट (Wavellite) $4ACPO_4\ 2Al(OH)_3\ H_2O$

(4) क्लोर ऐपेटाइट (chlor apatite) $3Ca_3(PO_4)_2\ CaCl_2$

फास्फोरस पौधों के विकास के लिए आवश्यक तत्व (element) होता है। मिट्टी को उर्वरा युक्त बनाने के लिए इसमें फास्फोटिक खादे (Phosphatic manure) मिलायी जाती है।

फास्फोरस फास्फोरिक अम्ल, अमोनियम फॉस्फेट, कैल्शियम फॉस्फेट, नाइट्रोफॉस्फेट, सोडियम फॉस्फेट आदि का प्रयोग मुख्य रूप से उर्वरक (fertilizers) बनाने में किया जाता है।

भारत में फॉस्फोरस उद्योग का प्रयोग उर्वरक बनाने में किया जाता है।

रासायनिक अभिक्रियायें (Chemical Reaction)

रासायनिक अभिक्रियायें निम्न प्रकार हैं—

(1) $2Ca_3(PO_4)_2 + 10C + 6SiO_2 \longrightarrow \underset{\text{yellow phosphorous}}{P_4} + 6CaSiO_3 + 10CO$

(2) $\underset{\text{Yellow Phosphrous}}{P_4} \xrightarrow{250-450°C} \underset{\text{Red Phosphorous}}{P_4}$

कच्चा पदार्थ (Raw Material)

फास्फोरस के निर्माण में निम्नलिखित कच्चे माल की आवश्यकता होती है—

(1) फॉस्फेट रॉक (Phosphate rock)

(2) कोक (coke) उपचायक के रूप में

(3) बालू (sand) → गालक (flux) के रूप में

प्रक्रिया वर्णन (Process Description)

सर्वप्रथम फॉस्फेट रॉक को पीसकर महीन चूर्ण बना लिया जाता है। इस महीन चूर्ण (Powder) में कार्बन द्वारा उच्च ताप पर गर्म किया जाता है। जिससे फॉस्फोरस (P_4) तथा कार्बन मोनो [illegible] की वाष्प (vapour) [illegible] operation के द्वारा [illegible] articles के आकार को [illegible] (maintain) कर लेते हैं। कोक ब्रिज (Coke Breeze) तथा बालू (sand) को परस्पर मिश्रित कर लिया जाता है। अब फास्फेट रॉक, कार्बन तथा सिलिका के सूक्ष्म कणों को विद्युत भट्टी (electric furnance) में भेजते हैं। विद्युत भट्टी 250-300 Volt पर कार्य करती है तथा यह थ्री फेज डिजाइन (three phase design) की गयी होती तथा विद्युत भट्टी के दोनों सिरों पर 100-150 cm diameter के carbon electrode लगे रहते हैं। उपर्युक्त अभिक्रिया मिश्रण को दोनों इलेक्ट्रोडों के मध्य में होता है तो विद्युत धारा प्रवाहित करते हैं तथा मिश्रण का ताप 1150°C हो जाता है। इस अवस्था में आसवन (distillation) प्रारम्भ हो जाता है तथा फॉस्फेट अपघटन 1400°-1500°C ताप पर चूर्ण होकर तत्वीय फॉस्फोरस (elemental Phosphorous) में परिवर्तित होता है।

अवशेष कैल्शियम सिलिकेट 1250°C पर पिघलता (melt) हो जाता है तथा जब ताप (temperature) 1400°C हो जाता है तो यह एक द्रव धातु मल (molten slag) का निर्माण करता है। द्रव पीला-फास्फोरस (Liquid yellow phospherous) को जल में एकत्रित कर लिया जाता है। कार्बन मोनोआक्साइड का उपयोग ईधन (Fuel) के रूप में करते है तथा फास्फेट मिश्रण को पुनः शाफ्ट (shaft) द्वारा विद्युत भट्टी (electric furnance) में डालते हैं। द्रव धातु मल को विद्युत भट्टी के नीचे से निकाल कर ठण्डा कर लिया जाता है। इसके पश्चात् इसका प्रयोग road bed gravel, soil liming तथा glass manufacture के लिए करते हैं।

फास्फोरस के गुण (Properties of Phosphorus)

(1) सफेद फॉस्फोरस एक नरम ठोस (soft solid) होता है।

(2) यह रंगहीन (colourless) होता है परन्तु प्रकाश (light) के प्रभाव से इसका रंग पीला (yellow) पड़ जाता है।

(3) इसमें लहसुन (garlic) जैसी गन्ध आती है। इसका गलनांक (M.P) 44.1°C तथा क्वथनांक (B.P) 280°C होता है।

(4) यह जल में अविलेय (insoluble) तथा कार्बनिक विलायकों (organic solvent) में विलेय (solute) है।

(5) फॉस्फोरस 287°C पर रंगहीन वाष्पों सहित उबलता है।

(6) फॉस्फोरस ज्वलनशील होता है तथा यह 45°C पर जल उबलता है। इसलिए इसे जल में रखा जाता है।

(7) अंधकार में हरी दीप्ति (green flouroscence) उत्पन्न करता है क्योंकि इसका ऑक्सीकरण कम (slow oxidation) होता है।

फॉस्फोरस के उपयोग (Uses of Phosphorous)

(1) इसका प्रयोग उर्वरक के रूप में किया जाता है।

(2) लाल फॉस्फोरस तथा फॉस्फोरस ट्राइसल्फाइड (P_2S_3) का प्रयोग दियासलाई (matches) बनाने में करते हैं।

(3) मिश्र धातु फॉस्फर ब्रान्ज (Phosphorous Branze) बनाने में।

(4) कैल्शियम सल्फाइड का प्रयोग होम्ज संकेत (Home's signals) बनाने में जिसका उपयोग समुद्री जहाजों को संकेत देने में किया जाता है।

फास्फोरिक अम्ल (Phosphoric Acid H_3PO_4)

फास्फोरिक अम्ल का उपयोग अधिकतर उर्वरक उद्योग के अतिरिक्त साबुन तथा अपमार्जक उद्योग (soap and detergents) उद्योग में भी होता है।

प्रयुक्त कच्चे पदार्थ (Used Raw Material)

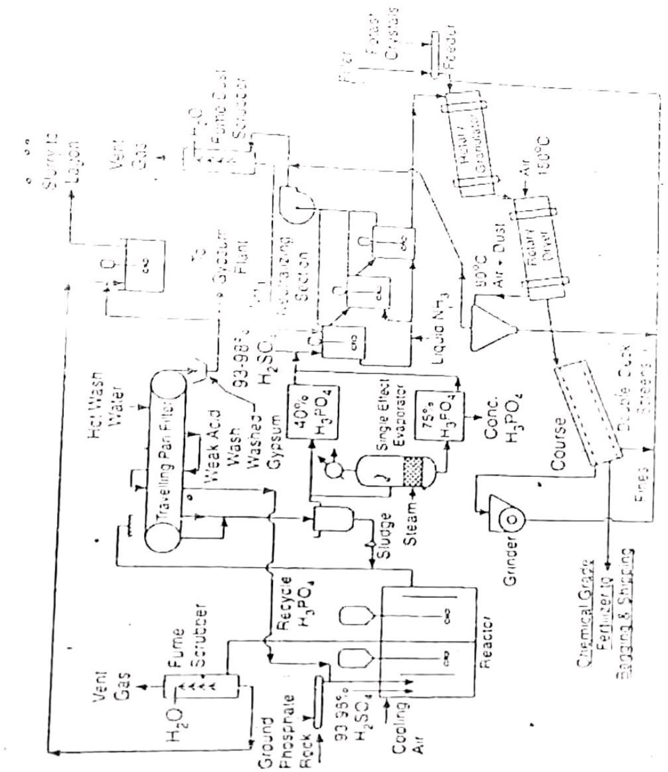
फास्फोरिक अम्ल के निर्माण में मुख्य पदार्थ फास्फेटी चट्टान तथा सल्फ्यूरिक अम्ल का प्रयोग किया जाता है। इसे आर्द्र विधि (wet process) द्वारा बनाया जाता है।

रासायनिक अभिक्रियायें (Chemical Reactions)

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 + 6H_2O \longrightarrow 2H_3PO_4 + 3\underset{\text{Gypsum}}{(CaSO_4.2H_2O)}$$

प्रक्रिया वर्णन (Process Description)

सर्वप्रथम सल्फ्यूरिक अम्ल तथा फास्फेट रॉक को रियेक्टर (reactor) में लेकर अभिक्रिया करायी जाती है जिससे फास्फोरिक अम्ल तथा जिप्सम (Gypsum) प्राप्त होता



चित्र 2.6 फॉस्फेट रॉक द्वारा प्रबल अम्ल से फास्फोरिक अम्ल का उत्पादन (Production of phosphoric acid and chemical fertilizer from phosphate rock by strong acid process).

है। जिप्सम क्रिस्टलों को फिल्टर कर लेना चाहिए। अभिक्रिया का रिटेन्शन समय (retention time) 1.5 से 12 h होती है। अभिक्रिया को निर्वात कूलर (vacuum cooler) लगाकर ठण्डा किया जाता है। यह अभिक्रिया लगातार (continuous) चलती रहती है। गैस तथा धूल (Dust) को पानी द्वारा गुजारा जाता है। गैस को Exhaust करके बाहर निकाल दिया जाता है Dust तथा अन्य पदार्थों को वायुमण्डल (atmosphere) में नहीं जाने दिया जाता है। इसे व्यर्थ पदार्थ (waste material) के रूप में प्राप्त कर लिया जाता है। Phosphoric acid तथा Gypsum को Pan filter से filter कर लेते हैं। Gypsum pan पर एकत्रित हो जाता है। जिप्सम को धोकर एकत्रित कर लिया जाता है। 30% P_2O_5 जो विलयन के रूप में होता है उसे vacuum evaporator द्वारा इसकी सान्द्रता 54% कर ली जाती है। इसके साथ आयी अन्य गैसें तथा व्यर्थ पदार्थ जल में गुजारकर (Pass) कर gas exust कर लेते हैं।

फास्फोरिक अम्ल के गुण (Physical properties of Phosphoric acid)

(1) यह एक रंगहीन, जल ग्राही (Hygroscopic) तथा क्रिस्टलीय (Crystalline) यौगिक है।

(2) इस गलनांक (Melting point) 42.4°C तथा क्वथनांक 213°C है।

(3) इसका 20°C पर घनत्व (density) 1.83 gm/cc है।

(4) जल में पूर्ण रूप से विलेय है।

(5) यह अवाष्पशील द्रव (Non-volatile liquid) है।

(6) यह त्रिक्षारकी अम्ल (Tribasic acid) होता है।

इसके उपयोग निम्न प्रकार हैं—

(1) फॉस्फेटी उर्वरकों (fertilizers) के निर्माण में।

(2) धातुओं के संक्षारण (corrosion) से रक्षण (protection) करने में।

(3) चीनी के बर्तनों पर पॉलिश करने में।

(4) हाइड्रोलाइसिस अभिक्रियाओं (Hydrolysis reaction) में उत्प्रेरक (catalyst) के रूप में।

(5) परिरक्षक के रूप में।

(6) अकार्बनिक विश्लेषण में संकुलन अभिकर्मक (complexing agent) के रूप में करते हैं।

(7) पदार्थों को अग्निसह (fire proof) बनाने में।

रख रखाव अथवा संग्रहण (Storage)

Phosphoric acid का संग्रहण stainless steel के बने रबड़ युक्त टैंक (rubber lined tanker) में करना चाहिए।

कैल्शियम सुपर फास्फेट — CH
(Calcium Super Phosphate, $3CaH_4(PO_4)_2 \cdot CaSO_4$)

यह कैल्शियम डाइहाइड्रोजन फास्फेट तथा जिप्सम का मिश्रण (mixture) होता है। इसे सुपर फास्फेट आफ लाइम भी कहते हैं। इसे एपेटाइट ($Ca_3(PO_4)_2 CaF_2$) खनिज पर सल्फ्यूरिक अम्ल (60% से 70% H_2SO_4) की अभिक्रिया द्वारा बनाया जाता है।

$$[Ca_3(PO_4)_2]_3 CaF_2 + 7H_2SO_4(aq) \longrightarrow 3CaH_4(PO_4)_2 . CaSO_4 + 2HF$$
Apatite (Phosphatic rock) — Super phosphate

आजकल बाजारों में जो बिक्री के लिये सुपर फॉस्फेट उपलब्ध है वह भूरे रंग (Grey) का भुरभुरा चूर्ण होता है इसके अतिरिक्त जब स्लेटी रंग का दानेदार के रूप में भी सुपर फॉस्फेट बाजार में मिलने लगा है। यह जल में घुलनशील होता है।

सुपर फॉस्फेट में फॉस्फेटिक अम्ल की प्रतिशत मात्रा इस प्रकार है—

सिंगिल सुपर फॉस्फेट (Single Super Phosphate) 16–20%

डबल सुपर फॉस्फेट (Double Super Phosphate) 32%

ट्रिपिल सुपर फॉस्फेट (Triple Super Phosphate) 46–48%

आजकल हमारे देश में सिंगल सुपर फॉस्फेट सर्वाधिक मात्रा में प्रयोग में लाया जाता है। सुपर फॉस्फेट लगभग सभी प्रकार की भूमियों में प्रयोग किया जा-सकता है। परन्तु उदासीन भूमि में इसका प्रयोग सबसे उत्तम माना जाता है। अधिक अम्लीय व क्षारीय भूमियों में इसका प्रयोग करने से सुपर फॉस्फेट स्थिर हो जाता है। इसको विलेय अवस्था में मिलाने पर इसका अधिकांश भाग पौधों के लिये अप्राप्य (None available) हो जाता है।

निर्माण विधि (Process Description)

इसके निर्माण के लिए फास्फेटिक चट्टान तथा 65% से 70% तक सल्फ्यूरिक अम्ल की आवश्यकता होती है क्योंकि सुपर फास्फेट ऑफ लाइम द्वारा 14% से 25% तक फास्फोरस पेण्टा आक्साइड (P_7O_5) प्राप्त हो जाता है।

इसे बनाने के लिए ईंटों से बना कक्ष होता है, जिसमें लैड का अस्तर (Lead lining) लगा होता है, में 60% से 70% सल्फ्यूरिक अम्ल भरा रहता है। तथा सूक्ष्म विभाजित खनिज फास्फेट (एपेटाइट) को ऊपर से मिलाया जाता है तथा मिश्रण को अच्छी प्रकार से हिलाते हैं। अभिक्रिया के मध्य SiF_4 तथा HF (Hydroflouric gases) गैसें निकलती हैं। यह गैसें अत्यधिक-हानिकारक होती हैं तथा इसमें कार्य करने वाले मजदूरों के लिए जी मिचलाने वाली होती है।

मशीनो का उपयोग करके इस प्राचीन कक्ष को डेन्स (dens) में स्थानान्तरित कर दिया जाता है। सूक्ष्म विभाजित फास्फेट चट्टान को सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल की आकलित (calculated) मात्रा को बेलनाकार मिश्रक (Blender) में मिलाया जाता है। मशीन द्वारा दोनों पदार्थों को मिलाया जाता है और फिर इसे डेन्स (Dens) में वाल्वों (valve) द्वारा

ले जाया जाता है यहाँ इसे 24 घण्टे के लिए छोड़ दिया जाता है। अभिक्रिया मिश्रक (Blender) में ही प्रारम्भ हो जाती है डेन (den) चलती रहती है तथा तापक्रम बढ़कर 120°C तक हो जाता है।

- SiF_4 तथा HF अम्ल भूम जल में शोषित होकर H_2SiF_6 का निर्माण करते हैं। अभिक्रियायें निम्न प्रकार होती हैं—

$$4HF + SiO_2 \longrightarrow SiF_4 + 2H_2O$$
$$3SiF_4 + 2H_2O \longrightarrow 2H_2SiF_4 + SiO_2$$
$$H_2SiF_4 + NaCl \longrightarrow Na_2SiF_4 + 2HCl$$

गुण (Properties)

(1) Calcium superphosphate में 4% मुक्त फास्फोरिक अम्ल होता है।

(2) इसकी Bulk capacity 961.1 kg/m³ होती है।

(3) इसकी क्रान्तिक आर्द्रता (critical humidity) 30°C पर 93.7°C होती है।

रख रखाव अथवा संग्रहण (Handing or Storage)

(1) यह free flowing powder नहीं होता है इसमें केक (cake) बनाने की क्षमता (tendency) पायी जाती है।

(2) इसका भण्डारण high density polyethylene begs में करना चाहिए।

ट्रिपिल सुपर फॉस्फेट (Triple Super Phosphate) — CH

ट्रिपिल सुपर फास्फेट (TSP), फास्फोरस का उत्तम स्रोत है। इसमें 42–50% तक फास्फोरस (Phosphorus) होता है।

प्रयुक्त कच्चा माल (Used Raw Material)

ट्रिपिल सुपर फॉस्फेट के उत्पादन के लिए फास्फेटिक चट्टान (Phosphatic rock) तथा फास्फोरिक अम्ल (Phosphoric acid) की आवश्यकता होती है।

रासायनिक अभिक्रियायें (Chemical Reactions)

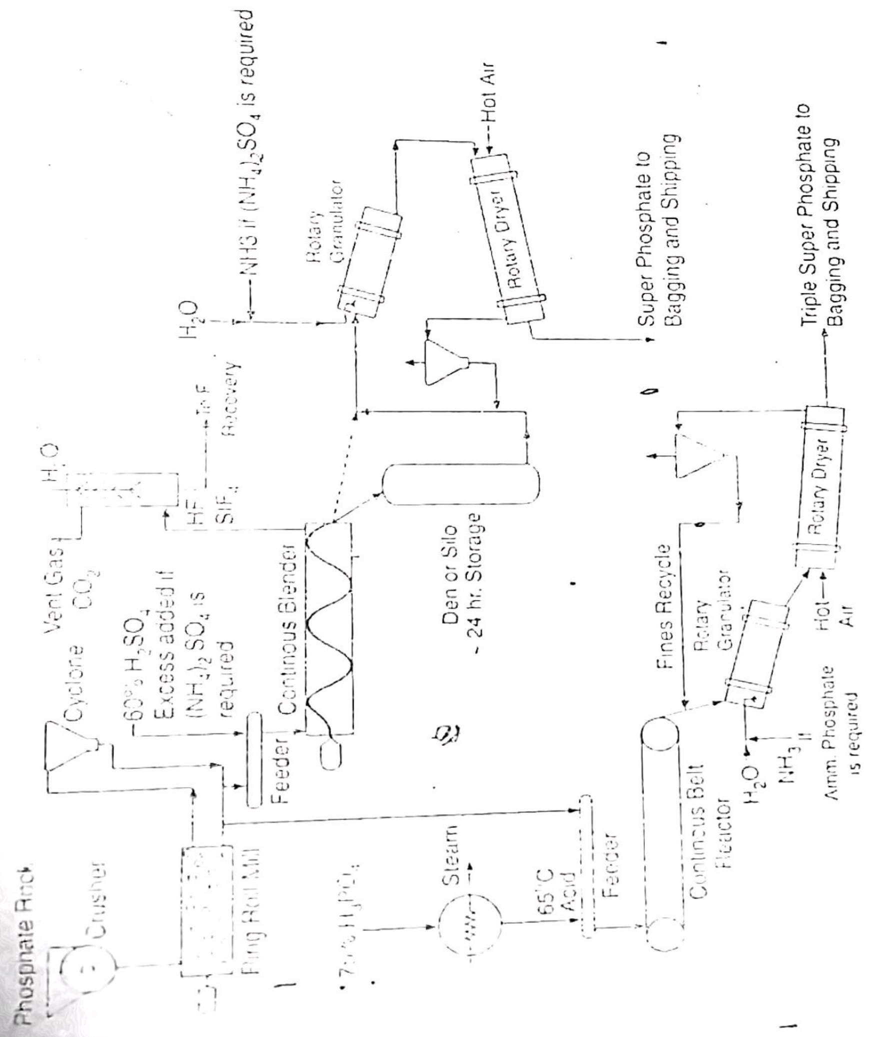
फास्फेटिक चट्टानों अर्थात् एपेटाइट पर 65% से 70% आर्थो फास्फोरिक अम्ल की अभिक्रिया कराने से ट्रिपिल सुपर फॉस्फेट का निर्माण होता है।

$$[Ca_3(PO_4)_2]_3 . CaF_2 + 14H_3PO_4 \longrightarrow 10CaH_4 . (PO_4)_2 + 2HF$$
Phosphate rock — Triple super phosphate

प्रक्रिया वर्णन (Process Description)

TVAC (Tennessee Valley Authority) सतत कणिकामय ट्रिपिल सुपर फास्फेट का उत्पादन का flow diagram निम्न प्रकार है।

इसमें Pulverised phosphate rock तथा Phosphoric acid को two stage reactor में मिलाया जाता है। Slurry को Granulator में स्प्रे (Spray) करते हैं।



चित्र 2.7. ट्रिपिल सुपर फॉस्फेट उर्वरक के निर्माण का रेखाचित्र
(Flow Diagram of Triple super phosphate fertilizers production).

Granulator, पुनः चक्रीकृत कर TSP को granules form में परिवर्तित कर देता है। Granulator से प्राप्त पदार्थ को सुखाकर, स्क्रीन तथा ओवरसाइज के क्रिस्टलों को क्रशर (crusher) में डालकर recycle कर लिया जाता है जो उत्पाद, सही आकार का होता है उसे cooler से cool करके एकत्रित कर लिया जाता है। तथा exhaust gas को Granulator से बाहर निकाल लिया जाता है तथा cooler को जल से स्क्रब (scrubbed) करके silicofluoride को दूर कर दिया जाता है।

गुण (Properties)

(1) ट्रिपिल सुपर फॉस्फेट जल में विलेय (water soluble) होता है।

(2) इसकी bulk density 800 – 881 kg/m^3 तथा Angle of repose 45° होता है।

रख-रखाव (Handling)

(1) इसमें केक बनाने की प्रकृति (tendency) पायी जाती है।

(2) इसको High density polyethylene lined begs में एकत्रित करना चाहिए। ट्रिपिल सुपर फॉस्फेट का निर्माण नंगल (पंजाब), राउरकेला (उड़ीसा), सिंदरी (बिहार) ... ट्राम्बे (महाराष्ट्र) आदि स्थानों पर किया जाता है।

नाइट्रोफास्फेट (Nitrophosphate)

नाइट्रोफास्फेट अमोनियम नाइट्रेट तथा विभिन्न फास्फेटों का मिश्रण (Mixture) होता है। नाइट्रोफास्फेट को फास्फेट रॉक (Phosphate rock) अथवा फास्फोराइट (Phosphorite) पर नाइट्रिक अम्ल अथवा सल्फ्यूरिक अम्ल द्वारा बनाया जाता है। इस विधि द्वारा इस उर्वरक (fertilizers) को यूरोप में बनाया जाता है।

नाइट्रोजन तथा फास्फोरस तत्व होने के कारण यह एक अच्छा उर्वरक (fertilizer) माना जाता है।

रासायनिक अभिक्रियायें (Chemical Reactions)

नाइट्रोफास्फेट के निर्माण में निम्न अभिक्रियायें होती हैं—

(i) Nitric Acid Digestion—Ammonia Neutralisation

$$Ca_3(PO_4)_2 + 6HNO_3 + 4NH_3 \longrightarrow Ca(NO_3)_2 + 2CaHPO_4 + 4NH_4NO_3$$

(ii) Nitric Acid – Sulphuric Digestion – Ammonia Neutralization

$$Ca_3(PO_4)_2 + 6HNO_3 + 6NH_3 + H_2SO_4 \longrightarrow 2CaHPO_4 + 6NH_4NO_3 + CaSO_4$$

(iii) Conversion to Monocalcium phosphate

$$2CaHPO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow \underset{\text{Water soluble}}{Ca(H_2PO)_2} + CaSO_4$$

(iv) Carbonitric Process

$$Ca_3(PO_4)_2 + 6HNO_3 + 6NH_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow 2CaHPO_4 + 6NH_4NO_3 + CaCO_3$$

विधि वर्णन (Process Description)

नाइट्रो फॉस्फेट का निर्माण आर्द्र विधि (wet process) द्वारा होता है। इसमें फास्फेट चट्टान (Phosphate rock) को छोटे-छोटे टुकड़ों में तोड़कर नाइट्रिक अम्ल (Nitric acid) की उचित मात्रा के साथ मिलाया जाता है। नाइट्रिक अम्ल की सान्द्रता (strength) 25-40% होती है। पाचक गारे (Digested slurry) को अमोनियामय टैंक (ammoniating tank) में प्रवेशित करते हैं। इस टैंक में सभी रासायनिक अभिक्रियायें पूर्ण होती हैं। स्लरी (slurry) को कणिकामय (granuated) बनाया जाता है तथा घूर्णन उपकरण (rotatory equipment) में सूखने (dried) के लिए भेज दिया जाता है।

मुख्य अभियान्त्रिकी समस्याएँ (Major Engineering Problems)

(1) कैल्सियम नाइट्रेट को दूर करना (Removal of calcium nitrate)—कैल्सियम नाइट्रेट ($Ca(NO_3)_2$) अत्यधिक आर्द्रताग्राही (hygroscopic) होता है तथा यह वायुमण्डल के सम्पर्क में आने पर पुन्ज (lump) जाता है। अतः कैल्सियम नाइट्रेट को डाइजेस्टिड लिक्वर (digested liquor) से क्रिस्टलन द्वारा ठण्डा कर दूर किया जा सकता है।

(2) संक्षारण (Corrosion)—Digestion तथा neutralisation के समय HNO_3 के द्वारा संक्षारित होने की सम्भावना बनी रहती है।

पोटाश उर्वरक (Potassic Fertilizers)

पोटाश उर्वरक पोटेशियम का नमकीन लवण होता है। यह मुख्यतः क्लोराइड और सल्फेट के रूप में ही प्रयोग किया जाता है। भारतीय भूमियों में पोटाश तत्व की कमी नहीं है।

सभी उर्वरक पानी में घुलनशील होते हैं। पोटाश पौधों में संश्लेषण क्रिया उत्पन्न करती है तथा पौधों में तैयार पोषक तत्वों को एक अंग से दूसरे अंग तक पहुँचाने में सहायता करती है। पोटाश पौधों में पर्णहरित (Chlorophyll) उत्पन्न करने के लिये भी आवश्यक है। पोटाश के प्रयोग से पौधों में रोगों का मुकाबला करने की क्षमता उत्पन्न होती है और पौधे बहुत से रोगों से बच जाते हैं। पोटेशियम सल्फेट तथा पोटेशियम क्लोराइड मुख्य उर्वरक हैं—

(i) पोटेशियम सल्फेट (K_2SO_4)—यह काइनाइट पदार्थ से तैयार किया जाता है। पोटेशियम क्लोराइड और सोडियम-सल्फेट की प्रतिक्रिया से भी पोटेशियम सल्फेट तैयार होता है। **पोटेशियम सल्फेट** में पोटाश की मात्रा 48-52% होती है। यह महीन चूर्ण के रूप में सफेद रवेदार लवण होता है। यह भी पानी में पूर्ण रूप से विलेय है।

(ii) पोटेशियम क्लोराइड अथवा म्यूरेट आफ पोटाश (Potassium Chloride)—इस उर्वरक में पोटेशियम क्लोरीन के साथ होता है। इसमें 60-62% पोटाश होता है। इसके

[illegible] अधिक है।

यौगिक उर्वरक अथवा नाइट्रोजन फास्फोरस तथा पोटेशियम उर्वरक (Compound Fertilizers or N-P-K Fertilizer)

हमारे देश में फसलों में नाइट्रोजन (N), फास्फोरस (P_2O_5), पोटाश (K_2O) तीनों ही महत्वपूर्ण तत्व हैं तथा फसलों द्वारा ये तीनों तत्व अधिक मात्रा में प्रयोग होते हैं। ये तीनों ही फसलों के लिये प्रमुख पोषक तत्वों में माने जाते हैं। इनकी हमारी भूमियों में प्रायः कमी पायी जाती है। अतः इन पोषक तत्वों के सान्द्रित उर्वरक (Concentrate fertilizers) तैयार किये जाते हैं और भूमि की उर्वरता बढ़ाने के उद्देश्य से उन्हें मिट्टी में मिलाया जाता है। इन उर्वरकों में से कुछ तो ऐसे होते हैं जिनमें केवल एक ही पोषक तत्व प्राप्त होता है और इनमें से कुछ ऐसे होते हैं जिनमें एक से अधिक पोषक तत्व पाये जाते हैं। अतः उनमें पाये जाने वाले पोषक तत्वों के अनुसार उन्हें नाइट्रोजन (N), नाइट्रोजन फास्फोरस (NP), नाइट्रोजन पोटाश (NK), फास्फोरस पोटाश (PK) और नाइट्रोजन फास्फोरस पोटाश (NPK) नामों से पुकारते हैं। जिन उर्वरकों में केवल एक पोषक तत्व होता है उन्हें सरल उर्वरक (Simple Fertilizers) कहते हैं। इसके अतिरिक्त जिन उर्वरकों में एक से अधिक पोषक तत्व होते हैं उन्हें यौगिक-उर्वरक (Compound fertilizers) के नाम से जानते हैं। इन उर्वरकों को Agro Chemicals Goa तथा Spic अधिक मात्रा में निर्मित करते हैं। भारत में यौगिक उर्वरक (compound fertilizers) का प्रयोग दिन प्रतिदिन बढ़ता जा रहा है।

प्रश्नावली

1. उर्वरक से आप क्या समझते हैं?
2. पौधों की वृद्धि के लिए किन आवश्यक तत्वों की आवश्यकता होती है?
3. एक अच्छे उर्वरक की विशेषता बताइए।
4. अमोनिया का निर्माण किस प्रकार किया जाता है? अमोनिया के निर्माण में प्रयुक्त रेखाचित्र का वर्णन कीजिए।
5. अमोनियम सल्फेट को जिप्सम विधि द्वारा किस प्रकार बनाते हैं?
6. यूरिया का निर्माण किस प्रकार किया जाता है? यूरिया के उपयोगों का वर्णन कीजिए।
7. प्रकृति में फास्फोरस किस अवस्था में मिलता है? फास्फोरस के गुण एवं उपयोगों का वर्णन कीजिए।
8. ट्रिपिल सुपर फॉस्फेट के निर्माण का वर्णन कीजिए तथा इसके रेखाचित्र बनाइए।

3

क्लोर-क्षार उद्योग

(CHLOR-ALKALI INDUSTRY)

क्लोर क्षार उद्योग का प्रयोग विभिन्न औद्योगिक रसायन (Industrial chemicals) बनाने के लिए किया जाता है।

(1) सोडा ऐश (सोडियम कार्बोनेट, Na_2CO_3)

(2) कास्टिक सोडा (सोडियम हाइड्रॉक्साइड, NaOH)

(3) क्लोरीन (Chlorine, Cl_2)

साधारण नमक अथवा सोडियम क्लोराइड (Common Salt or Sodium Chloride)

सोडियम का सबसे साधारण लवण सोडियम क्लोराइड है। भोज्य पदार्थ के रूप में प्रयुक्त होने के अतिरिक्त हाइड्रोक्लोरिक अम्ल, साबुन बनाने में लवण द्वारा अवक्षेपण (Precipitation) कराने में, सोडियम कार्बोनेट के निर्माण में इसका प्रयोग किया जाता है। इसके अतिरिक्त, बर्फ के ताप को और कम करने के लिए हिमांक मिश्रण (freezing mixture) बनाने में इसका प्रयोग किया जाता है। जल का मृदुकरण (water softening), रंजक (dyes), तथा भोज्य पदार्थों के संरक्षण (Food preservation) में भी यह अत्यन्त उपयोगी है।

उत्पादन स्रोत (Production Source)

सोडियम क्लोराइड के मुख्य स्रोत निम्नलिखित हैं—

(1) समुद्री जल (Sea water)

(2) कुछ झीलों के नमकीन जल (Salty water of some lakes)

(3) खनिज एवं पहाड़ी नमकीन चट्टानें

(4) उत्तर प्रदेश तथा बिहार की नमकीन भरती।

भारत में सोडियम क्लोराइड का निर्माण समुद्री जल (sea water) से होता है, भारत में कच्छ (Kutch) तथा सौराष्ट्र क्षेत्र (Saurashtra area) में तथा इण्डस मिट्टी (Indus soil) में पाया जाता है। राजस्थान की सांभर झील (Sambhar lakes) से साँभर नमक

(Sambhar salt) प्राप्त किया जाता है। हिमाचल प्रदेश (Himachal Pradesh) की चट्टानों (rocks) से नमक प्राप्त किया जाता है।

विधि वर्णन (Process Description)

भारत में नमक का औद्योगिक निर्माण समुद्री जल के सोलर वाष्पन (Solar evaporation) द्वारा किया जाता है। इसमें 3% NaCl होता है। समुद्री जल (sea water) को हौजों (reservoirs) तथा गड्ढों में लेकर सोलर ऊष्मा (solar heat) अथवा प्राकृतिक ऊष्मा (natural heat) द्वारा सुखा (dry) किया जाता है। निलम्बित अशुद्धियाँ (suspended impurities) हौजों में नीचे बैठ (settle down) जाती है। तथा नमक का घनत्व 10° Be तक बढ़ जाता है। अब इसे कई संघनित्रों (condensers) से गुजारा (fed) जाता है। यहाँ पर इसकी सान्द्रता 22 – 23° Be हो जाती है। प्रथम संघनित्र में कैल्शियम कार्बोनेट तथा बाइकार्बोनेट अवक्षेपित (Precipitated out) हो जाते हैं यहाँ पर नमक (brine) का घनत्व 10° से 14° Be हो जाता है। नमक (brine) से जिप्सम (Gypsum) 14° से 18° Be के मध्य अवक्षेपित हो जाता है, संधारित्रों (condensers) से brine, क्रिस्टलीकृत बेड (crystallizer beds) में चली जाती है तथा सोडियम क्लोराइड 25° से 29° Be पर क्रिस्टलीकृत (crystallises) कर लिया जाता है। जब मातृ द्रव (Mother liquor) 29° Be पर पहुँचता है तो यह क्रिस्टलीकृत अवस्था से विसर्जित (discharged) होने लगता है तथा शुद्ध-ब्राइन (fresh brine) को पुनः संघनित्रों (condensers) से गुजारा जाता है। नमक को पृथक (separate) कर लिया जाता है अब इसे सुखा (dried) कर एकत्र (collect) कर लिया जाता है। नमक को प्राप्त करने में लगभग 3 से 15 दिन का समय लग जाता है। क्रिस्टलीकृत अवस्था (crystallizers state) से प्राप्त मातृ द्रव (mother liquor) बीटर्न (bitterns, 29°C) कहलाती है। इसमें मैग्नीशियम तथा कैल्शियम की अशुद्धियाँ (impurities) भी अल्प मात्रा में विद्यमान रहती हैं।

भौतिक गुण (Physical Properties)

शुद्ध नमक का घनत्व 2.17 होता है तथा यह 804°C पर द्रवित होता है। यह एल्कोहल में अघुलनशील (insoluble) है। 23.4% से कम नमक के मिले हुए विलयन को ठण्डा करने पर बर्फ जम जाती है। इसका जलीय विलयन उदासीन (Neutral) होता है। NaCl 1413°C पर उबलता (boil) होता है तथा इसका 23% जलीय विलयन (aqueous solution) – 20°C पर जम जाता है।

मुख्य अभियान्त्रिकी समस्यायें (Major Engineering Problems)

सोलर वाष्पन अर्थात् सूर्य ताप को सोलर ऊर्जा अवशोषण, वायु आर्द्रता, तापक्रम तथा वायु वेग (Wind velocity) आदि मुख्य कारक (factors) हैं जो कि प्रभावित करते हैं। वाष्पन क्रिया (evaporation rate) तथा सोलर ऊर्जा की अवशोषण दर (rate of

absorption of solar energy) को बढ़ाने के लिए उपयुक्त रंजक (suitable dye) तथा काली रेत मिला दी जाती है।

उत्पादन एवं नमक की खपत (Production and Consumption of salt)

संसार में प्रायः समुद्र जल (sea water) से 30% नमक (salt) का उत्पादन होता है इसके अतिरिक्त कुछ नमक प्राकृतिक सोलर वाष्पन (natural solar evaporation) द्वारा प्राप्त होता है। गुजरात (Gujarat) में नमक का उत्पादन अधिक होता है।

नमक के उपयोग (Uses of Salt)

नमक के उपयोग निम्नलिखित हैं—

(1) साधारण नमक भोज्य पदार्थों (foods) का एक अभिन्न अंग है।

(2) चीनी मिट्टी के बर्तनों पर पॉलिश चढ़ाने (glazing) में प्रयुक्त किया जाता है।

(3) हिम मिश्रण (freezing mixture) बनाने में इसका प्रयोग किया जाता है। बर्फ एवं नमक का मिश्रण हिम मिश्रण कहलाता है।

(4) मांस, मछली, अचार, मक्खन आदि को सुरक्षित रखने (Preservations) के रूप में प्रयुक्त किया जाता है।

(5) विभिन्न रासायनिक पदार्थ जैसे क्लोरीन (chlorine), हाइड्रोक्लोरिक अम्ल, सोडियम सल्फेट, [illegible], साबुन आदि [illegible] में प्रयुक्त किया जाता है।

सोडियम हाइड्राक्साइड (Sodium Hydroxide)

सोडियम हाइड्राक्साइड अत्यन्त महत्वपूर्ण पदार्थ है। इसका उपयोग विभिन्न उद्योगों जैसे साबुन बनाने, कागज बनाने, सिल्क तथा रेयॉन तथा अनेक प्रकार के रंजक पदार्थ (dyes materials) आदि के बनाने में किया जाता है। इसका व्यवसायिक निर्माण निम्नलिखित विधियों द्वारा किया जाता है।

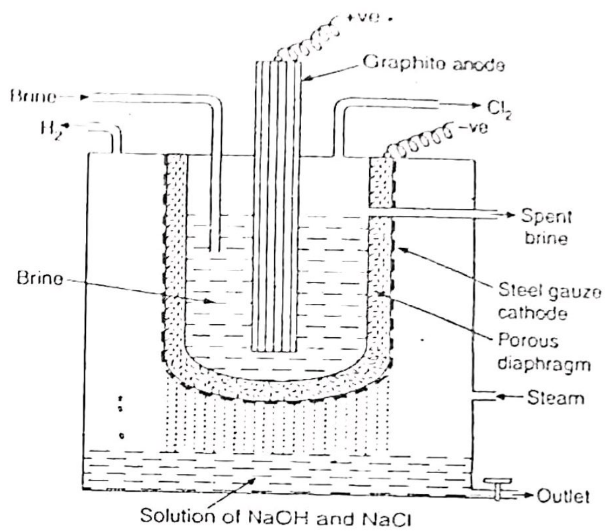
(1) वैद्युत अपघटनी विधि (Electrolytic Method)

(2) मरकरी विद्युत अपघटनी (Mercury Cell Method)

(1) वैद्युत अपघटनी विधि

सोडियम क्लोराइड के जलीय विलयन का प्रयोग कर सोडियम हाइड्रॉक्साइड का निर्माण किया जाता है। इस प्रक्रिया में नेल्सन सेल (Nelson cell) अथवा डायाफ्राम सेल (Diaphragm cell) का प्रयोग किया जाता है।

(1) विद्युत अपघटनी सेल विधि (Electrolytic Cell Method)—इस विधि में ब्राइन (brine) अथवा सोडियम क्लोराइड के जलीय विलयन के वैद्युत अपघटन से क्लोरीन का निर्माण किया जाता है। विद्युत अपघटन प्रक्रिया में कैथोड (Cathode) पर सोडियम हाइड्राक्साइड तथा हाइड्रोजन गैस तथा एनोड (Anode) पर क्लोरीन (Chlorine) उत्पन्न होती है। रासायनिक अभिक्रियाएं (chemical reactions) अग्र प्रकार हैं—



नेलसन विधि

चित्र 3.1

Cell Notation

(i) एनोड पर (At Anode)

$$\uparrow Cl_2.C/NaCl\,(aq) \longrightarrow NaOH/Fe\,(aq)$$
+ Anode — Cathode

$$Cl^- - e \longrightarrow \frac{1}{2}Cl_2$$

(ii) कैथोड पर (At Cathode)

$$Na^+ + H_2O + e \longrightarrow Na^+ + OH^- + 1/2\,H_2$$

सम्पूर्ण अभिक्रिया (Over all Reaction)

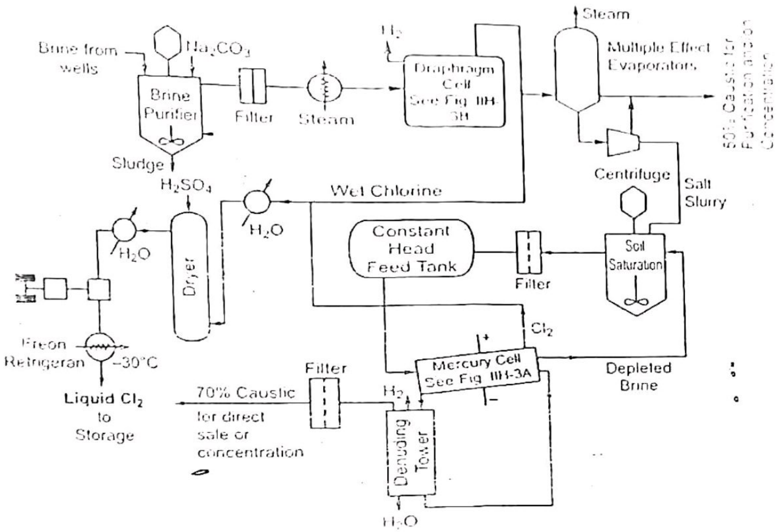
$$NaCl + H_2O \longrightarrow NaOH + \frac{1}{2}H_2 + \frac{1}{2}Cl_2 \quad \Delta H = +53.4\ kcal$$

उपरोक्त प्रक्रिया diaphragm cell में की जाती है।

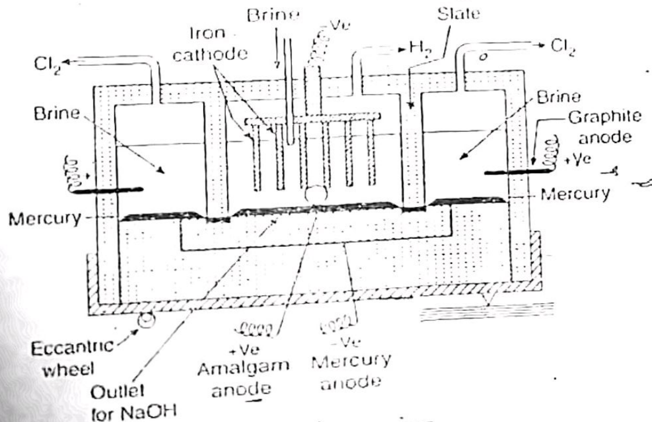
(2) मरकरी अथवा पारद अपघटनी सैल विधि (Mercury Electrolytic Cell of method)—इस विधि को कास्ट कैलनर विधि भी कहते हैं। इस विधि में पारद सेलों (Mercury cells) के द्वारा क्लोरीन का निर्माण किया जाता है। इस विधि से 70% सोडियम हाइड्राक्साइड विलयन (NaOH) प्राप्त हो जाता है। रासायनिक अभिक्रियायें अग्र प्रकार हैं—

+ 53.4 kcal

...ytic Cell of
... में पारद सेलों
...वधि से 70%
...



चित्र 3.2—विद्युत अपघटनी विधि द्वारा क्लोरीन-सोडा का उत्पादन



कास्टनर-कैलनर सेल

चित्र 3.3

एनोड पर (At Anode) $\quad Cl^- - e \longrightarrow \frac{1}{2}Cl_2$

कैथोड पर (At Cathode) $\quad Na^+ + e \longrightarrow Na^+$

$$Na^0 + Hg \longrightarrow NaHg \text{ (Amalgum)}$$

डीनडिंग (Denuding)—

$$NaHg + H_2O \longrightarrow NaOH + \frac{1}{2}H_2 + Hg$$

सम्पूर्ण अभिक्रिया (Over all Reaction)

$$NaCl + H_2O \longrightarrow NaOH + \frac{1}{2}H_2 + \frac{1}{2}Cl_2$$

सोडियम हाइड्राक्साइड के भौतिक गुण (Physical Properties)

(1) यह सफेद रंग का प्रस्वेद्य (deliquescent) ठोस पदार्थ होता है तथा टिकियों (Pellets), छड़ों तथा चूर्ण के रूप में मिलता है।

(2) यह वायु से जल वाष्प (Water vapour) अवशोषित (absorb) करके विलयन बनाने की प्रवृत्ति (tendency) रखता है।

(3) इसका गलनांक (M.P.) – 318°C तथा क्वथनांक 1,390°C होता है।

(4) यह जल में अति विलेय है।

(5) यह त्वचा (skin) पर गिरने पर फफोले (blisters) उत्पन्न करता है।

(6) जल में कास्टिक सोडा के घुलने पर पर्याप्त मात्रा में ऊष्मा (heat) निकलती है।

प्रयोग (Uses)

इसके उपयोग निम्नलिखित हैं—

(1) कार्बनिक एवं अकार्बनिक रसायन बनाने में।

(2) साबुन तथा अपमार्जक (detergents) बनाने में विभिन्न उद्योगों (industry) से कपड़ा उद्योग (Textile industry) कागज तथा लुगदी रेयॉन (Rayon) आदि बनाने में।

(3) अभिकर्मक (Reagent) के रूप में।

(4) पेट्रॉल को परिष्कृत (Refining) करने में।

क्लोरीन (Chlorine)

सूत्र – Cl_2

औद्योगिक स्तर पर क्लोरीन (chlorine) का उपयोग अत्यधिक मात्रा में किया जाता ... रसायनज्ञ शीले (Sheele) ने 1774 में मैंगनीज डाइ आक्साइड (MnO_2) तथा सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (conc. HCl) को गर्म करके क्लोरीन गैस का निर्माण किया। बर्थोलेट

4

सल्फर उद्योग

(SULPHUR INDUSTRY)

रासायनिक प्रक्रिया उद्योग (Chemical process Industry) में सल्फर अत्यधिक महत्वपूर्ण पदार्थ (raw material) है। यह प्रकृति में स्वतन्त्र एवं संयुक्त अवस्था (Natural and Combined state) में पाया जाता है। प्रकृति में यह ज्वालामुखी क्षेत्रों (Volcanoic region) में यह H_2S तथा SO_2 की क्रिया से अवक्षिप्तः(Precipitate) होती है। संयुक्त अवस्था (Combined state) में यह पायराइट (Pyrite, FeS_2), सेलेराइट (Shalerite, ZnS) तथा कैल्कोपायराइट (Calcopyrite, $CuFeS_2$) तथा गेलेना (Galena, PbS) में सल्फर सल्फाइट (sulphite) रूप में तथा फेरस सल्फेट (Ferrous sulphate, $FeSO_4$) **हैवीस्पार** (Heavyspar, $BaSO_4$) में यह सल्फेट (sulphate) के रूप में पाया जाता है।

सल्फर (Sulphur)

सल्फर का उपयोग अधिकतर सल्फ्यूरिक अम्ल (Sulphuric acid) के निर्माण में **कच्चे माल (Raw material)** के रूप में प्रयुक्त किया जाता है।

गुण (Properties)

सल्फर का **रसायनिक** सूत्र S तथा परमाणु भार 32.07 होता है। सल्फर के कई **अपररूप (allotrope)** ज्ञात है जैसे रोम्बिक (Rhombic), मोनोक्लिनिक (Monoclinic), इत्यादि।

रोम्बिक सल्फर का गलनांक 11.2.8°C (M.P.) होता है जबकि मोनोक्लीनिक सल्फर का गलनांक (Melting point) 444.6°C होता है। रोम्बिक सल्फर 18°C पर विशिष्ट गुरुत्व (Specific gravity) 2.07 होता है जबकि मोनोक्लीनिक सल्फर की विशिष्ट गुरुत्व 1.96 होता है। दोनो ही अपररूपों (Allotropes) S_8 अणुओं के बने होते हैं। परन्तु क्रिस्टल में अणुओं की व्यवस्था (arrangement) में अन्तर होता है। साधारण सल्फर ही रोम्बिक सल्फर कहलाती है तथा 95.6°C के ऊपर रोम्बिक सलफर (Rhombic Sulphur) तथा मोनो क्लिनिक सल्फर (Monoclinic sulphur) साम्यावस्था (Equillibrium) में होते हैं।

$$Sulphur_M \overset{5.6°C}{=\!=\!=} Sulphur_M$$

इस सल्फर की विशिष्ट गुरुत्व (Specific gravity) 1.803 होती है। सल्फर जल में अविलेय (insoluble) तथा कार्बनिक विलायकों (organic solvent) तथा अमोनिया (Ammonia) में विलेय (soluble) है।

कच्चा माल स्रोत (Raw Material Source)

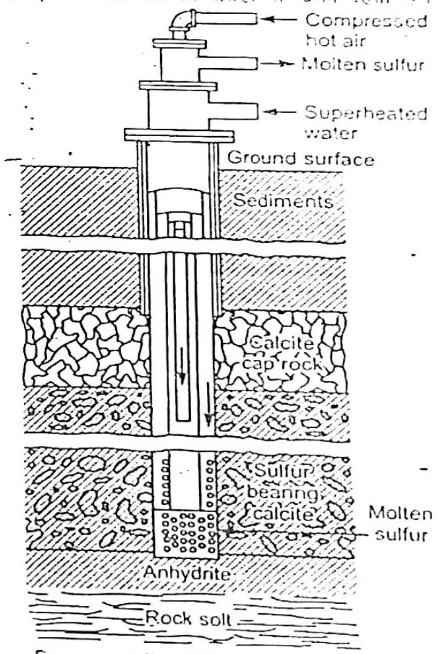
भारत में तत्व सल्फर (Elemental sulphur), पायराइट (pyrite), तथा सल्फाइड आदि सल्फ्यूरिक अम्ल के निर्माण के लिए प्रमुख स्रोत हैं। मुक्त सल्फर भारत के ज्वालामुखी क्षेत्रों (volcanic region) जैसे बंगाल की खाड़ी के द्वीपों में भी पाया जाता है। मुक्त सल्फर प्राप्त न होने के कारण इसे सल्फाइडों के अपचयन (reduction of sulphides) से इसे बनाना पड़ता है।

निर्माण-विधि (Manufacture Processs)

सल्फर को निम्नलिखित विधियां (Process) द्वारा बनाया जाता है—

(1) फ्रॉश विधि (Frasch Process)

अमेरिका के ल्यूसीनिया नामक स्थान में गंधक 700-800 फीट नीचे भूमि में पाया जाता है जो क्रमशः चट्टान, क्ले और रेत की सतहों से ढका रहता है।



चित्र 4.1—फ्रॉश विधि (Frasch Process)

चोर-रेत (quick sand), जल की अत्यधिक मात्रा और SO_2 तथा H_2S जैसी विषैली गैसों की उपस्थिति के कारण खनन की सामान्य विधियों को यहाँ प्रयोग नहीं किया जा सकता है। यहाँ पर फ्रॉश की विधि उपयोग में लाई जाती है। गंधक के भंडारों में चार संकेन्द्री जल भूमि में डाले जाते हैं। बाहरी नल से 160°C का अतितप्त (super heated) जल नीचे की ओर पंप किया जाता है और सबसे भीतरी नल द्वारा संपीड़न (compressed) वायु अतितृप्त जल गन्धक को गलाकर इसके साथ पायस (emulsion) बनाता है और संपीड़ित वायु इसे तीसरे नल द्वारा बाहर निकाल देती है।

पायस को लकड़ी के बड़े-बड़े कुण्डों में जिनमें सांचे लगे रहते हैं, एकत्रित कर लिया जाता है। ठोस गंधक बनने के पश्चात् साँचों को बाहर निकालकर तोड़ लिया जाता है। इस प्रकार लगभग 99.5% शुद्ध गन्धक प्राप्त होती है।

प्रक्रिया वर्णन (Process Description)

फ्रॉश विधि का flow diagram चित्र में प्रदर्शित है—

(2) औद्योगिक स्तर पर (Industrial Scale)

ज्वालामुखी क्षेत्रों (Volcanic regions) के भंडार से भी सल्फर प्राप्त किया जाता है इन क्षेत्रों में सल्फर चूने के पत्थर (lime stone) तथा जिप्सम के मिश्रण में विद्यमान है।

निष्कर्षण (Extraction)

सिसिली की विधि (Sicilian method)—कच्चे गंधक (crude sulphur) के भंडारों में से शुद्ध सल्फर प्राप्त करने के लिये भूमि में एक बड़ा गोल गड्ढ़ा (2-3 मीटर व्यास) लगभग आधा मीटर गहरा खोदा जाता है। कच्चे गंधक के बड़े-बड़े पिण्डों को इसमें रखकर ऊपर से ढक देते है, ऊपरी सतह से अग्नि द्वारा इसे गर्म करते है। गलित सल्फर नीचे रखे हुए लकड़ी के खांचों में लगभग 12 घंटों पश्चात् एकत्रित कर लिया जाता है। इस पुरानी विधि को अब संशोधित कर दिया गया है। जिप्सम में लगभग 10 मीटर व्यास के छेद बनाये जाते हैं जिनमें गलित सल्फर निकालने के लिए एक आसान प्रयोजन रहता है (चित्र 4.3)। इस विधि में गन्धक की हानि अत्यधिक कम हो जाती है। सिसिली के कच्चे गंधक में 15-25 प्रतिशत गंधक रहता है जिसका लगभग 75 प्रतिशत भाग इस विधि द्वारा प्राप्त कर लिया जाता है।

(3) अम्लीय तथा शोषक गैसों से गन्धक की प्राप्ति

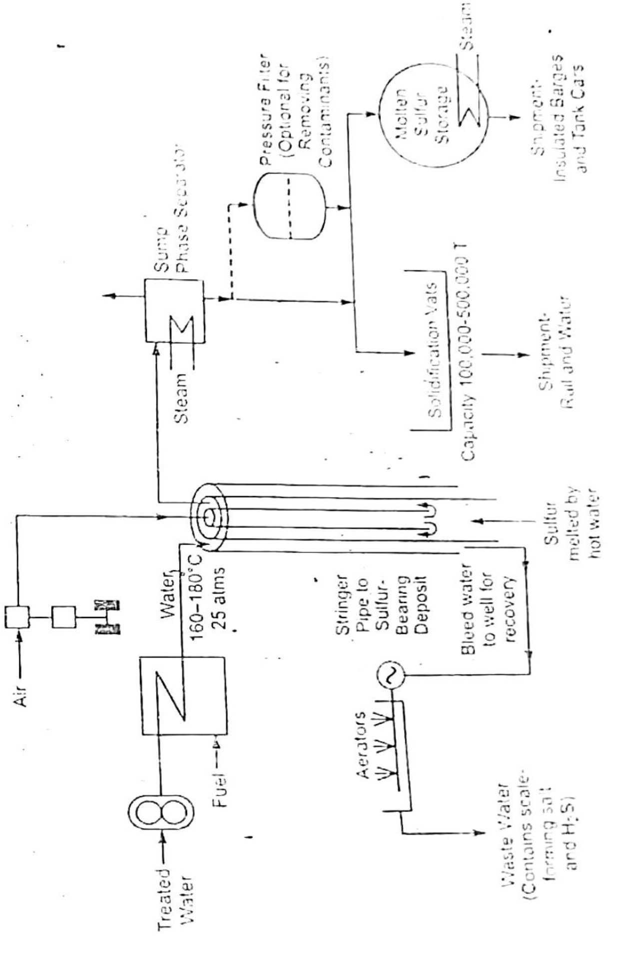
(Recovery of sulphur from sour and refinery gas)

प्राकृतिक अम्लीय गैस तथा शोषक गैस सल्फर का महत्वपूर्ण स्रोत (source) है क्योंकि इसमें सल्फर, H_2S के रूप में विद्यमान रहता है।

रासायनिक अभिक्रियायें (Chemical Reactions)

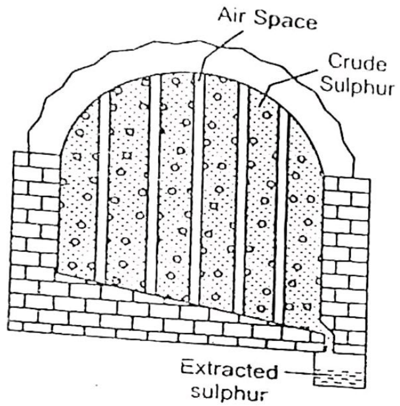
(i) $2H_2S + 3O_2 \longrightarrow 2SO_2 + 2H_2O \quad \Delta H = -247.89$ kcal

(ii) $4H_2S + 2SO_2 \xrightarrow{V_2O_5} S_6(g) + 4H_2O \quad \Delta H = -42.24$ kcal



चित्र 4.2—फ्रॉश विधि द्वारा तत्व सल्फर का रेखाचित्र

(Flow diagram of Elemental sulfur by Frasch process)



चित्र 4.3—सिसिली की विधि (Process of Sisilian)

सर्वप्रथम H_2S गैस तथा वायु को उपरोक्त अभिक्रिया के अनुसार जलाया जाता है। प्राय सल्फर डाइआक्साइड (SO_2), H_2S गैस को आक्सीकृत (oxidised) करती है। दहन उत्पादों को ठंडा करके उत्प्रेरक (Catalyst) से भरे हुए एक परिवर्तक (converter) में ले जाते हैं। जहाँ H_2S तथा SO_2 परस्पर क्रिया कर सल्फर तथा जल वाष्प बनाते हैं। गन्धक वाष्पों (Sulphur vapours) को द्रव गन्धक (liquid sulphur) से धोकर संघनित (condense) कर लेते हैं।

एक तनु तत्वीय सल्फर (elemental sulphur) बनाने के लिए निम्नलिखित सामग्री की आवश्यकता होगी–

पायराइड अयस्क	4.4 टन
लाइम स्टोन	0.65 टन
ईंधन तेल	0.76 टन
जल	25 टन
विद्युत	1,800 kwH

सल्फर का उपयोग (Uses of sulphur)

(1) सल्फ्यूरिक अम्ल के निर्माण में

(2) SO_2, SO_3, CS_2 तथा P_2S_5 P_2S_5 के उत्पादन में।

(3) Rubber Vulcanisation Agents के रूप में।

(4) Gun Powder तथा Sulphur dyes के उत्पादन में इसका उपयोग किया जाता है।

सल्फ्यूरिक अम्ल (Sulphuric Acid)

संरचना सूत्र–H_2SO_4

सल्फ्यूरिक अम्ल अत्यन्त व्यापारिक पदार्थ है। इसका उपयोग उर्वरक (fertilizers),

अम्ल, भारी रसायन (Heavy chemicals), रंजक (dyes), कोलतार उत्पादक (Coal tar), लैकर (Lacquors) तथा प्लास्टिक विस्फोटक पदार्थ, वस्त्र उद्योग (Textile industry), रंग एवं वर्णक (column and pigment industry) तथा अन्य उपयोगी पदार्थों को बनाने में किया जाता है। इसके अतिरिक्त इसका उपयोग तेल शोधन (Oil refniry), चर्म शोधन (Leather purification) तथा धातु कर्मों (Metallurgy) में भी किया जाता है।

सल्फ्यूरिक अम्ल के भौतिक गुण (Physical Properties of Sulphuric Acid)

सल्फ्यूरिक अम्ल तेल जैसा (like oil) तथा रंगहीन द्रव (colourless liquid) है। इसका अणुभार 98.08 तथा गलनांक (M.P) 10.5°C एवं क्वथनांक (BP) 340°C होता है। तीव्र अम्ल होने के कारण यह एक संक्षारित पदार्थ (corrosive substance) है। त्वचा पर गिरने पर दर्द युक्त फफोले (Painful blusters) उत्पन्न कर देता है। सल्फ्यूरिक अम्ल में जल नहीं मिलाना चाहिए क्योंकि जल मिलाने पर अत्यधिक मात्रा में ऊष्मा उत्सर्जित होती है। अत्यधिक ऊष्मा उत्सर्जित होने के कारण अम्ल का उच्छलन (Bumbing) होने लगता है जिस कारण विस्फोट (explosive) होने की सम्भावना बनी रहती है।

प्रयुक्त कच्चा माल (Used Raw Material)

सल्फ्यूरिक अम्ल का निर्माण सल्फर पायराइट, CuS, ZnS, PbS, MoS_2, H_2S तथा बेकार H_2SO_4 (Waste H_2SO_4) से किया जाता है।

रासायनिक अभिक्रियायें (Chemical Reactions)

औद्योगिक स्तर पर सल्फ्यूरिक अम्ल के निर्माण के लिए प्रकृति में सल्फर अत्यधिक मात्रा में पायी जाती है। सल्फ्यूरिक अम्ल बनाने के लिए सल्फर को ऑक्सीजन की उपस्थिति में जलाया जाता है। जिससे सल्फर डाइऑक्साइड गैस प्रकट होती है। सल्फर डाइऑक्साइड को ऑक्सीकृत करने पर सल्फरट्राईऑक्साइड (SO_3) गैस प्रकट होती है जिसे जल में विलेय करने पर सल्फ्यूरिक अम्ल (H_2SO_4) प्राप्त होता है।

$$S_{(s)} + O_2 \longrightarrow SO_2\,(g)$$

$$SO_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons SO_3\,(g)$$

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

निर्माण विधि (Manufacture Process)

सल्फ्यूरिक अम्ल के औद्योगिक निर्माण के लिए निम्न दो विधियाँ प्रयोग में लायी जाती हैं—

(1) सीस कक्ष विधि (Lead Chamber Process)

(2) सम्पर्क विधि (Contact Process)

उपरोक्त दोनों ही विधियाँ सल्फर डाइ ऑक्साइड गैस (SO_2) पर आधारित हैं। सीस

कक्ष विधि द्वारा सर्वप्रथम सल्फ्यूरिक अम्ल का निर्माण 1746 में किया गया इस विधि के द्वारा केवल 80% तक ही H_2SO_4 प्राप्त किया जा सकता है। सीसकक्ष विधि अत्यधिक पुरानी विधि है। सम्पर्क विधि (Contact Process) द्वारा 98% तक H_2SO_4 प्राप्त किया जा सकता है।

सीस कक्ष विधि (Lead Chamber Method)

इस विधि में सल्फारडाइ ऑक्साइड वायु तथा नाइट्रिक ऑक्साइड के मिश्रण की भाप (Steam) के साथ अभिक्रिया करने पर सल्फ्यूरिक अम्ल बनता है।

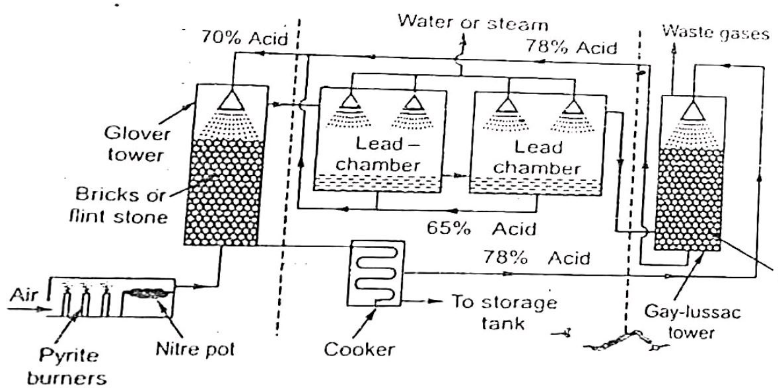
$$\underset{\text{catalyst}}{SO_2 + NO_2} \longrightarrow \underset{\text{sulphur tri oxide}}{SO_3}$$

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow \underset{\text{sulphur acid}}{H_2SO_4}$$

$$NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$$

अभिक्रियायें उत्प्रेरक NO_2 पुनः प्राप्त होता है।

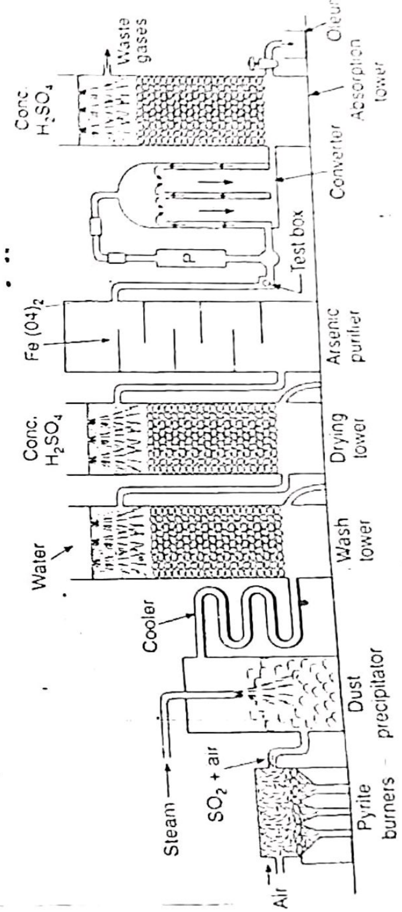
सीस कक्ष विधि में प्रयुक्त संयन्त्र (चित्र 4.4) निम्न प्रकार है–



चित्र 4.4—सीस कक्ष विधि (Lead Chamber Process)

सम्पर्क विधि (Contact Process)

इस विधि में सल्फर डाइऑक्साइड (SO_2) का सल्फर ट्राइऑक्साइड (SO_3) में ऑक्सीकरण प्लैटिनमयुक्त एस्बेस्टॉस अथवा वैनेडियम पेण्टाआक्साइड (V_2O_5) उत्प्रेरक की उपस्थिति में किया जाता है। प्लेटिनम धातु कीमती होने के कारण आधुनिक संयन्त्रों में प्लैटिनम के स्थान पर V_2O_5 उत्प्रेरक का प्रयोग किया जाता है। SO_2 तथा ऑक्सीजन के संयोग से SO_3 का निर्माण ऊष्माक्षेपी (exothermic reaction) अभिक्रिया है।



चित्र 4.5—सम्पर्क विधि (Contact Process)

प्रक्रिया वर्णन (Process Description)

इस विधि में पिघली सल्फर (molten sulphur) तथा वायु (air) की उपस्थिति में परिवर्तक गैस द्वारा (Converter gas) जलाया जाता है जिसे सल्फर, सल्फर डाइऑक्साइड गैस (SO_2) में परिवर्तित (change) हो जाती है। अब इस गैस को स्टील से बने (steel construction) प्रथम स्तम्भ (first stage) रिएक्टर (reactor) में भेजी जाती है। इस रिएक्टर का तापक्रम 500-600°C होता है। इसमें कुल उत्प्रेरक 30% तथा 80% तक सल्फर डाइऑक्साइड परिवर्तित हो जाती है अब परिवर्तक उत्पाद (converter product) को 300°C पर ठण्डा (cool) किया जाता है तथा इसे दूसरे परिवर्तक (converter) में भेजा जाता है। इस परिवर्तक कक्ष (converter chamber) का तापक्रम 400-450°C तक होता है तथा सल्फर ट्राइऑक्साइड का 97% तक सल्फर डाइऑक्साइड (SO_3) में परिवर्तित हो जाता है। Two stage converter में वैनेडियम पैण्टाऑक्साइड (V_2O_5) का प्रयोग उत्प्रेरक (catalyst) के रूप में किया जाता है।

सल्फर ट्राइऑक्साइड (SO_3) को वायु से ठण्डा करने के उपरान्त ओलियम अवशोषण स्तम्भ (Oelum Absorption Tower) में भेजा जाता है। Oleum Absorption Tower में पहले से कुछ मात्रा में ओलियम (Oleum) विद्यमान रहता है। अब अवशोषण स्तम्भ (Absorption Tower) से प्राप्त ओलियम को ठण्डा करके संग्राहक (storage) टैंक में ले जाया जाता है। ओलियम अवशोषण स्तम्भ (Oleum Absorption Tank) से प्राप्त H_2SO_4 को सल्फ्यूरिक अवशोषण स्तम्भ (Sulphuric Absorption Tower) में ले जाया जाता है। यहाँ पर 90% H_2SO_4 प्राप्त होता है। 98% H_2SO_4 को वायु शुष्णक (Air dier) में ले जाते हैं। इस स्थान पर H_2SO_4 की सान्द्रता 1% कम हो जाती है। Air direr से प्राप्त H_2SO_4 को H_2SO_4 Absorption Tower में ले जाते हैं। प्राप्त H_2SO_4 98.5% शुद्ध होता हैं। इसे ठण्डा करने पर 100% अम्ल का क्रिस्टलन हो जाता है तथा गैसे अवशोषण स्तम्भ (Absorption Tower) से बाहर निकल जाती हैं।

उपयोग (Uses)

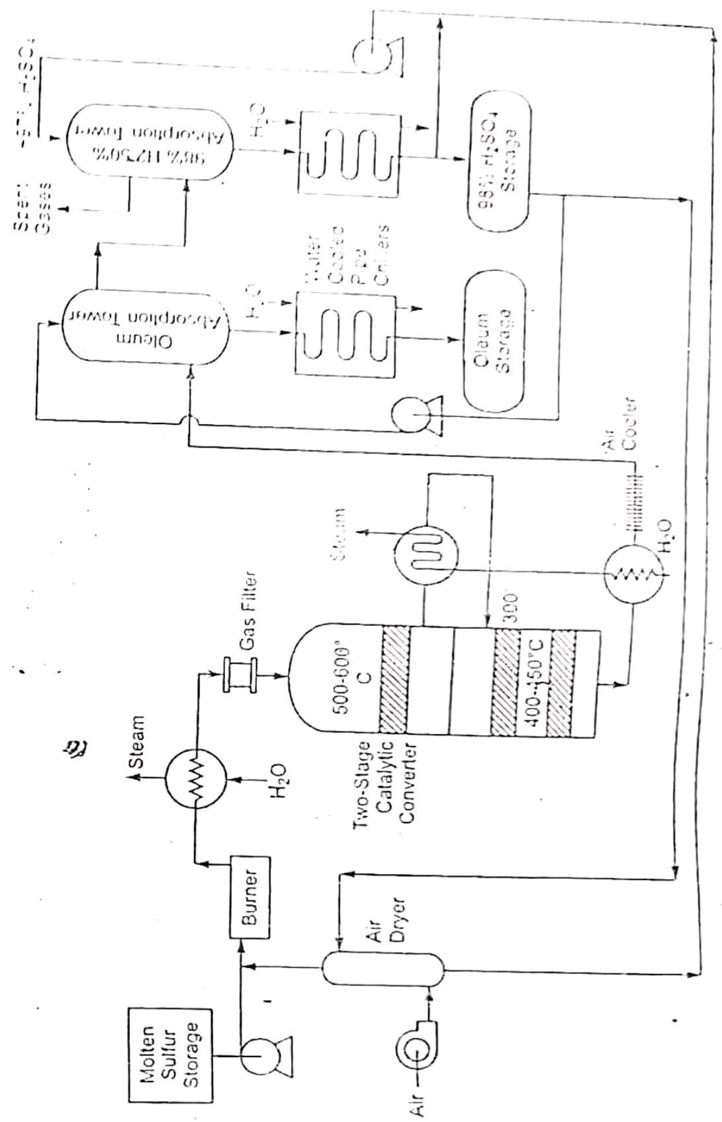
H_2SO_4 के उपयोग निम्नलिखित हैं—

(1) यह प्रयोगशाला में अभिकर्मक (Reagent) के रूप में काम आता है।

(2) इसका प्रयोग ऑक्सीकरण (Oxidising) तथा निर्जलीकारक (Dehydrating) के रूप में किया जाता है।

(3) विभिन्न रासायनिक पदार्थों, उर्वरकों तथा विस्फोटक पदार्थों के बनाने में किया जाता है।

(4) रंग, कागज, कपड़े तथा विभिन्न औषधियों के उद्योग (Medicine Industry) में अत्यधिक उपयोगी है।



चित्र 4.6—सम्पर्क विधि द्वारा सल्फ्यूरिक अम्ल तथा ओलियम के निर्माण का रेखाचित्र (Flow diagram of Manufacture of sulfuric acid and oleum by contact process.)

ओलियम (Oleum)

ओलियम लेटिन शब्द (Latin Word oleum =oil) से बना है। ओलियम को सधूम सल्फ्यूरिक अम्ल भी कहा जाता है क्योंकि यह सल्फ्यूरिक अम्ल में सल्फर ट्राइऑक्साइड के विभिन्न संघटन का विलयन होता है।

ओलियम को $y\ SO_3, H_2O$ सूत्र द्वारा प्रदर्शित किया जाता है जहाँ y सल्फर ट्राइऑक्साइड की कुल मोलर है। y का मान विभिन्न ओलियम के लिए भिन्न-भिन्न हो सकता है। ओलियम को $H_2SO_4 . x\ SO_3$ सूत्र द्वारा भी प्रदर्शित किया जा सकता है यदि $x = 1$ अर्थात् ओलियम में H_2SO_4 तथा SO_3 का अनुपात 1 : 1 है तो डाइसल्फ्यूरिक अम्ल के लिए सूत्र $H_2S_2O_7$ होगा शुद्ध डाइसल्फ्यूरिक अम्ल स्वयं कमरे के ताप पर ठोस (solid) होता है तथा इसका गलनांक 30°C होता है इसका प्रयोगशाला में अथवा औद्योगिक प्रक्रिया में कम उपयोग किया जाता है।

ओलियम का उत्पादन (Production of Oleum)

सम्पर्क विधि (Contact Process) द्वारा ओलियम (Oleum) का उत्पादन होता है, जब सल्फर को सल्फर डाईऑक्साइड में ऑक्सीकृत (oxidised) किया जाता है। सम्पर्क विधि द्वारा बनी हुई SO_3 जल में शोषित (absorb) नहीं होने पाती क्योंकि जल के साथ घना कुहरा (Dense fog) बनाती है जो आसानी से संघनित (condense) नहीं हो पाता। इसलिए SO_3 को 90% सल्फ्यूरिक अम्ल में शोषित कर लिया जाता है। इस प्रकार प्राप्त ओलियम अथवा सधूम सल्फ्यूरिक अम्ल रंगहीन तेलीय-द्रव के रूप में होता है तथा शुद्ध अवस्था में नम वायुमण्डल में घना अथवा अधिक धूमें (Dense fumes) देता है। ओलियम के बनाने में SO_3 का अधिक शोषण 60% होता है। इस सान्द्रण पर ओलियम का घनत्व सबसे अधिक होता है।

$$H_2SO_4 + SO_3 \longrightarrow \underset{\text{Oleum or Fuming Sulphuric Acid}}{H_2S_2O_7}$$

ओलियम के भौतिक गुण (Physical Properties of Oleum)

(1) ओलियम कर्कश अभिकर्मक (harsh reagent) हैं।

(2) यह अधिक सक्षारक (corrosive) होता है।

उपयोग

इसके उपयोग निम्नलिखित हैं—

(1) ओलियम का मुख्य उपयोग सल्फ्यूरिक अम्ल यौगिक के स्थानान्तरण (transporting) के लिए करते हैं।

(2) विभिन्न विस्फोटकों (explosives) के बनाने में किया जाता है।

(3) नाइट्रोबैंजीन के द्वितीयक नाइट्रीकरण (Nitration) में इसका उपयोग अभिकर्मक (reagent) के रूप में किया जाता है।

प्रश्नावली

1. सल्फर का निर्माण फ्रॉश विधि द्वारा किस प्रकार करते हैं?
2. सल्फर के उपयोगों का वर्णन करो।
3. सल्फ्यूरिक अम्ल का निर्माण सम्पर्क विधि द्वारा किस प्रकार करते हैं?
4. ओलियम (Oleum) किस प्रकार बनाया जाता है? ओलियम बनाने में प्रयुक्त रेखाचित्र का वर्णन कीजिए।

❑

5

सीमेंट उद्योग
(CEMENT INDUSTRY)

सीमेंट का प्रयोग दिन प्रतिदिन बढ़ता जा रहा है। सीमेंट का उपयोग पुल, सुरंग तथा भवन निर्माण में किया जाता है। सन् 1824 में इंग्लैंड में वैज्ञानिक जोसेफ एस्पडीन (Joseph Aspdin) ने सर्वप्रथम पोर्टलैण्ड सीमेंट का निर्माण किया। यह इंग्लैंड में पाये जाने वाले पोर्टलैण्ड सीमेण्ट (Portland Cement) के समान है। अतः सीमेंट को पोर्टलैण्ड सीमेंट भी कहा जाता है।

पोर्टलैंड सीमेंट का संघटन (Composition of Portland Cement)

रासायनिक दृष्टि से सीमेंट कैल्शियम के विभिन्न सिलिकेटों, एल्यूमिनेटों व एल्यूमिनों फेराइट का मिश्रण है। पोर्टलैण्ड सीमेंट में पाये जाने वाले विभिन्न आक्साइड का औसत संघटन निम्न प्रकार है—

1. चूना (Lime) CaO	50–60%
2. सिलिका (Silica) SiO_2	20–25%
3. एल्यूमिना (Alumina) Al_2O_3	5–10%
4. मैग्नीशिया (Magnesia) (MgO)	2–3%
5. फैरिक आक्साइड (Fe_2O_3)	1–2%
6. सल्फर ट्राईआक्साइड (SO_3)	1–2%
7. सोडियम आक्साइड (Na_2O)	1%
8. पोटेशियम आक्साइड (K_2O)	1%

सीमेंट के आवश्यक अवयव चूना (lime), सिलिका तथा एल्यूमिना (alumina) हैं। उत्तम गुणों वाली सीमेंट के लिए आक्साइड का अनुपात (ratio) निम्नलिखित होना चाहिए—

$$\frac{\% SiO_2}{\% Al_2O_3} = 2.5-4$$

$$\frac{\% CaO}{\% SiO_2 + \% Al_2O_3 - \% Fe_2O_3} = 1.9 - 2.1$$

सीमेंट निर्माण में आवश्यक अवयवों अर्थात् चूना, सिलिका एलुमिना में परिवर्तन होने पर इनके गुणों में परिवर्तन हो जाता है, जो कि निम्न प्रकार है—

1. साधारण सीमेंट में आयरन आक्साइड की न्यूनतम मात्रा मिलाने पर सफेदी आ जाती है।

2. सीमेंट में चूने (lime) की मात्रा कम होने पर सीमेंट की शक्ति कम हो जाती है तथा शीघ्रता से जम जाता है।

3. सीमेंट में चूने की अधिक मात्रा होने पर सीमेंट के जमने पर दरारें (cracks) पड़ जाती हैं।

4. सिलिका की अधिक मात्रा होने पर यह दुर्बल सीमेंट का निर्माण करता है।

5. एल्यूमिना की अधिक मात्रा होने पर यह शीघ्र जमने लगता है।

सीमेंट के निर्माण हेतु कच्चे माल की आवश्यकता (Raw Material for Formation of Cement)

सीमेंट निर्माण के लिए निम्नलिखित कच्चे पदार्थ की आवश्यकता होती है—

1. **चूना पत्थर (lime stone)**—$CaCO_3$, चॉक संगमरमर, आदि।

2. **चिकनी मिट्टी (clay)**—चिकनी मिट्टी का अणु सूत्र $Al_2O_3.SiO_2.Fe_2O_3.2H_2O$ है। मिट्टी द्वारा सिलिका तथा एल्यूमिना की पूर्ति होती है। अधिकांश चिकनी मिट्टियों में आयरन आक्साइड (Fe_2O_3) की मात्रा कम पायी जाती है। जिस कारण सीमेंट का रंग सफेद होता है।

3. **जिप्सम (Gypsum)**—$CaSO_4.2H_2O$ जिप्सम के मिलाने पर सीमेंट के जमने की दर कम हो जाती है।

पोर्टलैण्ड सीमेंट की निर्माण विधि (Manufacture of Portland Cement)

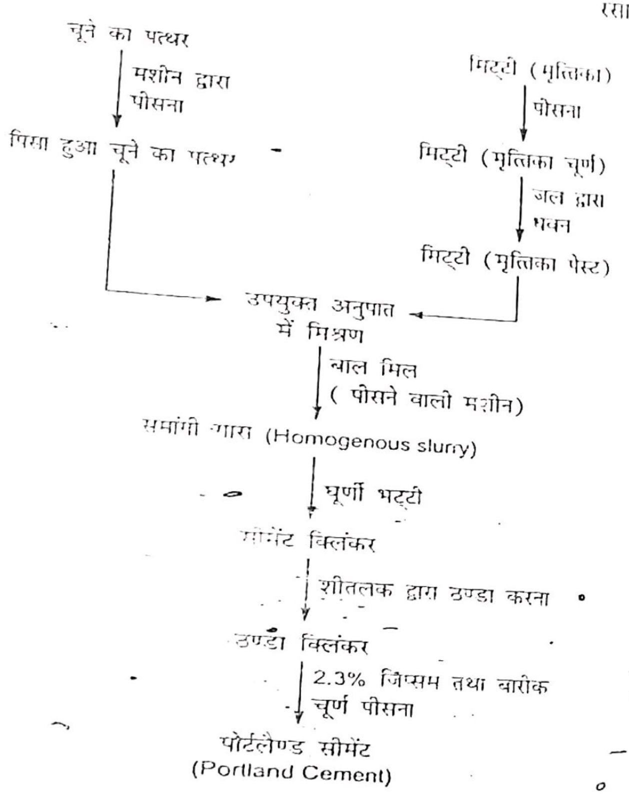
पोर्टलैण्ड सीमेंट का निर्माण मुख्यतः निम्नलिखित पदों में किया जाता है—

1. कच्चे पदार्थों का मिश्रण बनाना या गारा बनाना (Preparation of raw material or slurry)

कच्चे पदार्थों जैसे लाइम स्टोन अर्थात् चूना पत्थर व मिट्टी को उचित अनुपात में मिलाकर पीस लेते हैं। इस मिश्रण को बनाने के लिए किसी एक विधि का प्रयोग किया जाता है—

1. शुष्क विधि (Dry Process)
2. गीली विधि (Wet Process)

1. **शुष्क विधि (Dry Process)**—चूना पत्थर एवं मिट्टी दोनों ही कठोर प्रकृति के हो तो शुष्क विधि का प्रयोग किया जाता है। इस विधि में चूना पत्थर (lime stone) को पहले छोटे-छोटे टुकड़ों में तोड़ लिया जाता है तथा फिर पीस कर चूर्ण बना लिया जाता है। इसके पश्चात् चिकनी मिट्टी को जल से धोकर पीसे हुए चूना पत्थर के साथ मिलाकर गाढ़ा मिश्रण बना लिया जाता है। इस गाढ़े मिश्रण को ही गारा (slurry) कहते हैं। यह समांगी मिश्रण होता है। शुष्क विधि महंगी विधि होती है तथा इसका प्रयोग बढ़िया सीमेंट को प्राप्त करने में किया जाता है।

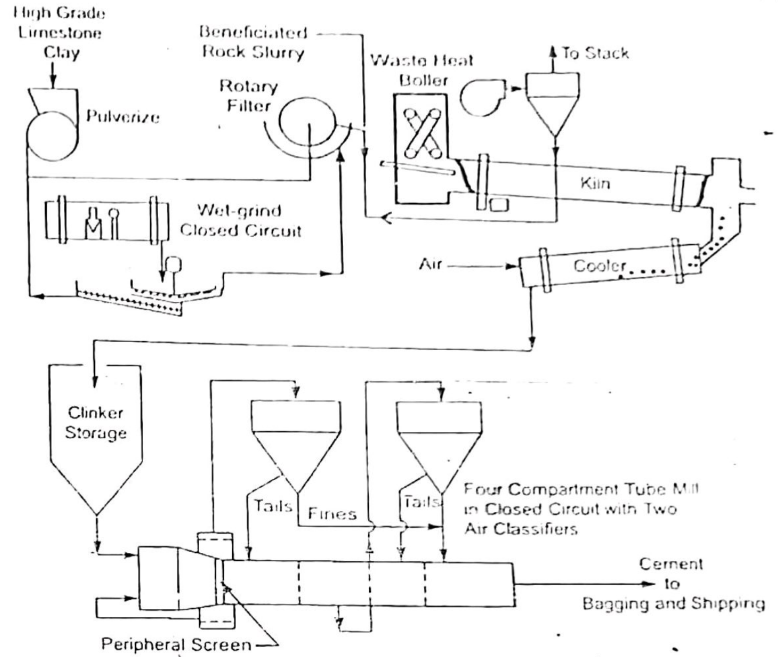


चित्र 5.1—आर्द्र विधि द्वारा पोर्टलैण्ड सीमेंट का निर्माण

2. आर्द्र विधि (Wet Process)—इस विधि का प्रयोग उस समय किया जाता है जब चूना पत्थर तथा मिट्टी दोनों ही मुलायम (soft) हों। चूना तथा पत्थर मिट्टी को छोटे-छोटे टुकड़ों में तोड़कर पानी के साथ मिलाकर बाल मिल (Ball mill) में पीस लेते हैं। जब पिसाई बारीक हो जाती है तो घोल को बाल मिल से निकाल लेते हैं। (इसमें चूर्ण का पत्थर 75% तथा मिट्टी 25% लिया जाता है), तथा घोल में जल की मात्रा 60% कर लेते हैं। इस घोल को ही गारा (slurry) कहा जाता है।

2. मिश्रण का निस्तापन (Calcination of slurry) या गारे को घूर्णी भट्टी में जलाना (Burning of slurry in rotary Kiln)

उपरोक्त तैयार गारे को घूर्णी भट्टी (rotary kiln) में डाला जाता है। घूर्णी भट्टी चित्र में प्रदर्शित है। यह घूर्णी भट्टी 1.25 मीटर से 2.00 मीटर तक लम्बी हो सकती है तथा 6 से 8 मी तक व्यास की होती है, यह भट्टी क्षैतिज अक्ष पर घूमती है तथा भट्टी को थोड़ा



चित्र 5.2—पोर्टलैण्ड सीमेण्ट उत्पादन का रेखाचित्र
(Flow diagram of Portland cement manufacture).

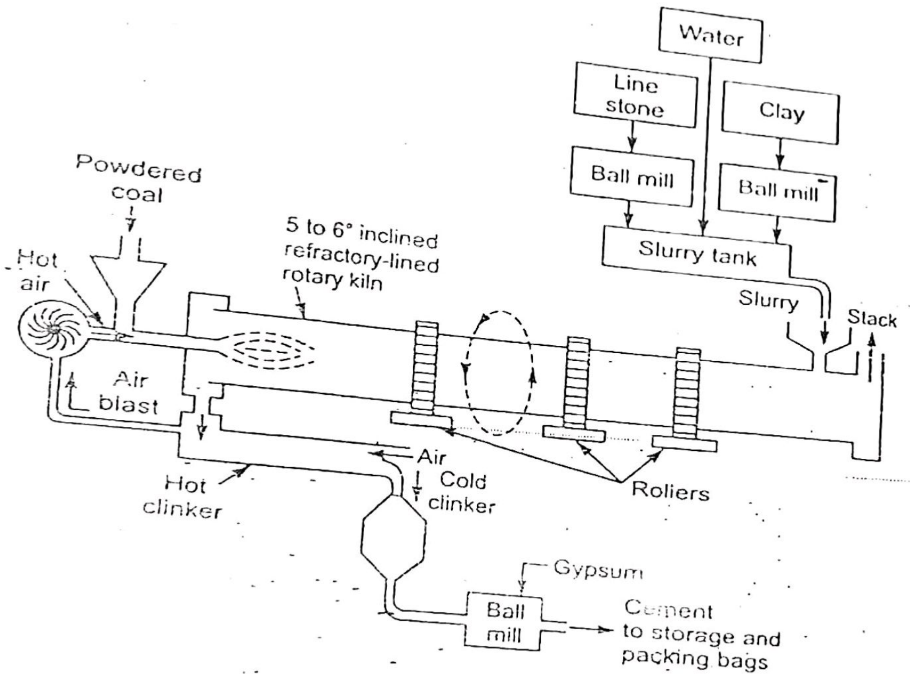
झुकाकर रखा जाता है जिससे ऊपर से डाला गया पदार्थ घूर्णी गति के कारण स्वयं नीचे जा सके। घूर्णी-भट्टी की गति एक से दो मिनट तक होती है। यह भट्टी इस्पात की बनी होती है तथा इसमें अग्निसह ईंटों का अस्तर लगा होता है। भट्टी में मिश्रण को एक सिरे से दूसरे सिरे पर पहुँचाने में कई परिवर्तन होते हैं जिसके फलस्वरूप अन्त में क्लिंकर (Clinker) प्राप्त होते हैं जो लगभग 0.5 सेमी आकार के होते हैं।

भट्टी में होने वाली समस्त क्रियाओं को तीन परिक्षेत्र (region) में विभाजित किया जा सकता है–

1. प्रथम परिक्षेत्र (First Zone)—इस परिक्षेत्र को शुष्कन या निर्जलीय परिक्षेत्र भी कहते हैं। इस परिक्षेत्र का तापक्रम 100 से 150°C के मध्य होता है। इस क्षेत्र में गारे से जल का वाष्पन होता है तथा मिट्टी सिलिका, एल्यूमिना तथा आयरन आक्साइड में विभक्त हो जाती है।

$$Al_2O_3.2SiO_2.Fe_2O_3.2H_2O \longrightarrow Al_2O_3 + 2SiO_2 + Fe_2O_3 + 2H_2O$$

2. द्वितीय परिक्षेत्र (Second Zone)—इस परिक्षेत्र को निस्तापन परिक्षेत्र भी कहते



चित्र 5.3—घूर्णन सीमेंट भट्टी (Rotary cement kiln.)

हैं। इसमें परिक्षेत्र का तापक्रम 500 से 900°C तक होता है। इस परिक्षेत्र में चूने के पत्थर (lime stone) का अपघटन (decomposition) होता है तथा कार्बन डाइआक्साइड तथा चूना (CaO) प्राप्त होता है।

$$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO \uparrow$$

3. तृतीय परिक्षेत्र (Third Zone)—इस परिक्षेत्र को क्लिंकर परिक्षेत्र (Clinker zone) भी कहते हैं। इस क्षेत्र का तापक्रम 1000 से 1500°C होता है। इस परिक्षेत्र में जब तापक्रम 1000°C से 1500°C होता है तब CaO, SiO_2, Al_2O_3 तथा Fe_2O_3 के आक्साइड रासायनिक क्रिया द्वारा कैल्शियम सिलिकेट ($2CaO.\ SiO_2, 3CaSiO_2$) कैल्शियम एल्यूमिनेट ($2CaO.\ Al_2O_3, 3CaO.\ Al_2O_3$) तथा टेट्रा कैल्शियम एल्यूमिनो फैराइड आदि का निर्माण करते हैं।

$$2\,CaO + SiO_2 \longrightarrow 2CaO.\ SiO_2$$
डाइकैल्शियम सिलिकेट

$$3\,CaO + SiO_2 \longrightarrow 3\,CaO.\ SiO_2$$
ट्राइकैल्शियम सिलिकेट

$$2\,CaO + Al_2O_3 \longrightarrow 2\,CaO.\ Al_2O_3$$
डाइकैल्शियम एल्यूमिनेट

$$3\,CaO + Al_2O_2 \longrightarrow 3\,CaO.\ Al_2O_3$$
ट्राइकैल्शियम एल्यूमिनेट

$$4\,CaO + Al_2O_2 + Fe_2O_3 \longrightarrow 4\,CaO\ Al_2O_3.\ Fe_2O_3$$
टेट्रा कैल्शियम एल्यूमिनो फैराइट

इस परिक्षेत्र से प्राप्त उत्पाद क्लिंकर सीमेंट (Clinker cement) के नाम से जाना जाता है। प्राप्त क्लिंकर हरे काले रंग (Greenish black) अथवा सलेटी रंग (grey coloured) की होती है। क्लिंकर के निर्माण के समय तापमान सबसे ज्यादा होता है अतः क्लिंकर निकलने वाले स्थान से ईंधन जलाने वाली भट्टी भेजी जाती है। क्लिंकर के संपर्क में आने पर हवा गर्म हो जाती है तथा भट्टी की दक्षता में वृद्धि होती है। इसके साथ ही क्लिंकर ठण्डे हो जाते हैं।

सीमेंट क्लिंकर का रासायनिक संघटन है—

$$\left.\begin{array}{l} 2\,CaO\ SiO_2 \\ 3\,CaO\ SiO_2 \\ 2\,CaO\ Al_2O_3 \\ 3\,CaO\ Al_2O_3 \\ 4\,CaO\ Al_2O_3Fe_2O_3 \end{array}\right\}\ \text{सीमेंट क्लिंकर}$$

3. सीमेंट क्लिंकर का जिप्सम के साथ मिलाना

(Mixing the cement clinker with gypsum)

सीमेंट निर्माण का यह अन्तिम चरण है। सीमेंट क्लिंकर ठण्डी वायु द्वारा ठण्डे किए जाते हैं। ठण्डे क्लिंकर को शीतलक (coolent) में ठण्डा कर 2 से 3% जिप्सम के चूर्ण के साथ मिलाकर पीस लिया जाता है। क्लिंकर को इतना बारीक किया जाता है जिससे वह 200 मैश की चलनी से छन सके। यहाँ पर जिप्सम (Gypsum) मन्दक पदार्थ के रूप में कार्य करता है। मन्दक पदार्थ यह पदार्थ है जिसको मिलाने पर सीमेंट क्लिंकर के जमने की क्षमता मन्द हो जाती है तथा अधिक जल के संपर्क पर आने पर ही जमता है।

आजकल सीमेंट का केकीकरण (Lomp formation) रोकने के लिए परिक्षेपक (dispersing agent) जैसे लिग्नोसल्फेट व वायु आरूढ़क (auientrainer) के रूप में विन्साल (vinsal) आदि का प्रयोग किया जा रहा है।

सीमेन्ट का जमना (Setting of Cement)

सीमेंट में जमने का गुण पाया जाता है। इस गुण के आधार पर ही इसका उपयोग भवन निर्माण में किया जाता है। जब पोर्टलैण्ड सीमेंट को जल के साथ मिलाकर कुछ समय के लिए छोड़ दिया जाता है तो सीमेंट जल को अवशोषित (absorb) कर लेता है और

एक कठोर पदार्थ का निर्माण करता है। इसे ही सीमेंट का जमना (setting of cement) कहते हैं। सामान्यतः सीमेंट का जमना तथा कठोर होना हाइड्रोजन (Hydration) तथा जलअपघटन (Hydrolysis) के कारण होता है क्योंकि सीमेंट में उपस्थित विभिन्न अवयव जल के साथ क्रिया करते हैं। सीमेंट के जमने में होने वाली अभिक्रियायें (reactions) निम्न हैं—

1. प्रथम 24 घण्टे में होने वाली अभिक्रियायें

जब सीमेंट को कुछ समय के लिए जल में मिलाया जाता है तो निम्न अभिक्रियायें होती हैं—

(a) ट्राईकैल्शियम एलुमिनेट जल को अवशोषित करता है अर्थात् हाइड्रेशन (Hydration) होता है तो ट्राईकैल्शियम एलुमिनेट का कोलाइडी जैल (colloidal gel) बनता है।

$$3\,CaO\,Al_2O_3 + 6\,H_2O \xrightarrow[\text{(Hydration)}]{\text{हाइड्रेशन}} 3CaO.\,Al_2O_3\,6\,H_2O$$

ट्राइकैल्शियम एलुमीनेट का कोलाइडी जैल धीरे-धीरे क्रिस्टल के रूप में बनने प्रारंभ हो जाते हैं।

(b) ट्राइकैल्शियम एलुमिनेट जो कि शीघ्र जमने वाला पदार्थ है जिप्सम (Gypsum) के साथ क्रिया पर कैल्शियम सल्फोएलुमीनेट का निर्माण करता है जिससे सीमेंट के जमने की क्रिया कम हो जाती है तथा यह कठोर हो जाता है।

$$3CaO\,Al_2O_3 + 3\,(CaSO_4.\,2H_2O) + 2H_2O \longrightarrow$$

$$3CaO\,Al_2O_3\,3CaSO_4\,2H_2O + 6\,H_2O$$

यहाँ पर जिप्सम का कार्य सीमेंट के जमने की दर को कम करना है।

2. एक से सात दिन के मध्य होने वाली क्रियायें

ट्राई कैल्शियम एलुमिनेट तथा ट्राईकैल्शियम सिलिकेट का जल अपघटन (Hydrolysis) निम्न समीकरण के अनुसार होता है—

$$3\,CaO.\,SiO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{(Hydrolysis)}]{\text{जल अपघटन}} Ca(OH)_2 \uparrow + \underset{\text{(कोलाइडी जैल)}}{2CaO\,SiO_2}$$

इस प्रकार बना कैल्शियम हाइड्रॉक्साइड सुई के आकार (Imperious) के क्रिस्टल में प्राप्त होता है तथा डाइ कैल्शियम सिलिकेट कोलाइडी जैल के रूप में प्राप्त होता है।

$$3CaO\,Al_2O_3 + 6H_2O \xrightarrow[\text{Hydration}]{\text{हाइड्रेशन}} 3\,Ca(OH)_2 + 2\,Al(OH)_3$$

$Al(OH)_3$ अन्तराली (Interstices) को भरता है जिससे पदार्थ अप्रवेश्य (Imperious) हो जाता है और पदार्थ [illegible] हो जाता है।

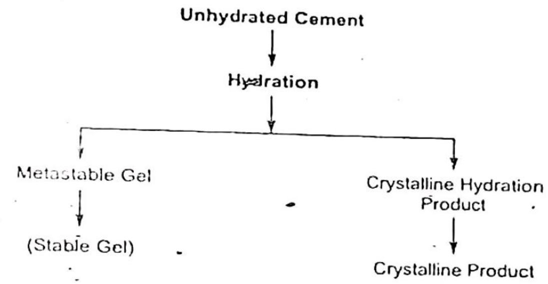
3. 7 से 28 दिन के मध्य होने वाली क्रियायें

डाइ कैल्शियम सिलिकेट का हाइड्रेशन (Hydration) होता है तथा डाइकैल्शियम सिलिकेट का कोलाइडी विलयन बनता है।

$$2\,CaO\,SiO_2 + x\,H_2O \xrightarrow{\text{हाइड्रेशन}} 2\,CaO.\,SiO_2\,x\,H_2O$$

कैल्शियम हाइड्रॉक्साइड कैल्शियम सिलीकेट के कणों को एक-दूसरे से बांध देता है। जिसे पदार्थ अप्रवेश्य हो जाता है।

सीमेंट की कठोरता एवं जमने की क्रिया को निम्न प्रकार प्रदर्शित किया जा सकता है—



सीमेंट के प्रकार (Types of Cement)

आजकल विभिन्न कार्यों हेतु विभिन्न प्रकार के सीमेंट का प्रयोग किया जा रहा है। कुछ सीमेंटों का वर्णन निम्न प्रकार है—

1. उच्च एलुमिना सीमेंट (High Alumina Cement)

इस प्रकार की सीमेंट बाक्साइड व चूना पत्थर के मिश्रण द्वारा बनाया जाता है। इसका रासायनिक संगठन निम्न प्रकार है—

सिलिका (SiO_2)	5%
एल्युमिना (Al_2O_3)	40%
चूना CaO	38%
आयरन आक्साइड (Fe_2O_3. FeO)	13%
टाइटेनिया (TiO_2)	2%
मैग्नीशिया (MgO)	1%
अविलेय अवशेष	1%

पश्चिमी देशों में इस प्रकार की सीमेंट को Cement Fondu के नाम से जाना जाता है। इस सीमेंट का मूल्य साधारण सीमेंट के मूल्य से अधिक होता है। इस सीमेंट पर अम्लों

की रासायनिक क्रिया व ताप पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। इस सीमेंट की सम्पीडक सामर्थ्य साधारण सीमेंट से ज्यादा होती है। इसका प्रयोग रासायनिक संयंत्रों, खानों एवं सैनिक कार्यों में होता है। भट्टी के अस्तरों अर्थात् दुर्गलीय पदार्थ बनाने में इस सीमेंट का प्रयोग किया जाता है क्योंकि यह तापरोधी होता है।

2. मैग्नीशियम आक्सी क्लोराइड सीमेंट (Magnesium Oxy chloride Cement)

इस सीमेंट को सोरॉल सीमेन्ट (Sorrel Cement) के नाम से भी जाना जाता है। इसे मैग्नीशियम तथा मैग्नीशियम क्लोराइड के विलयन ($MgCl_2$ Solution) के द्वारा निर्मित किया जाता है। अभिक्रिया ऊष्माक्षेपी है तथा इसका रासायनिक अणुसूत्र $3\ MgO\ MgCl_2 \cdot 11\ H_2O$ होता है। इस प्रकार की सीमेंट का उपयोग सजावटी फर्श बनाने के में होता है।

3. पोजलाना सीमेंट (Pozzolana Cement)

पोर्टलैण्ड सीमेंट व पोजलाना पदार्थ को 3 : 1 के अनुपात में मिलाकर पोजलाना सीमेण्ट का निर्माण किया जाता है। इस सीमेंट के गुण पोजलाना पदार्थ व पोर्टलैण्ड सीमेंट के अनुपात पर निर्भर होते हैं। इस प्रकार के सीमेंट के जमने में ऊष्मा कम उत्पन्न होती है तथा यह सीमेंट सल्फेट रोधी है। इसकी सामर्थ्य साधारण सीमेंट से अधिक होती है तथा यह सस्ता सीमेंट होता है।

4. जल विरागी सीमेंट (Hydrophobic Cement)

पोर्टलैण्ड सीमेंट के साथ जल विरागी पदार्थ जैसे कैल्शियम स्टियरेट या रोजिन, ओलिक अम्ल, लॉरिक अम्ल, स्टिरिक अम्ल या पेण्टा क्लोरोफिनॉल के साथ मिलाकर जल विरागी सीमेंट बनता है।

यह गुण सीमेंट कणों के चारों ओर जल प्रतिरोधक झिल्ली बन जाने से आता है। इसका उपयोग जल के आदर निर्माण, कार्यों में होता है।

5. वात्या भट्टी सीमेंट (Blast Furnace slag Cement)

पोर्टलैण्ड सीमेंट के क्लिकर को धातु मल (slag) के साथ पीसने से जो मिश्रण प्राप्त होता है उसे वात्या भट्टी सीमेंट कहते हैं। इस सीमेंट के जमने में अधिक समय लगता है तथा ऊष्मा कम निकलती है। यह सीमेंट बहुत सस्ता होता है तथा इसकी सामर्थ्य (Strength) भी अधिक होती है।

मोर्टार एवं क्रंक्रीट (Mortar and Concrete)

मोर्टार (Mortar)—सीमेंट तथा रेत को 1 : 3 के अनुपात में मिलाकर इसमें जल मिलाने पर जो मिश्रण प्राप्त होता है उसे मोर्टार कहते हैं।

क्रंक्रीट (Concrete)—सीमेंट, रेत, बजरी तथा जल के मिश्रण को हवा में खुला छोड़ देने पर जो कठोर पदार्थ प्राप्त होता है उसे क्रंक्रीट (concrete) कहते हैं। कंक्रीट का प्रयोग सड़कों, इमारत, फर्श, छतों, टैंक, सीवर आदि के बनाने में किया जाता है।

प्रबलित क्रंक्रीट (Reinforced Concrete)—कंक्रीट को लोहे के सरियों के जाल में भरने से कंक्रीट अत्यधिक प्रबल हो जाता है। इस प्रकार प्रबल किये गये कंक्रीट को प्रबलित कंक्रीट (reinforced concrete) कहा जाता है।

अन्य सीमेंट (Other Cement)

1. सफेद पोर्टलैण्ड सीमेंट (White Portland Cement)—यह सीमेंट सफेद रंग की होती है तथा इसमें आयरन के यौगिक अनुपस्थित रहते हैं। इस प्रकार की सीमेंट प्राप्त करने के लिये सीमेंट में होने वाला कच्चा माल आयरन से मुक्त होना चाहिये। यह सीमेंट अत्यधिक कीमती होता है तथा इसका उपयोग मारबल, पिलर तथा ब्लॉक की मरम्मत तथा जोड़ने, टाइल के निर्माण, चित्रकारी कार्यों (Mosaic work) हेतु किया जाता है। चित्रकारी उद्देश्य हेतु सीमेंट को रंगीन पदार्थ जैसे Yellow archre, venetain red इत्यादि मिलाकर रंगीन कर लिया जाता है।

2. सोरेल सीमेंट (Sorrel Cement)—इस सीमेंट को मैग्नीशियम क्लोराइड के विलयन तथा बारीक पिसे हुए निस्तापित मैग्नीशिया के साथ मिलाकर बनाया जाता है तो एक कठोर पदार्थ प्राप्त होता है। यह पदार्थ मैग्नीशियम आक्सी क्लोराइड सीमेंट ($3MgOMgCl, 11H_2O$) होता है। जो कि जमने में 3 से 4 घंटे का समय ले लेता है। सोरेल सीमेंट का उपयोग कार्क, टाल्क (Talc), ऐस्बेस्टॉज जैसे पूरक पदार्थों के साथ मिलाकर परिशोधी तथा अन्य फर्श बनाने के मसाले में प्रयुक्त करते हैं। यह सीमेंट सरलता से कड़ा हो जाता है और इसमें दरारें भी नहीं पड़ती। यह शीघ्रता से संक्षारित हो जाती है अतः इसका उपयोग कम से कम करना चाहिये।

3. बेरियम तथा स्ट्रॉन्शियम सीमेंट (Barium and Stroncium Cement)—इस प्रकार की सीमेंट को प्राप्त करने के लिए कैल्शियम लवणों के स्थान पर बेरियम अथवा स्ट्रॉन्शियम लवणों का प्रयोग किया जाता है। इस प्रकार सीमेंट कैल्शियम सिलिकेट के स्थान पर ट्राइबेरियम सिलिकेट होता है। यह सीमेंट परमाणु पाईल (Atomic pile) के लिए क्रंक्रीट का आवरण बनाने में प्रयुक्त किया जाता है।

4. शीघ्र कठोर होने वाला सीमेंट (High early strength cement)—सड़क के कार्य तथा सांचे बनाने की सीमेंट का शीघ्र जमना अपेक्षित रहता है। यह सीमेंट जमने में केवल 6 से 30 मिनट का समय होता है। इस सीमेंट में पोर्टलैण्ड सीमेंट की अपेक्षा डाइकैल्शियम सिलिकेट की अत्यधिक मात्रा विद्यमान रहती है।

5. वाटरप्रूफ सीमेंट (Water Proof Cement)—इस प्रकार के सीमेंट को प्राप्त करने के लिये पोर्टलैण्ड सीमेंट को पीसते समय उसमें कुछ वाटर प्रूफिंग पदार्थ जैसे कैल्शियम स्टियरेट, एल्यूमिनियम स्टियरेट तथा टैनिक अम्ल के साथ जिप्सम मिला दिया जाता है। इस सीमेंट के गुण मिश्रण की मात्रा तथा उसके गुणों पर निर्भर करता है।

6. कैल्शियम सल्फेट सीमेंट (Calcium Sulphate Cement)—इसके कठोर होने का गुण कैल्शियम सल्फेट के जलयोजन (Hydration) पर निर्भर करता है। प्लॉस्टर ऑफ

पेरिस, कीने (Keene) का सीमेंट तथा पेरियन सीमेंट इसकी किस्में है। इसमें जिप्सम (Gypsum) का प्रयोग कच्ची सामग्री के रूप में किया जाता है। जिप्सम 205°C पर गर्म किये जाने पर 75% जल अपने अन्दर से निकाल देता है और इस प्रकार प्लास्टर ऑफ पेरिस बनता है। लेकिन यदि जिप्सम को 200°C तक गर्म किया जाता है तो इसका संपूर्ण जल निकल जाता है तथा यह कीने और पेरियन (Parian) सीमेंट का आधार बनाता है। कीने सीमेंट में एल्यूमिना रहता है। जबकि पेरियन सीमेंट में बोरिक अम्ल की सूक्ष्म मात्रा उपस्थित रहती है। इस प्रकार की सीमेंट का उपयोग अलंकारिक उद्देश्यों (decoration purposes) के हेतु किया जाता है।

प्रश्नावली

1. पोर्टलैण्ड सीमेन्ट क्या है? इसके निर्माण की विधि का संक्षिप्त वर्णन कीजिए। सीमेन्ट के निर्माण में सिलिका का क्या उपयोग है?
2. पोर्टलैण्ड सीमेन्ट के निर्माण में प्रयुक्त होने वाले कच्चे पदार्थों के नाम लिखिए। इसमें जिप्सम क्यों मिलाया जाता है?
3. सीमेन्ट के निर्माण हेतु कच्चे माल की क्या आवश्यकता है?
4. पोर्टलैण्ड सीमेन्ट के उत्पादन का रेखाचित्र बनाइए।
5. पोर्टलैण्ड सीमेन्ट के प्रकारों का वर्णन कीजिए।
6. सीमेन्ट के दो मुख्य अवयवों के नाम तथा सूत्र लिखिए।

6

यूनिट कक्ष तथा यूनिट प्रक्रिया संकल्पना

(UNIT OPERATION AND UNIT PROCESS CONCEPTS)

रसायन उद्योग की सफलता को निम्नलिखित सूत्र (formula) द्वारा व्यक्त किया जा सकता है—

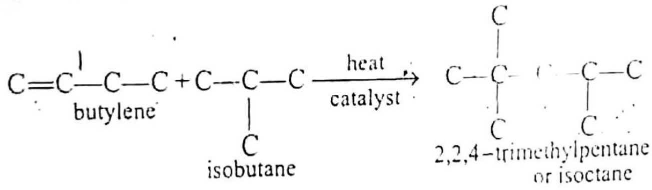
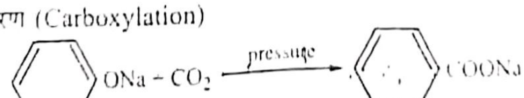
व्यवसायिक उत्पादन (Commercial Production)

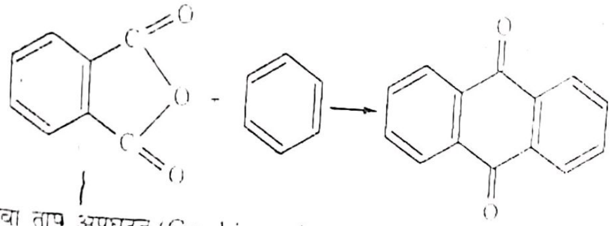
= f [रासायनिक परिवर्तन (Chemical changes) + भौतिक परिवर्तन (Physical changes)]

रसायन इंजीनियरिंग के विद्यार्थियों को Unit Operation के विषय में जानकारी होना अत्यन्त आवश्यक है। यूनिट प्रक्रिया संकल्पना का प्रयोग रसायन उद्योग (Chemical industries) में रासायनिक समीकरण (Chemical equation) में प्रयोग में लायी जाती है। एक रसायन इंजीनियर को यूनिट प्रक्रिया (Unit process) के विषय में जानकारी होनी चाहिए। इसके पश्चात् वह रसायन पदार्थ निर्माण में किस प्रक्रिया में प्रयुक्त की जाती है जैसे नाइट्रीकरण (Nitration) की प्रक्रिया सदैव ऊष्माक्षेपी (exothermic) होती है तथा अभिक्रिया के सभी भौतिक एवं रसायन साम्य समान होते हैं।

रसायन तकनीक के अन्तर्गत प्रयुक्त होने वाली विभिन्न यूनिट प्रक्रियाओं (Unit process) तथा यूनिट प्रक्रिया संकलना (Unit process concepts) का वर्णन अग्र प्रकार है—

यूनिट प्रक्रिया एवं यूनिट प्रक्रिया संकल्पना (Unit Operation and Unit Process Concepts)

	यूनिट प्रक्रिया (Unit Process)	उद्योग जहाँ प्रक्रिया प्रयुक्त की जाती है (Typical Industry Using Process)
1.	ऐल्किलीकरण (Alkylation)  	पेट्रोलियम, कार्बनिक रसायन आदि में (Petroleum Organic chemicals)
2.	अमोनोलाइसिस द्वारा एमीनेशन (Amination by Ammonolysis) $Cl\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot Cl + 4NH_3 \longrightarrow NH_2\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot NH_2$ ethylene dichloride — ethylene diamine $HO_2C(CH_2)_4CO_2H + 2NH_3 \longrightarrow NC\cdot(CH_2)_4CN$ adipic acid — ethylene diamine	रंजक, कार्बनिक रसायन, कृत्रिम रेशे आदि में (Dyestuffs Organic chemicals Synthetic fibers)
3.	अपचयन द्वारा अमोनिकरण (Amination by Reduction) $CH_3\cdot CH\cdot NO_2\cdot CH_3 + 3H_2 \longrightarrow CH_3\cdot CH\cdot NH_2\cdot CH_3$ 2-nitroparaffin — isopropylamine	रंजक, कार्बनिक रसायन, (Dyestuffs, Organic chemicals)
4.	एमोनोऑक्सीकरण (Ammonoxidation) $CH_3{:}CH_2\cdot CH_3 + NH_3 + 1.5O_2 \longrightarrow CH_2{:}CH\cdot CN + H_2O$ propylene — ammonia — air — acrylonitrile	प्लास्टिक, कृत्रिम रेशे (Plastics, Synthetic fibers)
5.	निस्तापन (Calcination) $CaCO_3 + heat \longrightarrow CaO + CO_2$ limestone — lime	सीमेन्ट (Cement)
6.	कार्बोनीलीकरण (Carbonylation) $CH_3OH + CO \longrightarrow CH_3COOH$ methanol — carbon monoxide — acetic acid	कार्बनिक रसायन (Organic Chemicals)
7.	कार्बोक्सिलिकरण (Carboxylation)  	कार्बनिक रसायन (Organic Chemicals)
8.	दहन (Combustion) $CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$	ऊष्मक प्रक्रिया (Process heating)
9.	संघनन (Condensation) $C_6H_5CHO + CH_3CHO \xrightarrow{NaOH} C_6H_5CH.CHCHO + H_2O$ benzeldehyde — acetaldehyde — cinnamaldehyde	कृत्रिम इत्र (Synthetic perfumes) रंजक (Organic chemicals dyestuffs)



10. भंजन अथवा ताप अपघटन (Cracking or Pyrolysis) — पेट्रोलियम, कोयले का आसवन (Petroleum Destruction distillation of coal)

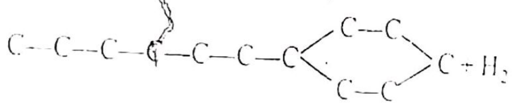
C—C—C—C—C—C—C → C—C—C + C=C—C—C

11. सायनेशन (Cynation) — कार्बनिक रसायन (Organic chemicals)

$$HC{:}CH + HCN \longrightarrow CH_2{:}CH \cdot CN$$

acetylene → acrylonitrile

12. चक्रीकरण (Cyclization) — पेट्रोलियम उद्योग (Petroleum industry)



13. जल अपघटन (Dehydration) — कार्बनिक रसायन, अकार्बनिक रसायन (Organic chemicals, Inorganic chemicals)

$$CH_3CH_2OH \longrightarrow H_2C{:}CH_2 + H_2O$$

ethyl alcohol → ethylene

$$Ca(OH)_2 \longrightarrow CaO + H_2O$$

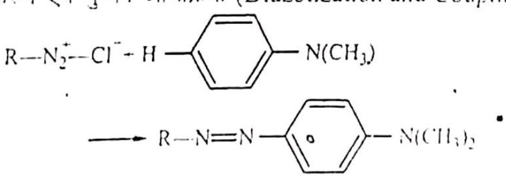
calcium hydroxide → calcium oxide

14. डाइएजोटीकरण एवं युग्मन अभिक्रिया (Diazotization and Coupling) — कृत्रिम रबड़ (Synthetic rubber)

$$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH{:}CH_2 \longrightarrow CH_2{:}CHCH{:}CH_2 + H_2$$

1-butene → 1,3-butadiene

15. डाइएजोटीकरण एवं युग्मन अभिक्रिया (Diazotization and Coupling) — रंजक (Dyestuffs)



16. डिस्प्रपोसियेनेशन (Disproportiation) — कार्बनिक रसायन (Organic chemicals)

$$2CH_2{:}CHCH_3 \longrightarrow H_2C{:}CH_2 + CH_3CH_2CH{:}CH_2$$

propylene → ethylene + butylene

17. द्वि विच्छेदन (Double Decomposition) — अकार्बनिक रसायन (Inorganic chemicals)

$$Ca(OH)_2 + H_2SO_4 \longrightarrow CaSO_4 + 2H_2O$$

18. एस्टीकरण (Esterification) — तेल तथा वसा साबुन कार्बनिक रसायनों (Oils and fats Soaps Organic Chemicals)

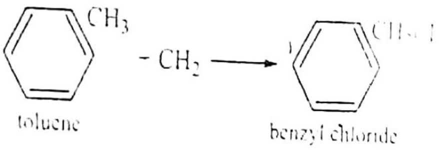
$$ROH + R'COOH \longrightarrow R'COOR + H_2O$$

$$ROH + H_2SO_4 \longrightarrow RHSO_4 + H_2O$$

19. हैलोजिनीकरण (Halogenation) — कार्बनिक रसायनों (Organic chemicals)

$$CH_2{=}CH_2 + Cl_2 \longrightarrow ClCH_2 \cdot CH_2Cl$$

ethylene → ethylene dichloride



toluene → benzyl chloride

20. हाइड्रेशन (Hydration) — कार्बनिक रसायन, अकार्बनिक रसायन (Organic chemicals, Inorganic chemicals)

$$H_2C{:}CH_2 + H_2O \longrightarrow CH_3CH_2OH$$

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

21. हाइड्रोफॉर्मिशन (Hydroformylation) — कार्बनिक रसायन (Organic chemicals)

Ofefin → aldehyde with additional C

$$RCH{=}CH_2 + CO + H_2 \longrightarrow R(CH_2)_2{-}CHO$$

22. हाइड्रोफोर्मीलेशन (Hydroformylation) — वसा + मोम कोयले के हाइड्रोजेनेशन कण में (Fats + waxes Coal hydrogenation Petroleum)

$$R{=}R' + H_2 \longrightarrow RH{-}HR'$$

23. जल अपघटन (Hydrolysis) — कार्बनिक रसायन (Organic chemicals)

$$C_6H_5Cl + H_2O \longrightarrow C_6H_5OH + HCl$$

chlorobenzene → phenol

24. हाइड्रॉक्सिलीकरण (Hydroxylation) — डिर्जेण्ट के निर्माण में (Detergent manufacture)

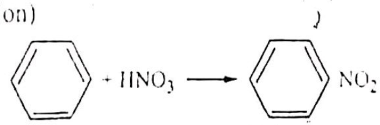
$$RCH_2OH + CH_2{-}CH_2 \text{ (O bridge)} \longrightarrow RCH_2(OCH_2CH_2)_nOH$$

ethylene oxide

25. समावयविकरण (Isomerization) — पेट्रोलियम (Petroleum)

$$C{-}C{-}C{-}C \xrightarrow[\text{catalyst}]{\text{heat}} C{-}C(C){-}C$$

26. नाइट्रीकरण (Nitration) — विस्फोटक, रंजक, कार्बनिक रसायन (Explosives, Dyestuffs, Organic chemicals)



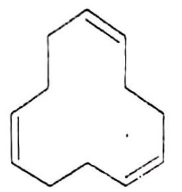
nitrobenzene

$$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_3 + HNO_3 \longrightarrow \begin{cases} CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot NO_2 \\ CH_3 \cdot CHNO_2 \cdot CH_3 \\ CH_3 \cdot CH_2 \cdot NO_2 \\ CH_3 \cdot NO_2 \end{cases}$$

nitroparaffins

27. ऑलिगोमेरीजेशन (Oligomerization) — कार्बनिक रसायन (Organic chemicals)

$$3CH_2{:}CHCH{:}CH_2 \longrightarrow$$
1,3–butadiene



1, 5, 9-cyclododecatriene

28. ऑक्सीकरण (Oxidation) — कार्बनिक रसायन (Organic chemicals)

$$RCH_2OH + O_2 \longrightarrow RCHO + RCOOH$$
$$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3 + O_2 \longrightarrow 2CH_3COOH + \text{By-products}$$
$$2CH_4 + 3/2O_2 \longrightarrow HC{:}CH + 3H_2O$$

29. बहुलीकरण (Polymerization) — पेट्रोलियम, प्लास्टिक, इलास्टोमर्स कृत्रिम रेशे (Petroleum, Plastics, Elastomers, Synthetic fibers)

(i) योगात्मक बहुलीकरण (Addition polymerization)

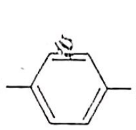
$$H_2C{=}CH_2 + H_2C{=}CH_2 \longrightarrow \underset{\text{dimer}}{—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2} \xrightarrow{C_2H_2} \text{etc.} \longrightarrow (CH_2)_n$$

$$\underset{\text{polyvinyl monomer}}{H_2C{=}CHCL} + H_2C{=}CHCL \longrightarrow H_3C—CHCL—CH{=}CHCL$$

$$\xrightarrow{H_2C=CHCL} \text{etc.} \longrightarrow \underset{\text{polyvinyl Chloride (polymer)}}{(C_2H_3CL)_n}$$

(ii) संघनन बहुलीकरण (Condensation polymerization)
छोटे अणुओं का टूटना जैसे $H_2O, NH_3, CH_2O, NaCl$

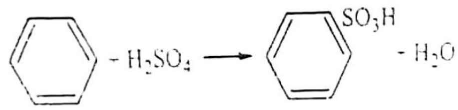
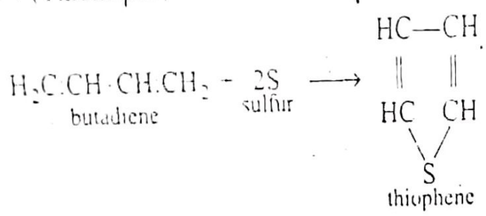
(1) $n(HO—R_1—\underset{\underset{O}{\|}}{C}—OH) \longrightarrow H(—O—R_1—\underset{\underset{O}{\|}}{C}—)_n—OH + (n-1)H_2O$

(2) $HO—CH_2—CH_2OH$ + HOOC—  —COOH
ethylene glycol — terephthalic acid

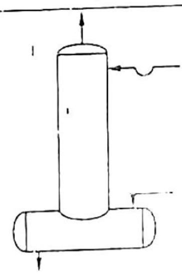
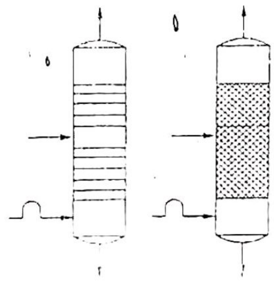
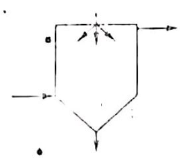
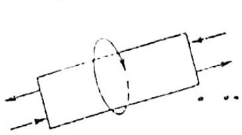
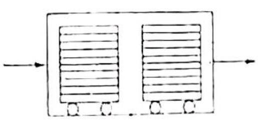
$\longrightarrow$ Alkyd resins + H_2O

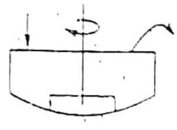
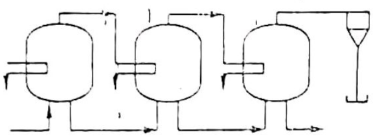
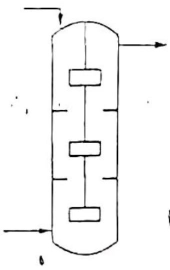
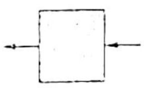
30. अपचयन (Reduction) — बहुलक उत्प्रेरक निर्माण (Polymer catalyst manufacture)

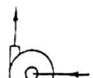
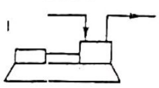
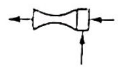
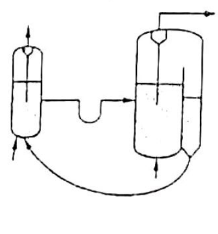
$$3TiCl_4 + Al \longrightarrow 3TiCl_3 + AlCl_3$$

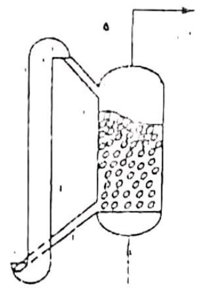
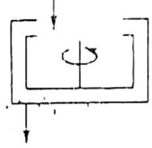
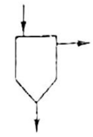
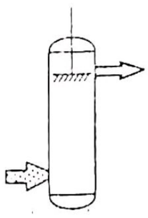
31	सल्फोनिकरण (Sulfonation) 	रंजक उद्योग में (Dyestuffs industry)
32	थायोनीकरण (Thionation)  $CH_3OH + H_2S \longrightarrow CH_3SH + H_2O$	कार्बनिक रसायन (Organic chemicals)

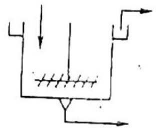
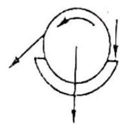
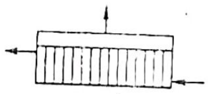
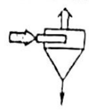
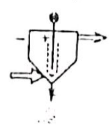
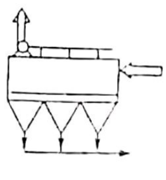
यूनिट संकल्पना (Unit Operations)

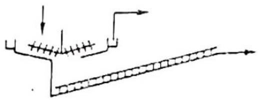
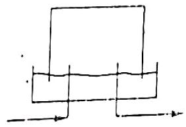
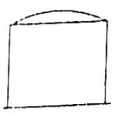
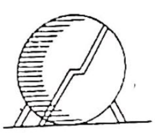
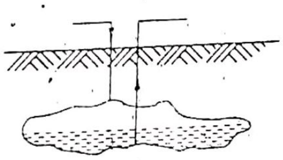
	Unit Operation	Schematic Representation	Comments
1.	आसवन (Distillation) (a) बैच (Batch)		intermittent operation के लिए प्रयुक्त की जाती है।
	(b) सतत भाजक (Continuous fractionator)		Petroleum fractions को पृथक करने में प्रयुक्त की जाती है।
2.	ठोसों का सुखाना (Drying of Solids) (a) स्प्रे-शुष्क (Spray drier)		रंजक अपमार्जक कृत्रिम रेजिन मिश्रित अकार्बनिक लवणों को उत्पादन में प्रयुक्त किया जाता है।
	(b) घूमने वाला ड्रायर (Rotary drier)		इसका प्रयोग चूर्ण एवं कणों को सुखाने में किया जाता है।
	(c) टनल ड्रायर (Tunnel drier)		इसका प्रयोग ट्रे में चूर्ण अथवा पाउडर को शुष्क करने में प्रयोग करते हैं।

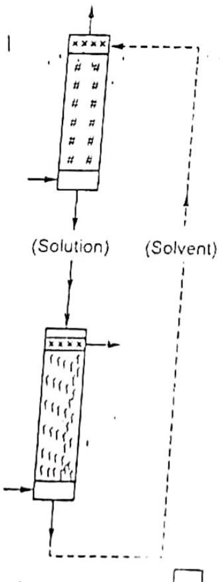
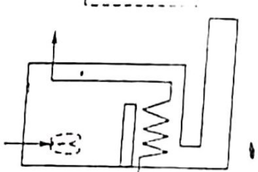
3.	वाष्पन (Evaporation)		
	(a) खुली बर्तन (Open pan)		कम बैच के लिए प्रयुक्त की जाती है तथा इस प्रकार बनी होती है कि आसानी से साफ किया जा सकता है।
	(b) बहु प्रभावी (Multiple effect)		इसके द्वारा अत्यधिक ऊष्मा प्राप्त की जाती है। Suger syrups paper mill black liquied तथा अकार्बनिक रसायन के वाष्पन के लिए अत्यधिक प्रयोग में लायी जाती है।
4.	निष्कर्षण (Extraction)		
	(a) द्रव-द्रव (Liquid-liquid)		Used to contact solvent and feed to give raffinate and extract; widely adapted to removal of nephthenes from lube oil fractions using solvents such as furfural
	(b) ठोस-द्रव (निक्षालन) Solid-liquid (leaching)		द्रव विलायक की सहायता से ठोस से विलेय के लिए कण पृथक करने के लिए प्रयुक्त है।

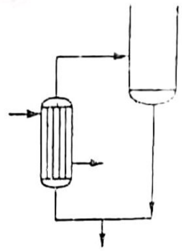
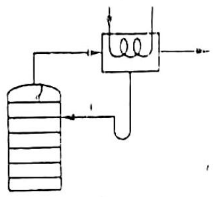
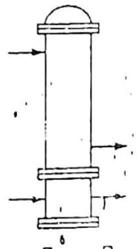
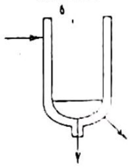
5.	तरल पदार्थों का रख रखाव (Fluid Handling)		
	(a) केन्द्राभी सारीय (Centrifugal pump)		सभी प्रकार के द्रवों में प्रयुक्त किया जाता है। निर्माण तथा रख-रखाव में उत्तम है।
	(b) कम्प्रेशर (Compressor)		सामान्यतः उच्च दाब प्राप्त करने में उपयोगी होता है।
	(c) जैट इजेक्टर (Jet ejector)		Used for low pressure operation of production of vacuum; steam often used as motive fluid
6.	तरल ठोस संयोजक (Fluid-solid Contacting)		
	(a) फिक्सड बैड (Fixed bed)		Catalytic reactor में प्रयुक्त करते है।
	(b) फ्लड बैड (Fluid bed)		इसका प्रयोग बैचों शुष्कीकरण के लिए किया जाता है।

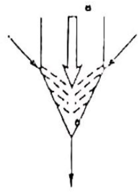
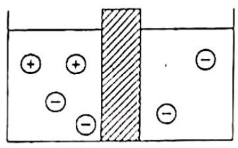
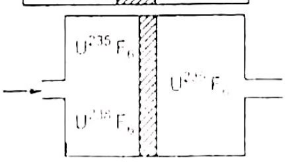
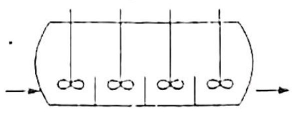
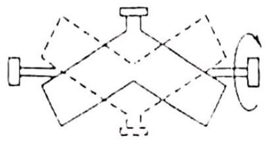
(c) घुमने वाला बेड (Moving bed)		Fixed bed reactor के साथ संयुक्त होता है।
7. तरल ठोस पृथक्कीकरण (Fluid-solid Separation)		
(a) अपकेन्द्रीकरण (Centrifugation)		द्रवों से ठोसों को पृथक करने में प्रयुक्त करते हैं। द्रवों से द्रवों के पायस (emulsion) बनाने में उपयोग है।
(b) अवसादन टैंक (Settling tank)		gas stream से बड़े कणों (Particles) को दूर करने में प्रयुक्त की जाती है।
(c) आर्द्र स्क्रबर (Wet scrubber)		Liquid व shower के सम्पर्क में आने के पश्चात् gas stream से निलम्बित कणों (Suspended particles) करने में प्रयुक्त करते हैं।

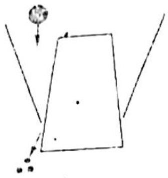
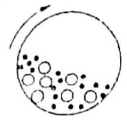
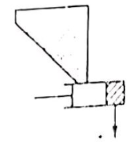
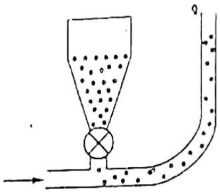
(d) क्रिस्टेलाइजर (Crystallizer)		अकार्बनिक लवणों को पृथक करने में प्रयुक्त करते हैं।
(e) फिल्टर (घुमने वाला) (Filter (rotatory))		जल से गारे, पल्प रेशे आदि से खनिजों को पृथक करने में उपयोगी है।
(f) निस्यंदक प्रेस (Filter press)		Filteratium के लिए प्रयुक्त किये जाते हैं।
(g) साइक्लोन पृथक्कीकरण (Cyclone separator)		इसका प्रयोग गैस द्वारा ठोस अथवा द्रव को पृथक करने में किया जाता है।
(h) विद्युत स्थिर अवक्षेपक (Electrostatic precipitator)		गैस में विद्यमान धूल के कण को दूर करने में उपोगी है।
(i) थैला छन्नक (Bag filter)		इसका प्रयोग गैसे बाहर निकालने में तथा धूल संग्रह करने में क्या जाता है।

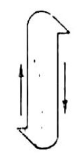
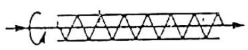
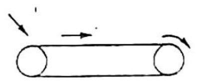
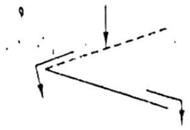
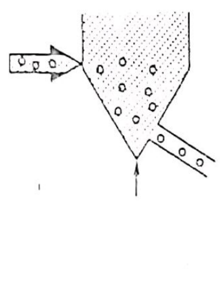
	(j) थिकनर क्लासिफायर (Thickener-classifier)		Sewage effulent clarification तथा mineral industires में प्रयुक्त होती है।
8.	तरल संग्राहक (Fluid Storage)		
	(a) गैस होल्डर (Gas holders)		नियत दाब पर द्रव सील (seal) का प्रयोग कर गैसों को कम दाब पर संग्रह करने में प्रयुक्त किया जाता है।
	(b) टैंक (Tanks)		समस्त प्रकार के द्रवों को एकत्रित करने में प्रयुक्त करते हैं।
	(c) प्रेसुराइज्ड गोला (Pressurized spheres)		द्रवित गैसों को एकत्रित करने में प्रयुक्त करते हैं।
	(d) भूमिगत कार्वनस (Underground caverns)		द्रवित गैसों अथवा अधिक मात्रा में द्रवों को एकत्रित करने के लिए प्रयुक्त किया जाता है।

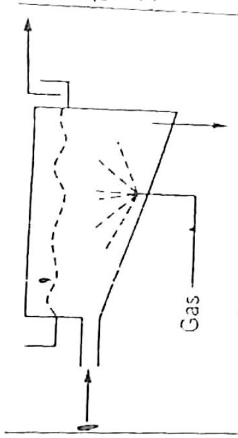
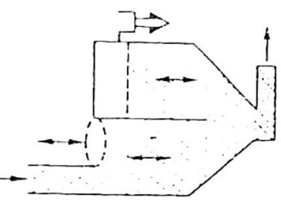
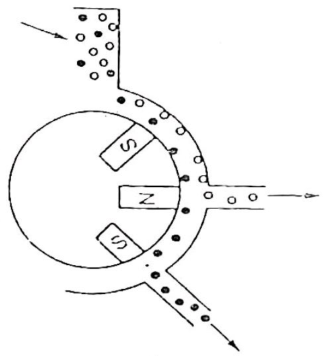
9.	Gas-liquid Contacting	 	
	(a) अवशोषण (Absorption)		हाइड्रोकार्बन से H_2S गैस के पृथक करने में उपयोगी है।
	(b) स्ट्रीपिंग (Stripping)		Counter current contact द्वारा विलयन से विलेय गैस को दूर करने में प्रयुक्त करते हैं।
10.	ऊष्मा विनिमय (Heat Exchange)		
	(a) आग ऊष्मक (Fired heater)		आसवन के लिए Petroleum fractions को ऊष्मा प्रदान करने के लिए किया जाता है।

(b) रीबोइलर (Reboiler)		Fractionation के लिए ऊष्मा (heat) प्रदान करने के लिए करते हैं।
(c) संघनित्र (Condenser)		Usually water-cooled tubular construction to provided reflux and overhead product from fractionating column
(d) शैल तथा ट्यूब एक्सचेन्जर (Shell and tube exchanger)		ऊष्मीय विनिमय प्रक्रिया के लिये प्रयुक्त सामान्य युक्ति
(e) जैकिट केतली (Jacketed kettle)		जल अथवा ब्राइन को ठंडा करने में प्रयुक्त करते हैं।

	(f) प्रत्यक्ष सम्पर्क क्वेंचिंग (Direct mixing (quenching))		Features intimate contanct of coolant fluid (e.g., water) with process gases to give quick quench e.g., in hydrocarbon pyrolysis to acetylene
11.	Membrane Separationg (a) अपोहन (Dialysis)		विलयन में विभिन्न अणुभार के पदार्थों को पृथक करने में उपयोग की जाती है।
	(b) गैसीय विसरण (Gaseous diffusion)		Heavy components से light components को पृथक करने में प्रयुक्त होता है।
12	मिलाना (Mixing) (a) हिलाना (Agitation)		विभिन्न उद्योग द्रव-द्रव अथवा ठोस द्रवों को मिलाने में प्रयुक्त करते हैं।
	(b) ठोसों का मिलाना (Solids blending)		प्रक्रिया उद्योग में प्रयोग करते हैं।

13. आकार कम करना तथा बड़ा करना (Size Reduction and Enlargement)		
(a) कूटना (Crushing)		कणों का आकार कम करने के लिए प्रयुक्त की जाती है।
(b) पीसना (Grinding)		ball mill की सहायता से शुष्क अथवा आर्द्र पीसने में उपयोगी है।
(c) पैलेटाइजिंग (Pelletizing)		उत्प्रेरक चिकित्सकीय चूर्णों से टिकियाँ (cake) बनाने में प्रयुक्त करते हैं।
14. ठोसों का रख-रखाव (Solids Handling)		
(a) न्यूमैटिक कन्वेयिंग (Pneumatic conveying)		न्यूमेटिक कन्वेयिंग आदि को बनाने में प्रयुक्त करते हैं।

(b) जैकेट एलिवेटर (Jacket elevators)		elevating materials, moving powdered एवं granular materials को पृथक करने में प्रयुक्त करते हैं।
(c) स्क्रू कन्वेयर (Screw conveyor)		Powders तथा sticky materials बनाने में प्रयुक्त करते हैं।
(d) ढुलाई पट्टा (Belt conveyor)		बैल्ट रबड़ अथवा कपड़े (fabric) की बनी होती है।
15. ठोस/ठोस पृथक्करण (Solid/Solid Separation)		
(a) छानना (Screening)		विभिन्न प्रकार के आकार के तारों प्लास्टिक अथवा फैब्रिक स्क्रीन को पृथक करने के लिए प्रयुक्त करते हैं।
(b) निक्षालन (Elutriation)		कणों को तलछट अथवा निक्षालन दर को पृथक करने के लिए किया जाता है।

(c) झाग उत्प्लावन (Forth flotation)		सल्फाइड अयस्कों जैसे जिंक ब्लेंड (ZnS) तथा कॉपर पायराइट ($CuFeS_2$) आदि अयस्कों के लिए प्रयुक्त करते हैं।
(d) जिगिंग (Jigging)		हल्की अशुद्धियों से भारी खनिज के पृथक्करण में प्रयुक्त की जाती है।
(e) चुम्बकीय पृथ्थकीकरण (Magnetic separation)		चुम्बकीय पदार्थ तथा अचुम्बकीय पदार्थ को पृथक करने में प्रयुक्त किया जाता है।

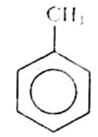
ऐल्कीकरण (Alkylation)

इस अभिक्रिया में बेंजीन में उपस्थित एक या अधिक हाइड्रोजन परमाणु [illegible] समूह (alkyl group) द्वारा विस्थापित हो जाते हैं। निर्जल $AlCl_3$ उत्प्रेरक की उपस्थिति में बेंजीन में ऐल्किल समूह (alkyl group) का प्रवेश कराना फ्रीडल क्राफ्ट्स अभिक्रिया (Friedel Craft's Reaction) अथवा ऐल्किलीकरण (alkylation) कहलाती है।

$$\underset{\text{Benzene}}{C_6H_6} + \underset{\text{Methyl chloride}}{CH_3Cl} \longrightarrow C_6H_5CH_3 + HCl$$

निर्जल $AlCl_3$ के स्थान पर निर्जल BF_3, $SnCl_4$ तथा $FeCl_3$ आदि लुइस अम्ल (Lewis acid) प्रयुक्त किये जा सकते हैं।

टॉलूईन (Toluene)



टॉलूईन को सर्वप्रथम टालू बाल्सम (tolu balsam) नामक रेजिन (resin) से प्राप्त किया गया था इसलिए इसका नाम टॉलूईन (toulene) रखा गया।

टालूईन के गुण (Properties of Toluene)

टालूईन एक रंगहीन द्रव (colourless liquid) है इसका क्वथनांक (Boiling point–110°C) होता है। इसकी गन्ध (smell) बेंजीन के समान होती है। यह जल में अविलेय (insoluble) तथा कार्बनिक विलयकों जैसे—ईथर, एल्कोहल तथा बेंजीन आदि में विलेय (soluble) है। टॉलूईन एक दुर्बल ध्रुवी (Weak Polar) यौगिक है।

टॉलूईन की निर्माण विधि (Manufacture of Toluene)

1. पैट्रोलियम के कैटेलिटिक रिफॉर्मिंग द्वारा

(From Catalytic Reforming of Petroleum)

पेट्रोलियम के भंजन (cracking) से प्राप्त *n*-हैप्टेन के द्वारा टॉलूईन बनाई जाती है।

$$CH_3(CH_2)_5CH_3 \xrightarrow[\text{At high presseure (480°C–550°C)}]{Cr_2O_3/Al_2O_3} \underset{\text{Toluene}}{C_6H_5CH_3} + 4H_2$$

अधिक मात्रा में टालूईन का उत्पादन करने के लिए इस विधि का उपयोग किया जाता है। Al_2O_3/Cr_2O_3 के स्थान पर Pt/Al_2O_3 का प्रयोग भी किया जा सकता है।

2. नैप्था के कैटोलिटिक रिफॉर्मिंग द्वारा

(From Catalylic Reforming of Naphtha)

नैप्था (Naptha) के कैटोलिटिक रिफार्मिंग द्वारा टॉलूईन को प्राप्त किया जाता है।

$$\underset{\text{Naptha}}{C_6H_{11}CH_3} \xrightarrow[500-575°C]{H_2} \underset{\text{toluene}}{C_6H_5CH_3} + 3H_2$$

प्रयुक्त कच्चा माल (Used Raw Material)

टॉलूईन के निर्माण में निम्नलिखित कच्चे माल की आवश्यकता होती है—

(1) नैप्था (Naptha, Feedstock)

(2) सल्फ्यूरिक अम्ल (Sulphuric acid)

(3) कास्टिक सोडा (Caustic soda)

(4) मिथाइल इथाइल कीटोन (Methyl ethyl ketone)

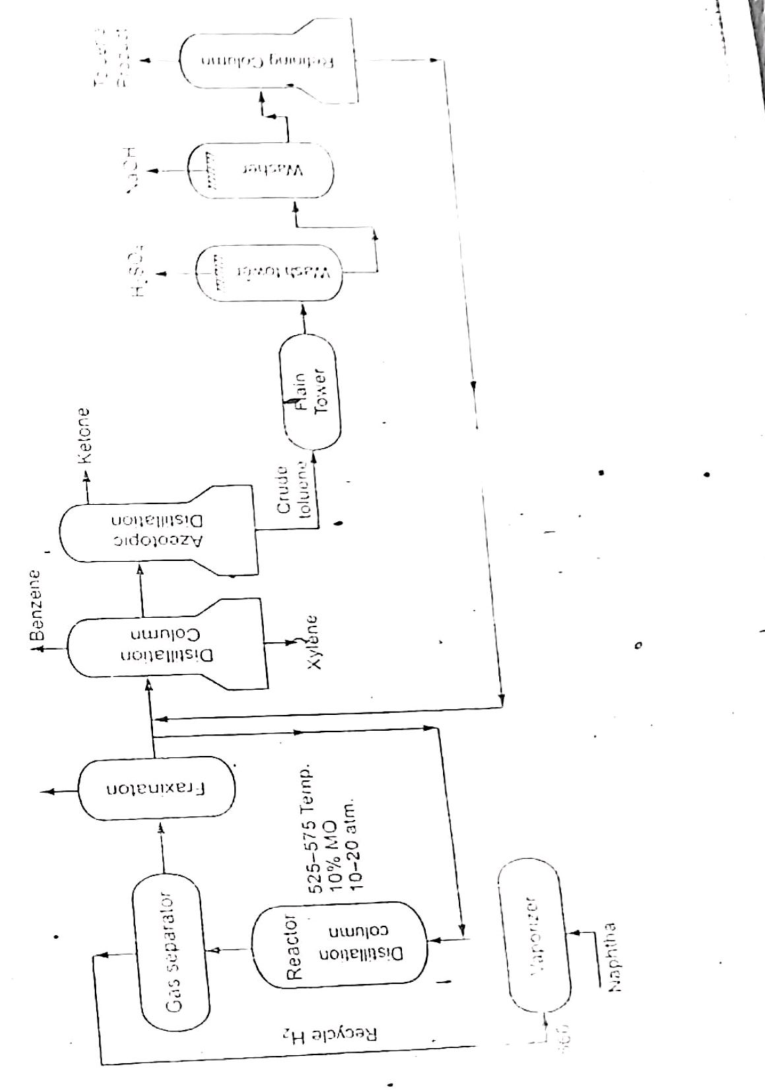
प्रक्रिया वर्णन (Process Description)

सर्वप्रथम नेप्था (Naptha) को 575°C तापक्रम पर (recycle Hydrogen gas) के साथ वाष्पक (vaporiser) में वाष्पित (vaporise) किया जाता है। अब इस मिश्रण को रियेक्टर (reactor) में भेजा जाता है तथा इसके पश्चात् इसे गैस पृथक्कारक (gas separactor) में ले जाते हैं। यहाँ पर H_2 gas पृथक होकर पुनः चक्रीकृत (recycle) हो जाती है। रियेक्टर (Reactor) में अथवा आसवन यूनिट (Distillation unit) में Mo (Metal oxide) अथवा Al_2O_3 (Alumina) का प्रयोग उत्प्रेरक (catalyst) के रूप में होता है।

गैस पृथक्कारक (gas separator) के पश्चात् गैस को प्रभाजक (Fractionator) में भेजा जाता है। प्रभाजक (Fractionator) से ईंधन गैस (Fuel gas) को बाहर निकाल दिया जाता है। हाइड्रोफॉर्मेट (Hydroformates) जिसमें 21% टालूईन (toluene) होती है, को पुनः Fractionator में recycle होने के लिए भेज दिया जाता है।

पुनः Recycle होने पर 98% Toulene प्राप्त हो जाती है। प्रभाजक (Fractionator) से 35% टॉलूईन (toulene) आसवन स्तम्भ या कक्ष (distllation column) में भेजी जाती हैं। जहाँ पर Benzene तथा Xylene को पृथक (separate) कर लिया जाता है। इसमें 65% तक टालूईन होती है। इस toulene mixture को स्थिर क्वथंनाकी आसवन कक्ष (Azeotropic distillation tower) में भेजा जाता है यहाँ पर 90% ethyl methylketone तथा 10% जल (water) पृथक होता है। प्राप्त toulene जिसका क्वथनांक अधिक होता है। 98% H_2SO_4 के साथ धुलाई (wash) की जाती है।

इसके बाद इसे NaOH के साथ धो (wash) करके refining tower से 99% toluene प्राप्त हो जाती है।



चित्र 6.1—टॉलूइन के निर्माण का रेखाचित्र (Flow diagram of Toluene Production)

टॉलूईन के उपयोग (Uses of Toluene)

1. पैन्ट, रबड़ तथा प्लास्टिक सीमेण्ट आदि में विलायक के रूप में।
2. Toluene sulfonate detergent बनाने में।
3. Phenol तथा aniline आदि रासायनिक यौगिकों के उत्पादन में। Benzene तथा Toluene का मिश्रण।
4. Motor engine में octane number को बढ़ाने (अधिक करने) में किया जाता है।
5. विस्फोटक पदार्थ जैसे ट्राई-नाइट्रो टॉलूईन (T. N. T) के बनाने में।
6. विभिन्न रंजक माध्यमिकों (dye intermediates) के बनाने में।
7. DDT के निर्माण में।

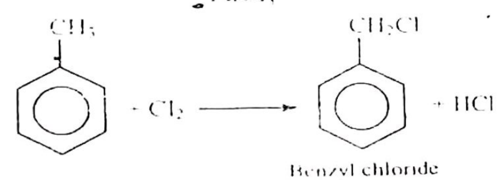
हैलोजीनिकरण (Halogenation)

बेंजीन के एक या अधिक हाइड्रोजन परमाणुओं का हैलोजन परमाणुओं द्वारा प्रतिस्थापन (substituton) हैलोजेनीकरण कहलाता है।

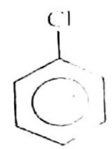
उदाहरणार्थ—

(i) $C_6H_6 + Cl_2 \xrightarrow[\text{Anhydrous } AlCl_3]{\text{Dark}} C_6H_5Cl + HCl$ Chloro benzene

(ii)



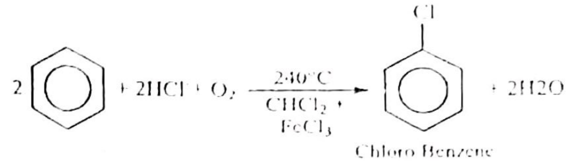
क्लोरो बैंन्जीन (Chlorobenzene)



क्लोरोबैंजीन का औद्योगिक निर्माण (Manufacture Process of Chlorobenzene)

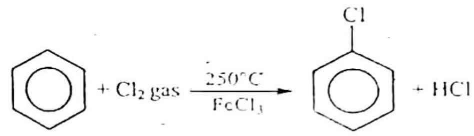
औद्योगिक स्तर पर क्लोरो बैंजीन वाष्प (vapour) वायु तथा हाइड्रोजन क्लोराइड के मिश्रण को 260°C पर कॉपर क्लोराइड तथा [illegible] क्लोराइड उत्प्रेरक पर प्रवाहित करके बनायी जाती है। क्लोरोबैंजीन बनाने की यह [illegible] प्रक्रिया (Rasching Process) कहलाती है।

रासायनिक अभिक्रिया (Chemical Reaction)



प्रयुक्त कच्चा माल (Used Raw Material)

Benzene, vapour HCl, steam तथा catalyst का प्रयोग कच्चे माल के रूप में किया जाता है।



प्रक्रिया वर्णन (Process Description)

इस प्रक्रिया में बैंजीन को 500°F पर, तथा वायु को 250° F पर तथा HCl वाष्प (vapour) को सुपर हीटर (super heater) में गर्म करते हैं। यह HCl भाप वाष्पक (steam evaporator) में जलीय अम्ल (aqueous acid) के वाष्पन द्वारा बनता है। इस मिश्रण को रियेक्टर में भेजा जाता है। इसके पश्चात् इस मिश्रण को उत्प्रेरक कक्ष (catalyst chamber) में गर्म होने के लिए भेजा जाता है। Catalyst chamber steel का बना होता है तथा इसमें catalic bed लगे होते हैं। इन Bed में उत्प्रेरक (catalyst) बन्द रहता है बैंजीन तथा HCl को 8 :1 के अनुपात में मिलाकर catalyst chamber में भेजा जाता है। Benzene, HCl तथा chloro benzene को 410°C पर catalyst chamber से decanter chamber में तथा इसके पश्चात् गैस कक्ष (gas chamber) में ले जाया जाता है। Gas Chamber से Benzene को पृथक कर लिया जाता है तथा chloro benzene को उत्पाद (product). के रूप में निकाल लिया जाता है।

क्लोरोबैंजीन के गुण (Properties of Chlorobenzene)

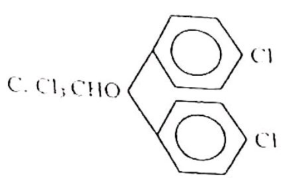
क्लोरो बैंजीन रंगहीन,मधुर गंध का द्रव (liquid) है। यह जल में अविलेय (insoluble) है परन्तु ऐल्कोहल,ईथर एवं अन्य कार्बनिक विलायकों में विलेय (soluble) है। यह भाप में वाष्पशील है, इसका क्वथनांक (B.P.) –132°C है। इसका आपेक्षिक घनत्व (sp. density) 1.12 होता है।

क्लोरो बैंजीन के उपयोग (Uses of chloro benzene)

इसके उपयोग अग्र प्रकार हैं—

1. DDT के निर्माण में DDT एक प्रबल कीटाणुनाशक (disinfectant) है।
2. एनीलोन तथा फिनॉल के औद्योगिक निर्माण में।
3. रंजक (dye) बनाने में।

डाइक्लोरो डाइफिनाइल ट्राइक्लोरो एथेन (Dichloro diphenyl trichloro ethane)



DDT एक प्रबल कीटनाशक (insecticide) है। इसका पूरा नाम Dichloro Diphenyl Trichloro ethane है।

प्रयुक्त कच्चा माल (Used Raw Material)

DDT के निर्माण में बैंजीन, एथेनॉल आदि का प्रयोग कच्चे पदार्थ (raw material) के रूप में किया जाता है।

DDT के निर्माण के लिए पूरी प्रक्रिया (Process) को निम्न पदों (steps) में वर्गीकृत (classified) किया गया है—

1. क्लोरल का निर्माण।
2. मोनोक्लोरो बैंजीन का निर्माण।
3. डी. डी. टी. का निर्माण।

(1) क्लोरल का निर्माण (Manufacture of Chloral)

एथिल एल्कोहल में क्लोरीन गैस (chlorine gas) प्रवाहित करने पर क्लोरल (chloral) बनता है क्लोरल, DDT का माध्यमिक यौगिक (intermediate compound) है। क्लोरीन गैस आक्सीकरण तथा क्लोरोनीकरण दोनों का कार्य करती है।

$$C_2H_5OH + Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{Acetal dehyde}}{CH_3CHO} + 2HCl$$

$$CH_3CHO + 3Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{Chloral}}{C.\overline{Cl_3}.CHO} + 3HCl$$

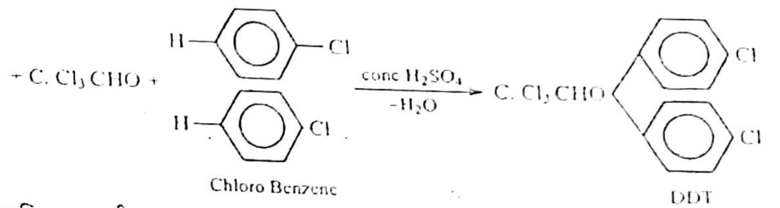
(2) मोनो क्लोरो बैंजीन का निर्माण (Manufacture of Mono chloro benzene)

बैंजीन का क्लोरीनिकरण करने पर मोनो क्लोरो बैंजीन बनती है। यह अभिक्रिया निर्वात आसवन (vacuum distillation) द्वारा पूर्ण होती है। यह अभिक्रिया $CuCl_2$ उत्प्रेरक की उपस्थिति में होती है।

$$\underset{\text{Benzene}}{C_6H_6} + 2HCl + O_2 \xrightarrow[\text{CuCl}_2\ (\text{catalyst})]{240°C} \underset{\text{Chloro benzene}}{C_6H_5Cl} + 2H_2O$$

(3) DDT का निर्माण (Manufacture of DDT)

क्लोरो बैंजीन को सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल की उपस्थिति में क्लोरल (chloral) के साथ गर्म करने पर डी. डी. टी. बनता है। डी. डी. टी. का उत्पादन एक ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया (Exothermic reaction) है।



प्रक्रिया वर्णन (Process Description)

क्लोरल तथा क्लोरोबैंजीन को सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल अथवा ओलियम उत्प्रेरक के रूप में संघनित (cendense) कर डी. डी. टी. का निर्माण किया जाता है। इसके निर्माण के लिए एक स्टील (steel) रियेक्टर जिसकी क्षमता 1000 गैलन होती है, का प्रयोग किया जाता है। अभिक्रिया 15°C-30°C पर सम्पादित होती है तथा इसे पूर्ण होने में 5 से 6 घंटे का समय लगता है।

संघनन के पश्चात्, बचे हुए अम्ल को बाहर निकाल लिया जाता है तथा कार्बनिक पदार्थ की पर्त (layer) को जल से धोकर, सोडा एश (soda ash) से उदासीन (neutralise) कर लिया जाता है। DDT के मिश्रण तथा अक्रियाशील क्लोरोबैंजीन (unreacted chlorobenzene) को ड्रायर (dryer) में भेज दिया जाता है। ड्रायर (Dryer) में उत्पन्न गैस को आगे पृथक्कारक (separator) में ले जाकर आसवित कर लेते हैं एवं इसका पुनः चक्रीकरण (recycling) कर लिया जाता है।

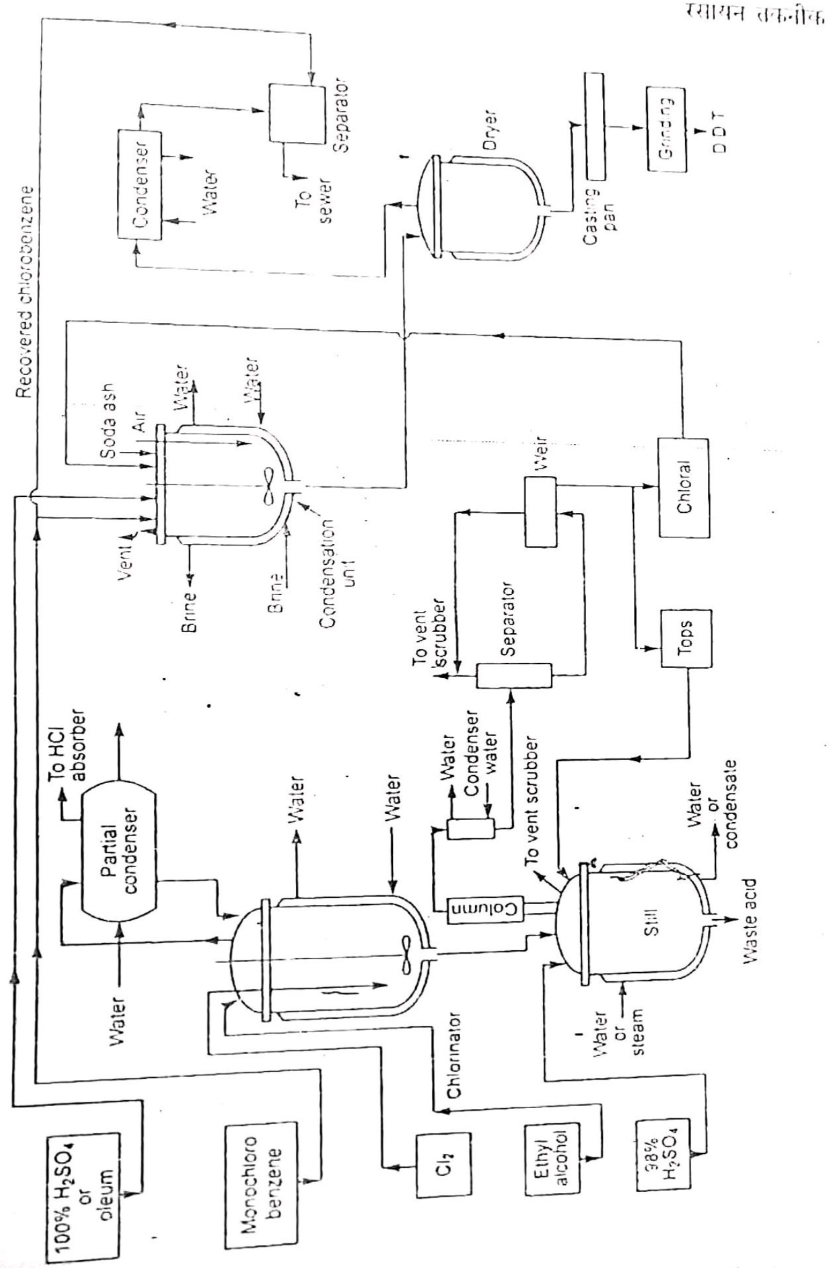
इसके पश्चात् पिघली डी. डी. टी. (Molten DDT) को solidifying pan में डालकर पीस (grinding) लेते हैं। अब इसकी पैकिंग कर बाजार में बेचने (sale) के लिए भेज दिया जाता है।

DDT निर्माण का रेखाचित्र चित्र 6.2 में प्रदर्शित है।

मुख्य अभियान्त्रिकी समस्यायें (Major Engineering Problems)

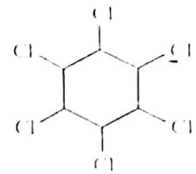
(1) DDT उत्पाद का आयरन से सम्पर्क नहीं होना चाहिए क्योंकि आयरन DDT का विघटन (decomposition) कर देता है।

(2) तापक्रम को सावधानीपूर्वक नियन्त्रित करना चाहिए क्योंकि अधिक तापक्रम पर अम्लीय उत्प्रेरक की उपस्थिति में क्लोरो बैंजीन का सल्फोनीकरण होने की सम्भावना बनी रहती है।



चित्र 6.2—DDT निर्माण का रेखाचित्र (Flow diagram of DDT Production)

बैंजीन हैक्साक्लोराइड
(BHC—Benzene Hexa Chloride)



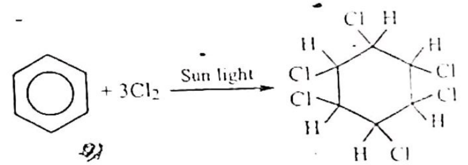
बैंजीन हेक्सा क्लोराइड का उपयोग लिन्डेन (Lindane) अथवा गैमक्सीन (Gammexane) अथवा 666 के नाम से प्रबल कीटनाशक (insecticide) के रूप में होता है। यह DDT से अधिक शक्तिशाली है।

प्रयुक्त कच्चे पदार्थ (Used Raw Material)

Benzene तथा Chloride का प्रयोग बैंजीन हेक्सा क्लोराइड के बनाने में किया जाता है।

निर्माण विधि (Manufacture of B.H.C.)

सूर्य के चमकीले प्रकाश में बैंजीन की क्लोरीन के साथ अभिक्रिया करने पर बैंजीन हेक्सा क्लोराइड, $C_6H_6Cl_6$ बनता है।



प्रक्रिया वर्णन (Process Description)

BHC के निर्माण के लिय बैंजीन को एक ऊँची जगह पर एकत्रित करते हैं जिससे गुरुत्वाकर्षण के कारण रिएक्टर (Reactor) में भेजी जाती है। बैंजीन तथा क्लोरीन को कच्चे पदार्थ के रूप में क्लोरीनेशन टैंक (जोकि काँच की दीवारों से निर्मित होता है) में प्रविष्ट करायी जाती है। यह क्लोरीनेशन की क्रिया ऊष्माक्षेपी (exothermic) होती है। जिसके कारण 1400 BTU की ऊष्मा उत्पन्न होती है। इस ऊष्मा को ठंडे जल से दूर किया जाता है। रिएक्टर से प्राप्त उत्पाद को रिएक्टर में ले जाते हैं जहाँ से निष्क्रिय बैंजीन ऊपर से निकलकर पुनः Recyclin के लिए भेज दी जाती है। इसके पश्चात् इसे भाप coil युक्त प्रभाजक (fractionator) में ले जाते हैं BHC तथा भाप को क्रिया से निष्क्रिय बैंजीन पृथक हो जाती है। भाप तथा बैंजीन के मिश्रण को [illegible] सिरे से एकत्रित करके Recycle के लिये पृथक कारक (Separator) में ले जाते हैं [illegible] कारक से प्राप्त बैंजीन

को Recycle कर दिया जाता है तथा प्रभाजक (fractionator) की तली से प्राप्त BHC को Cyclone में ले जाते हैं यहाँ इसमें गर्म वायु प्रविष्ट करायी जाती है। यहाँ से BHC के शुद्ध कणों को पृथक किया जाता है। BHC के बचे भाग को जो वायु के साथ निलम्बित होता है। कैल्सियम कक्ष में ले जाया जाता है जहाँ से BHC की Recovery पूर्ण हो जाती है बची हुई गैस जिसमें BHC के अणु होते हैं

इस गैस को स्क्रबर (scruber) तथा स्क्रब (scrub) कर लेते हैं। गैस को वायुमंडल में छोड़ देते हैं तथा BHC के पाऊडर को पैकिंग करने के लिये भेज दिया जाता है।

बेंजीन हैक्सा क्लोराइड के उपयोग (Uses of Benzene Hexa Chloride)

यह प्रबल कीटाणु नाशक (Strong insecticide) है अतः यह मच्छर, मक्खी तथा कीड़े आदि को नष्ट करने में प्रयुक्त किया जाता है।

मुख्य अभियान्त्रिकी समस्यायें (Major Engineering Problems)

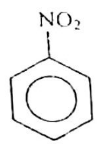
आर्द्र क्लोरीन तथा HCl gas दोनों ही आयरन को संक्षारित करती हैं तथा यह संक्षारण (corrosion) के लिए उत्तरदायी हैं। अतः निर्मित आयरन क्लोराइड इच्छित योगात्मक क्लोरीनिकरण (Desired addition chlorination) की तुलना में प्रतिस्थापित अभिक्रिया (Substitution Reaction) को उत्प्रेरित करेगा।

नाइट्रेशन (Nitration)

बेंजीन के एक या अधिक हाइड्रोजन परमाणुओं का नाइट्रो समूहों ($-NO_2$ gp) द्वारा प्रतिस्थापन नाइट्रेशन (Nitration) कहलाता है। नाइट्रेशन की प्रक्रिया conc. H_2SO_4 तथा conc H_2SO_4 की उपस्थिति में होती है।

$$\underset{\text{Benzene}}{C_6H_6} + HNO_3 \xrightarrow{\text{Conc } H_2SO_4} \underset{\text{Ntiro benzene}}{C_6H_5NO_2} + H_2O$$

नाइट्रोबेंजीन (Nirtobenzene)



बेंजीन को सान्द्र नाइट्रिक अम्ल तथा सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल के मिश्रण के साथ 50-60°C तापक्रम पर गर्म करके नाइट्रोबेंजीन (Nitrobenzene) बनायी जाती है।

रासायनिक अभिक्रिया (Chemical Reaction)

$$C_6H_6 + HNO_3 \xrightarrow[H_2SO_4]{\text{conc.}} C_6H_5NO_2 + H_2O \qquad \Delta H = -27 \text{ kcal}$$

प्रयुक्त कच्चे पदार्थ (Used Raw Material)

बेंजीन, सान्द्र नाइट्रिक अम्ल, सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल तथा जल का प्रयोग किया जाता है।

नाइट्रोबेंजीन के गुण (Properties of Nitrobenzene)

नाइट्रोबेंजीन हल्के पीले रंग का तेल जैसा द्रव (liquid) है। इसकी गन्ध (smell) कड़वे बादामों (bitter almonds) जैसी होती है। अतः इसे मिरबेन का तेल (Oil of mirbane) कहते हैं। इसका क्वथनांक 211°C होता है। यह जल में अविलेय (insoluble) तथा कार्बनिक विलायकों जैसे ईथर, एल्कोहल, बेंजीन में विलेय (soluble) है। यह भाप में वाष्पशील (volatile) है।

प्रक्रिया वर्णन (Process Description)

नाइट्रोबेंजीन में प्रयुक्त नाइट्रोबेंजीन संयन्त्र (Nitrobenzene Plant) की धारिता (capacity) लगभग 300-500 लीटर तक होती है। इसके उत्पादन के लिए बेंजीन (Benzene) की 80°C तापक्रम पर नाइट्रेशन (Nitration) क्रिया करायी जाती है। इस अभिक्रिया में ऊष्मा (heat) उत्पन्न होती है। अतः यह ऊष्माक्षेपी (Exothermic Reaction) है।

इस ऊष्मा को ठण्डे पानी (cold water) द्वारा दूर किया जाता है। इस सम्पूर्ण क्रिया को पूर्ण होने में 15–20 मिनट का समय लगता है। अब सम्पूर्ण मिश्रण (mixture) को पृथकारक (separator) में ले जाया जाता है तथा व्यर्थ अम्ल (waste acid) को पुनः Recycle कर दिया जाता है, प्राप्त अशुद्ध नाइट्रोबेंजीन (Crude Nitrobenzene) को जल तथा Na_2CO_3 द्वारा धो (wash) किया जाता है। इसके पश्चात् इसे स्टिल (still) में भेजकर वायु संघनित्र (air condenser) से गुजार कर (pans) शुद्ध नाइट्रोबेंजीन (Nitrobenzene) प्राप्त की जाती है।

नाइट्रोबेंजीन के उपयोग (Uses of Nitrobenzene)

नाइट्रोबेंजीन के उपयोग निम्न हैं—

(1) यह एनीलिन, बेंजीडीन तथा ऐजो रंजकों (azo dyes) के निर्माण में माध्यमिक यौगिकों (intermediate compound) के रूप में प्रयुक्त किया जाता हैं।

(2) यह विलायक (solvent) के रूप में।

(3) मिरबेन के तेल (Oil of mirbane) के नाम से सस्ते साबुन (cheap soap) तथा बूट पॉलिश (Boot Polish) आदि को सुगन्धित करने में।

(4) ऑक्सीकारक (as an oxidising) के रूप में।

एमीनेशन (Amination)

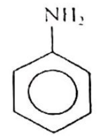
एमीनेशन अथवा अमोनिया के साथ अभिक्रिया का प्रयोग एलिफैटिक तथा ऐरोमैटिक एमीन बनाने में किया जाता है।

किसी कार्बनिक यौगिक अथवा बैंजीन की अमोनिया के साथ क्रिया करने पर अमोनिया का $-NH_2$ समूह (amine group) यौगिक के क्रियात्मक समूह (functional gp) से जुड़ जाता है तथा H_2 को प्रतिस्थापित (substitute) कर देता है।

$$\underset{\text{Benzene}}{C_6H_6} + \underset{\text{Ammonia}}{N - NH_3} \longrightarrow \underset{\text{Amiline}}{C_6H_5NH_2} + H_2\uparrow$$

$$\underset{\text{Phenol}}{C_6H_5OH} + NH_3 \longrightarrow \underset{\text{Aniline}}{C_6H_5NH_2} + H_2O$$

एनीलीन (Aniline)



निर्माण विधि (Manufacture of Aniline)

औद्योगिक स्तर पर एनिलीन, नाइट्रोबैंजीन के नम आयरन की छीलन तथा हाइड्रोक्लोरिक अम्ल का अपचयन (reduction) करके बनायी जाती हैं।

रासायनिक अभिक्रिया (Chemical Reaction)

$$4\,C_6H_5NO_2 + 9\,Fe + 4H_2O \longrightarrow 4\,C_6H_5NH_2 + 3\,Fe_3O_4$$

$$\Delta H = -\,130\text{ kcal}$$

एनीलीन के गुण (Properties of Aniline)

शुद्ध एनीलीन रंगहीन द्रव (colourless liquid) है जो कि वायु में रखने पर ऑक्सीकृत होकर भूरे रंग (brown colour) का हो जाता है।

इसका क्वथनाक 184°C होता है तथा आपेक्षिक घनत्व 1.02 है। यह जल में अविलेय (insoluble) तथा कार्बनिक विलायकों जैसे ईथर, एल्कोहल तथा बैंजीन में विलेय हुए। यह Indigo dye के लिए अच्छा विलायक (good solvent) है।

प्रयुक्त कच्चा माल (Used Raw Material)

फिनॉल, आयरन तथा अमोनिया का प्रयोग कच्चे पदार्थो के रूप में किया जाता है।

विधि वर्णन (Process Description)

नाइट्रोबैंजीन से एनीलीन के निर्माण के लिए नाइट्रोबैंजीन, जल तथा HCl को अपचायक कक्ष (Reducer tower) में भेजा जाता है एवं कुछ समय के लिए वाष्प (steam) प्रवाहित की जाती है। इस मिश्रण को reducer में विडोलक (stirrer)-द्वारा-मिश्रित-(mixed) किया जाता है। अब एनीलीन को आसवन स्तम्भ (distillation column) में आसवित (distillation) होने के लिए भेजा जाता है। संघनित्र (Condenser) में जल संघनित (condensed) हो जाता है तथा शुद्ध एनीलीन (Pure aniline) पृथक हो जाती है।

उपयोग (Uses)

एनीलीन के उपयोग निम्न है—

(1) रबड़ को वल्कनित (Vulcanise) करने में त्वरक (accelerator) के रूप में।

(2) Benzene Diazonium Chloride, Shift Base आदि यौगिकों के निर्माण में।

(3) Azo Dye बनाने में।

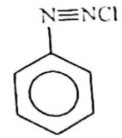
डाइएज़ोटाइज़ेशन (Diazotisation)

एनीलीन को जब $NaNO_2$ तथा HCl के साथ 0°C पर क्रिया कराते हैं तो $-NH_2$ का विस्थापन (replacement) $-N{=}N-Cl$ मूलक (radical) द्वारा हो जाता है अर्थात् अभिक्रिया में $-NH_2$ समूह में $-N{=}N-Cl$ में परिवर्तित हो जाता है। यह क्रिया डाइएजो क्रिया (Diazo reaction) कहलाती है। इस प्रकार बने यौगिक को डाइएजो यौगिक (Diazo compound) कहते हैं। डाइ का अर्थ दो तथा एजो से तात्पर्य नाइट्रोजन (Nitrogen) से है। इस क्रिया को डाइएज़ोनिकरण (Diazotisation) कहते हैं।

रासायनिक अभिक्रिया (Chemical Reaction)

$$C_6H_5NH_2 + HCl + HNO_2 \longrightarrow C_6H_5N_2Cl + 2H_2O$$

बैंजीन डाइएजोनियम क्लोराइड (Benzene Diazonium Chloride)



यह एक अस्थायी तथा विस्फोटक यौगिक है अतः ठोस अवस्था में विलगित (isolate) नहीं किया जा सकता है। अतः इसका हिमशीतित विलयन (Freezing solution) ही उपयोग किया जाता है।

बैंजीन डाइएजोनियम क्लोराइड की निर्माण विधि
(Manufacture of Benzene diazonium chloride)

इसे एनीलीन पर $NaNO_2$ तथा HCl की हिम-मिश्रण (freezing mixture) द्वारा 0-5°C तक ठण्डा करके बनाते हैं।

$$\underset{\text{Sodium Nitrate}}{Na\,NO_2} + HCl \xrightarrow{\text{cold}} NaCl + \underset{\text{Nitrous acid}}{HNO_2}$$

$$\underset{\text{Aniline}}{C_6H_5NH_2} + HCl + HNO_2 \longrightarrow \underset{\text{Benzene diazonium chloride}}{C_6H_5N_2Cl} + 2H_2O$$

उपयोग (Uses)

इसके उपयोग निम्नलिखित हैं—

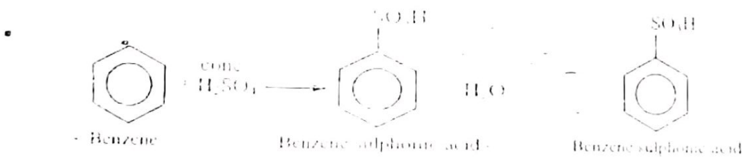
(1) ऐजो रंजक (azo dye) तथा सल्फाड्रग (Sulpha Drugs) के निर्माण में।

(2) फिनाइल हाइड्रेजीन के निर्माण में।

(3) विभिन्न कार्बनिक यौगिकों के निर्माण में।

सल्फोनेशन (Sulphonation)

बैंजीन के एक या अधिक हाइड्रोजन परमाणुओं का सल्फोनिक समूहों (Sulphonic gp) द्वारा प्रतिस्थापन (substitution) सल्फोनीकरण (sulphonation) कहलाता है। बैंजीन को 20°C तापक्रम पर conc. H_2SO_4 से क्रिया कराते हैं तो बैंजीन सल्फोनिक अम्ल (Benzene Sulphonic Acid) बनता है।



औद्योगिक स्तर पर बैंजीन को सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल की उपस्थिति में 80°C तापक्रम पर बनाया जाता है।

$$\underset{\text{Benzene}}{C_6H_6} + H_2SO_4 \xrightarrow{80^\circ C} \underset{\text{Benzene Sulphonic Acid}}{C_6H_5SO_3H} + H_2O$$

प्रक्रिया वर्णन (Process Description)

इस प्रक्रिया में बैंजीन वाष्प (Benzene Vapour) को 98% conc H_2SO_4 मिलाया जाता है तथा तापक्रम 80°C रखा जाता है। इस अभिक्रिया में बैंजीन सल्फोनिक अम्ल (Benzene Sulphonic Acid) बनता है। सम्पूर्ण अभिक्रिया सतत् सल्फोनेटर (Continuous Sulphonator) में सम्पन्न होती है। इस अभिक्रिया में benzene तथा sulphuric acid को प्रतिधारा मार्ग (counter current way) द्वारा प्रवाहित किया जाता है। अभिक्रिया के पश्चात् अवशेष बैंजीन को पृथक (separate) एवं पुनः चक्रीकरण (recycle) कर लिया जाता है तथा अन्त में उत्पाद के रूप में बैंजीन सल्फोनिक अम्ल (Benzene Sulphonic Acid) बनता है। सल्फोनेटर (Sulphonator) में सल्फ्यूरिक अम्ल (Sulphuric Acid) की मात्रा विद्यमान रहती है।

गुण (Properties)

यह एक रंगहीन क्रिस्टलीय ठोस (colourless crystalline solid) है। इसका गलनांक 65°C होता है। यह जल में अत्यधिक विलेय (soluble) है।

उपयोग (Uses)

बैंजीन सल्फोनिक अम्ल के उपयोग निम्न हैं—

(1) अपमार्जकों (detergent) के निर्माण में।

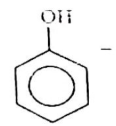
(2) रंजकों (dyes) के निर्माण में।

(3) सल्फाड्रग्स (sulphadrugs) आदि बनाने में।

हाइड्रोक्सी बैंजीन (Hydroxy Benzene)

ऐरोमेटिक हाइड्रोक्सी यौगिक दो प्रकार के होते हैं क्योंकि —OH बैंजीन न्यूक्लियस या पार्श्व-शृंखला में हो सकता है। जब —OH मूलक न्यूक्लियस (Nucleus) में होता है तो इस प्रकार के यौगिकों को फिनॉल (Phenol) कहते हैं तथा जब —OH समूह पार्श्व शृंखला (Side Chain) में होता है तो ऐरोमेटिक एल्कोहल कहलाते हैं जैसे—बैंजाइल एल्कोहल ($C_6H_5CH_2OH$)।

फिनॉल (Phenol)



फिनॉल के भौतिक गुण (Physical Properties of Phenol)

शुद्ध अवस्था में यह रंगहीन (colourless) होता है लेकिन प्रकाश की उपस्थिति में वायु की ऑक्सीजन द्वारा ऑक्सीकृत (oxidised) होकर हल्के (light pink colour) में परिवर्तित हो जाती है। इसकी गंध विशिष्ट एवं तीव्र होती है। इसका गलनांक 42°C है तथा इससे उच्च ताप पर यह ठोस से द्रव अवस्था में परिवर्तित हो जाता है। यह जल में अल्प विलेय तथा गर्म जल में विलेय है।

प्रयुक्त कच्चा माल (Used Raw Material)

Cumene, Sodium Carbonate एवं Sulphuric Acid का प्रयोग कच्चे माल के रूप में करते हैं।

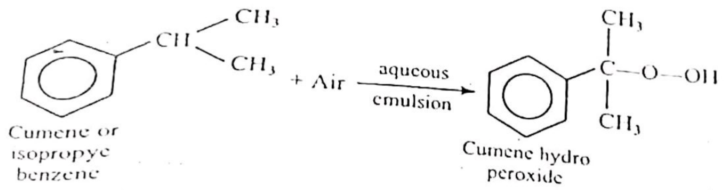
रासायनिक अभिक्रिया (Chemical Reaction)

औद्योगिक स्तर पर फिनॉल का निर्माण दो पदों (steps) में किया जाता है—

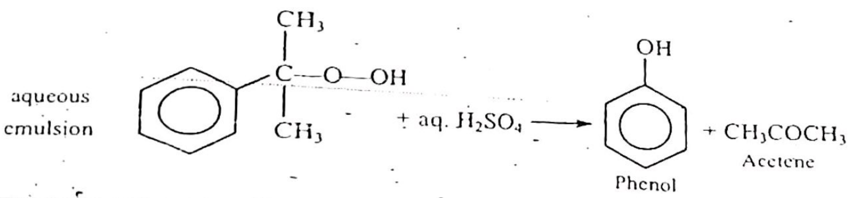
(i) पर ऑक्सीकरण (Peroxidation)

(ii) जलअपघटन (Hydrolysis)

(i) पर ऑक्सीकरण (Peroxidation)



(ii) जल अपघटन (Hydrolysis)



प्रक्रिया वर्णन (Process Description)

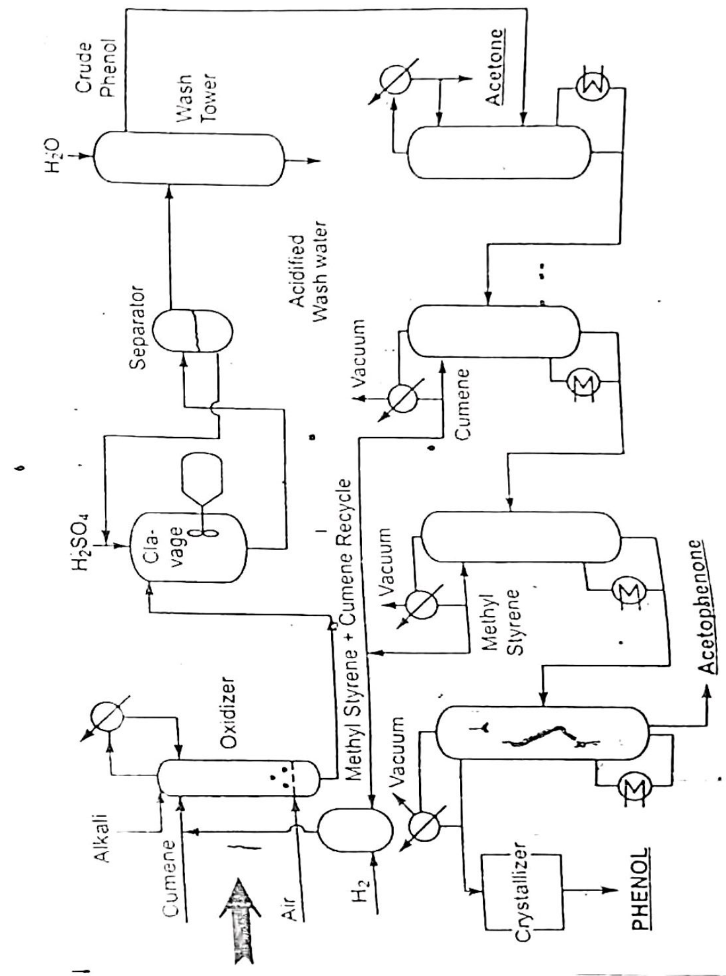
सर्वप्रथम क्यूमीन (cumene) का जलीय पायसं (aqueous emulsion) विलयन बनाकर pH परास 8.5–10.5 पर stabilised किया जाता है। बाहर आने वाली गैसें (vent gases) को संघनित्र (condensor) से गुजारा जाता है। यहाँ पर 25–50% तक cumene, hydroperoxide में परिवर्तित हो जाती है। यहाँ पर तापक्रम 130°Cतक रहता है और Na_2CO_3 एक उत्प्रेरक के रूप में कार्य करता है। इस प्रकार प्राप्त Cumene peroxide, 10–20% H_2SO_4 से भरे Acidififer में भेजा जाता है। इस पात्र (vessel) का तापक्रम 55–65°C होता है। अभिक्रिया के पश्चात् phenol तथा acetone प्राप्त होता है। इस मिश्रण को श्रेणीक्रम में लगे आसवन कॉलम (distillation column) में ले जाते हैं। यहाँ पर Acetone को उपजात (by product) के रूप में प्राप्त होता है। अन्तिम चौथे आसवन कॉलम से फिनॉल प्राप्त किया जाता है। क्यूमीन विधि द्वारा फिनॉल निर्माण का रेखाचित्र चित्र 6.4 में प्रदर्शित है।

फिनॉल के उपयोग (Uses of Phenol)

(1) इसका उपयोग बेकेलाइट प्लास्टिक (Bakelite plastic) बनाने में किया जाता है।

(2) सैलोल (Salol) फिनेसिटीन (Phenacetine), ऐस्पिररिन (Aspirin) आदि औषधियाँ बनाने में प्रयुक्त की जाती हैं।

(3) पिकरिक अम्ल (Picric Acid) बनाने में।



चित्र 6.3—फिनॉल निर्माण का रेखाचित्र

(Flow diagram of Phenol Production by Cumene Process).

(Insecticide) के रूप में किया जाता है। रोगाणुरोधक (Antiseptic) तथा कीटाणुनाशक

(5) रंजको (dyes) के निर्माण में।

(6) यह रोगाणुरोधक (antiseptic) के रूप में प्रयुक्त किया जाता है।

प्रश्नावली

1. एल्कीकरण (alkylation) से आप क्या समझते हैं? उदाहरण द्वारा समझाये।
2. हैलोजिनिकरण से आप क्या समझते हैं? क्लोरोबैंजीन का निर्माण किस प्रकार किया जाता है?
3. फिनॉल बनाने की क्यूमिन विधि (Cumene Process) का वर्णन कीजिए।
4. डी०डी०टी० (D.D.T.) के निर्माण की विधि का वर्णन कीजिए।
5. फिनॉल (Phenol) के उपयोग का वर्णन कीजिए।

7

प्रक्रिया उद्योग

(PROCESS INDUSTRY)

(अ) पैट्रोलियम शोधन (PETROLIUM REFFINING)

परिचय (Introduction) :

पृथ्वी या समुद्र तल से हजारों फीट की गहराई में पथरीली सतहों के मध्य एक विशिष्ट गन्ध वाले काले भूरे रंग का लसीला (viscous) चमकीला द्रव पाया जाता है जो पृथ्वी से निकलते ही चिपचिपा हो जाता है। इसी द्रव को कच्चा तेल (Crude oil) या पैट्रोलियम (Petroleum) कहते हैं।

पैट्रोलियम शब्द की उत्पत्ति लैटिन शब्द Petra = Rock चट्टान तथा Oleum = oil तेल से मिलकर हुई है। इसे पैट्रोलियम कहते हैं। इसे कच्चा तेल या चट्टान का तेल अथवा खनिज तेल भी कहा जाता है। यह पैराफिन हाइड्रोकार्बन का इसके अतिरिक्त एरोमैटिक हाइड्रोकार्बन, ऑक्सीजन, नाइट्रोजन तथा सल्फर के यौगिक भी उपस्थित होते हैं।

सर्वप्रथम 1859 में उत्तरी अमेरिका में पेनीसिलवेनिया (Penysylvania) नामक स्थान पर कर्नल ड्रेक (Coronal Drack) ने पैट्रोलियम की खोज की।

प्राकृतिक सम्पदा के रूप में खनिज तेल या पैट्रोलियम का बहुत अधिक एवं व्यापारिक महत्व है। खनिज तेल के परिष्करण के पश्चात् जो उत्पाद प्राप्त होते हैं उनका कच्चे पदार्थ के रूप में प्रयोग किया जाता है। इनसे उर्वरक, चिकना करने वाले तेल, कृत्रिम रसायन तथा दवाईयाँ (medicines) बनायी जाती हैं।

पैट्रोलियम का संघटन (Composition of Petroleum)

पैट्रोलियम गैसीय हाइड्रोकार्बन का मिश्रण होता है इसमें पैराफिन हाइड्रोकार्बन मुख्य है। कच्चे पैट्रोलियम (Crude Petroleum) में हाइड्रोकार्बन के अतिरिक्त बालू, मिट्टी, पानी, ऑक्सीजन नाइट्रोजन तथा सल्फर युक्त कार्बनिक यौगिक भी उपस्थित होते हैं। समझा जाता है कि पैट्रोलियम की उत्पत्ति पेड़-पौधों से हुई है क्योंकि इनमें नाइट्रोजन उपस्थित होती है।

पैट्रोलियम का संघटन जटिल होता है तथा विभिन्न-विभिन्न स्थानों पर पाए गये पैट्रोलियम के संघटन में भिन्नता होती है। भिन्नता होने का कारण संतृत एवं विवृत शृंखला के हाइड्रोकार्बन का अधिक मात्रा में पाया जाना है।

पैट्रोलियम की उत्पत्ति (Origin of Peteroleum)

यह माना जाता है कि अत्यधिक दाब एवं उच्च तापक्रम भूगर्भ में उपस्थित कार्बनिक पदार्थों के बैक्टीरियाओं के विघटन के फलस्वरूप पैट्रोलियम बनता है। प्रायः पैट्रोलियम पृथ्वी के अन्दर अभेध (Impervious) चट्टानों के नीचे सरन्ध (Porous) स्तर में पाया जाता है। पैट्रोलियम की पर्त (layer) के ऊपर पैट्रोलियम गैस और नीचे नमक के घोल की पर्त होती है।

पैट्रोलियम की उत्पत्ति के सम्बन्ध में निम्नलिखित सिद्धान्त हैं—

1. कार्बाइड सिद्धान्त (Carbide Theory)
2. ऐंग्लर सिद्धान्त (Angler's Theory)
3. आधुनिक सिद्धान्त (Modern Theory)

1. कार्बाइड सिद्धान्त (Carbide Theory)—मैण्डलीफ (Mendeleef) के अनुसार पैट्रोलियम की उत्पत्ति भूगर्भ (earth) में उपस्थित धात्विक कार्बाइडों पर उच्च ताप एवं उच्च दाब पर भाप अथवा जल की क्रिया से हुई है। ये कार्बाइड भाप या जल से होकर हाइड्रोकार्बन बनाते हैं जो कि हाइड्रोजीनेशन तथा बहुलीकरण के द्वारा उच्च हाइड्रोकार्बन पैराफिन तथा एरोमैटिक हाइड्रोकार्बन हैं। पैट्रोलियम इन हाइड्रोकार्बन का मिश्रण होता है।

$$Ca + 2C \xrightarrow[\text{एवं दाब}]{\text{उच्च ताप}} \underset{\text{कैल्शियम कार्बाइड}}{CaC_2}$$

$$4Al + 3C \longrightarrow \underset{\text{एल्यूमीनियम कार्बाइड}}{Al_4C_3}$$

$$CaC_2 + 2H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + \underset{\text{एसीटिलीन}}{C_2H_2}$$

$$Al_4C_3 + 12H_2O \longrightarrow 4Al(OH)_3 + \underset{\text{मीथेन}}{3CH_4}$$

$$C_2H_2 \xrightarrow{H_2} C_2H_4 \xrightarrow{H_2} C_2H_6$$

$$\underset{\text{एसीटिलीन}}{3C_2H_2} \xrightarrow{\text{बहुलीकरण}} \underset{\text{बैंजीन}}{C_6H_6}$$

अनेक वैज्ञानिकों द्वारा कार्बाइड सिद्धान्त का समर्थन किया गया, परन्तु अन्य खोजों से इस मत की पुष्टि न हुई तथा यह सिद्धान्त पैट्रोलियम में ध्रुवण घूर्णन (optically acitve) यौगिकों, नाइट्रोजन तथा गंधक के यौगिकों, क्लोरोफिल, हीम, पोरफाइरिन युक्त यौगिकों की उपस्थिति की व्याख्या करने में असफल रहीं।

2. ऐंग्लर सिद्धान्त (Engler's Theory)—ऐंग्लर सिद्धान्त के अनुसार पैट्रोलियम की उत्पत्ति भू गर्भ की निचली पर्तों में दबे हुए समुद्री अवशेषों से उन पर उच्च ताप तथा उच्च

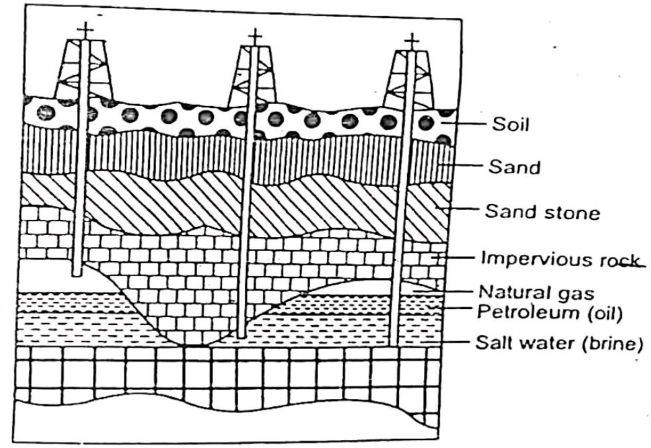
दाब आदि से प्रभावित होकर इन जीवों में उपस्थित वसा तथा तेल का अपघटन हुआ तथा हाइड्रोकार्बन का मिश्रण बन गया जो कि पैट्रोलियम के रूप में पाया गया।

यह सिद्धान्त प्राकृतिक पैट्रोलियम में ध्रुवण-घूर्णक (optically active) यौगिक तथा नाइट्रोजन एवं सल्फर युक्त यौगिकों के अनुकूल है क्योंकि यह सभी यौगिक जीवों में पाये जाते हैं। प्राकृतिक पैट्रोलियम में नमक पाया जाता है यह इस सिद्धान्त की पुष्टि करता है क्योंकि पैट्रोलियम समुद्र के जीवों से बना है और समुद्र में नमक पाया जाता है। परन्तु यह सिद्धान्त यह व्याख्या करने में असमर्थ रहा कि प्राकृतिक पैट्रोलियम में क्लोरोफिल (chlorophil) पाया जाता है। इस प्रकार यह सिद्धान्त भी पूर्णतया सत्यापित नहीं हो सका।

3. आधुनिक सिद्धान्त (Modern Theory)—इस सिद्धान्त के अनुसार पैट्रोलियम पदार्थों की उत्पत्ति जीव-जन्तुओं एवं वनस्पति आदि पदार्थों के आंशिक अपघटन से हुई है यह समझा जाता है कि पृथ्वी के धरातल पर परिवर्तनों के कारण ये पदार्थ पृथ्वी के नीचे दलदल (swamps) में फंस गये थे। अत्यधिक दाब तथा उच्च ताप के कारण आंशिक अपघटन द्वारा पैट्रोलियम की उत्पत्ति हुई। आधुनिक सिद्धान्त पैट्रोलियम में क्लोरोफिल की उपस्थिति को भी प्रदर्शित करता है।

पैट्रोलियम का खनन (Mining of Petroleum)

प्रकृति में पैट्रोलियम 5 हजार से 15000 फीट तक की गहराई में पथरीली भूमि के नीचे पाया जाता है। इस द्रव के ऊपरी सतह पर वाष्पशील गैसें जैसे हाइड्रोकार्बन का मिश्रण उपस्थित रहता है जिसे प्राकृतिक गैस (natural gas) कहा जाता है। पैट्रोलियम के मिलने की संभावना जिस स्थान पर अधिक होती है वहाँ मशीन द्वारा भूमि की खुदाई कर छेद कर



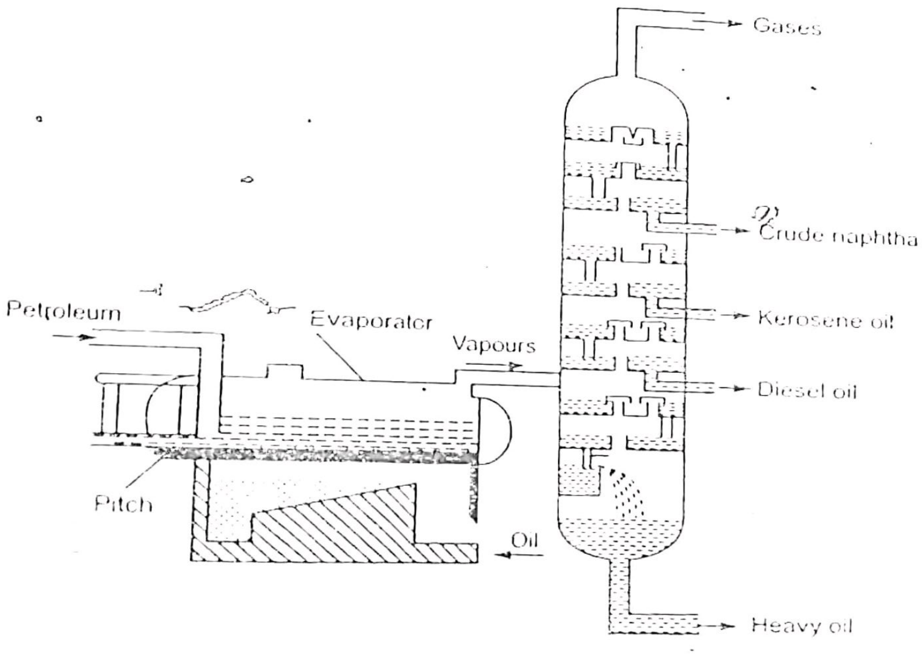
चित्र 7.1—पैट्रोलियम का खनन (Mining of Petroleum)

देते हैं, तथा इस छेद में मोटा पाइप लगाया जाता है। पैट्रोलियम तथा प्राकृतिक गैसों के ऊपर की परत को पार कर देता है तब पम्प की सहायता से तेल को पृथ्वी की सतह पर खींच लिया जाता है सर्वप्रथम प्राकृतिक गैस बाहर निकलती है तथा इसके साथ पैट्रोलियम में उपस्थित वाष्पशील गैसें (C_1C_5 तक हाइड्रोकार्बन) भी बाहर निकल जाते हैं। पैट्रोलियम के वाष्पशील घटक जो प्राकृतिक गैस के साथ-साथ बाहर आते हैं गैसोलीन (natural gasoline) कहा जाता है।

तेल कुओं से निकली प्राकृतिक गैस तथा प्राकृतिक गैसोलीन को एक तेल (scrubber) से गुजारा जाता है जो कि प्राकृतिक गैस को अवशोषित कर लेता है। तेल के आसवन (distillation) द्वारा प्राकृतिक गैस को पृथक कर लिया जाता है। इस प्रकार प्राकृतिक गैस पृथक हो जाती है। जब गैस का निकलना समाप्त हो जाता है तब पैट्रोलियम को पम्प द्वारा निकाला जाता है। फिर इसे जमीन के अनदर बिछाई गयी पाइप लाइन की सहायता से इस अपरिष्कृत तेल (crude oil) को किसी दूर स्थान पर स्थित परिष्करणशालाओं (refineries) में लाकर शोधन करते हैं।

पैट्रोलियम का शोधन (Refining of Petroleum)

पैट्रोलियम का शोधन प्रभाजी आसवन (fractional distillation) द्वारा करते हैं। पृथ्वी से प्राप्त पैट्रोलियम गहरे भूरे रंग का होता है तथा इसमें से तीक्ष्ण दुर्गन्ध आती है।



चित्र 7.2—पेट्रोलियम का प्रभाजी आसवन (Fractional distillation of Petroleum)

इसमें अत्यधिक मात्रा में बालू मिट्टी तथा जल मिले होते हैं। तेल कुओं (oil well) से प्राप्त कच्चे तेल का शुद्धिकरण (purification) करते हैं। कच्चे तेल को बड़ी-बड़ी टंकियों में भरकर रखते हैं इस प्रक्रिया में बालू तथा मिट्टी नीचे बैठ जाते हैं। रेत युक्त पैट्रोलियम का शुद्धिकरण प्रभाजी आसवन (fractional distillation) द्वारा किया जाता है। फिर विभिन्न अंशों (fractions) में प्राप्त यौगिकों को पृथक कर लेते हैं। प्रभाजी आसवन करने पर अत्यधिक क्वथनांक वाले हाइड्रोकार्बन पहले आसवित होते हैं।

कच्चे पैट्रोलियम (crude petroleum) को प्रभाजक स्तम्भ में अतितप्त भाप (super-heated steam) पर गर्म करते हैं तो मिश्रण के वाष्प पृथक्कीकरण (separation) में ऊपर आ जाते हैं तथा कम क्वथनांक के वाष्प ठण्डा होकर द्रव बनकर नीचे आ जाते हैं। परन्तु अधिक क्वथनांक के वाष्प संघनक (condenser) में प्रवेश करके द्रवीभूत होकर ग्राहक (Receiver) में जमा हो जाते हैं। इस तरह विभिन्न ताप पर विभिन्न प्रभाजी (fraction) संघनित (condensed) होकर प्राप्त होते हैं।

पैट्रोलियम का प्रभाजी आसवन करने पर प्राप्त होने वाले मुख्य प्रभाज (fraction) निम्नलिखित हैं—

1. असंघनित गैसें (**Uncondensed gases**)

यह 20°C से नीचे होता है। यह गैसीय हाइड्रोकार्बन का मिश्रण है। इसका उपयोग ईंधन के रूप में तथा गैसोलीन तथा रबर के निर्माण में किया जाता है।

2. कच्चा नेप्था (**Crude Nephtha**)

यह प्रभाज 20° से 150°C तक प्राप्त होता है। यह द्रव के रूप में संघनित्र है। कच्चा नेप्था का पुनः प्रभाजित आवसन करने पर विभिन्न तापक्रमों पर निम्नलिखित द्रव पाए जाते हैं—

(i) **पैट्रोलियम ईथर** (Peteroleum Ether)—यह 20°C से 70°C तक में प्राप्त होता है इसमें C_5 से C_6 तक के हाइड्रोकार्बन होते हैं। पैट्रोलियम ईथर, वसा तथा तेल आदि के लिए विलायक (solvent) के रूप में प्रयुक्त किया जाता है।

(ii) **पैट्रोल या गैसोलीन** (Petrol or Gasoline)—यह प्रभाज 90° से 150°C के मध्य आसवित होकर एकत्र होता है। इसमें C_6 से C_{11} तक के हाइड्रोकार्बन होते हैं। यह ज्वलनशील वाष्पशील तथा रंगहीन द्रव है। इसका उपयोग मोटरों में ईंधन के रूप में पैट्रोल गैस के निर्माण में तथा कपड़ों की शुष्क धुलाई (dry-cleaning) में किया जाता है। यह कार्बनिक विलायकों (organic solvent) के रूप में भी प्रयुक्त किया जाता है।

(iii) **लिग्रोइन** (Ligroin)—यह प्रभाज 90° से 120°C तक प्राप्त होता है। इसमें C_6 से C_8 तक के हाइड्रोकार्बन होते हैं। इसका उपयोग कार्बनिक विलायक (organic solvent) तथा कपड़ों की शुष्क धुलाई (dry cleaning) के रूप में किया जाता है।

(iv) **बेंजीन** (Benzene)—यह प्रभाज 120°C से 150°C तक प्राप्त होता है। इसमें

C_6 से C_7 तक के हाइड्रोकार्बन पाये जाते हैं। इसका उपयोग कपड़ों की धुलाई, वार्निश में तथा विलायक के रूप में किया जाता है।

3. केरोसीन तेल (Kerosene Oil)

यह 150° से 300°C के मध्य आसवित होने वाला प्रभाज है। इसमें C_{12} से C_{16} तक के कार्बन परमाणुओं के हाइड्रोकार्बन उपस्थित होते हैं। प्रयोग में लाने से पूर्व मिट्टी के तेल (kerosene oil) की शुद्धिकरण करना आवश्यक है। इसका उपयोग प्रकार उत्पन्न करने टेबुल लैम्प, लालटेन, स्टोव, जेनेरेटर आदि में ईधन के रूप में किया जाता है। इसका प्रयोग प्रयोगशालाओं तेल गैस (oil gas) के निर्माण में किया जाता है। भारत में इसका प्रज्वलन ताप 44°C निर्धारित है।

4. डीजल तेल (Diesel Oil)

यह प्रभाज 300°C से 400°C तक प्राप्त होता है। डीजल के हाइड्रोकार्बन अणुओं में कार्बन परमाणुओं की संख्या C_{15} से C_{18} तक होती है। डीजल तेल, पैट्रोल से भारी होता है। यह कठिनता से वाष्पीकृत तथा प्रज्वलित होता है। इसका उपयोग जीप, कार, मोटरगाड़ियों, पम्पसेट, बस, ट्रक आदि में किया जताा है। डीजल तेल मशीनों में ईधन के रूप में प्रयुक्त किया जाता है।

5. भारी तेल (Heavy oil)

यह प्रभाज 400°C से भी उच्च तापक्रम पर प्राप्त होता है। कम दाब पर इसका आसवन करने पर निम्न पदार्थ प्राप्त होते हैं—

(i) स्नेहक तेल (Lubricating oil)—यह 310°C से 430°C से भी उच्च तापक्रम पर प्राप्त होता है। इसका उपयोग मोटर गाड़ियों, पम्पसेट, डीजल इंजन तथा पैट्रोल इंजनों में स्नेहक (lubricant) के रूप में किया जाता है।

(ii) वैसलीन तथा ग्रीस (Vaseline and Greese)—इसे मरहम, क्रीम अर्थात् औषधि निर्माण में इसका प्रयोग किया जा रहा है। यह 350°C से ऊपर तापक्रम पर होता है। ग्रीस का उपयोग बेयरिंग एवं मशीनों के स्नेहन (lubricant) के रूप में किया जाता है।

(iii) पैराफिन मोम (Paraffin wax)—यह 400°C के ऊपर तापक्रम पर प्राप्त होता है। इसका उपयोग बूट पॉलिस, मोमबत्ती, ग्रामोफोन के रिकार्ड तथा चिकने कागज के बनाने में किया जाता है।

6. अवशेष या पिच (Residue or Pitch)

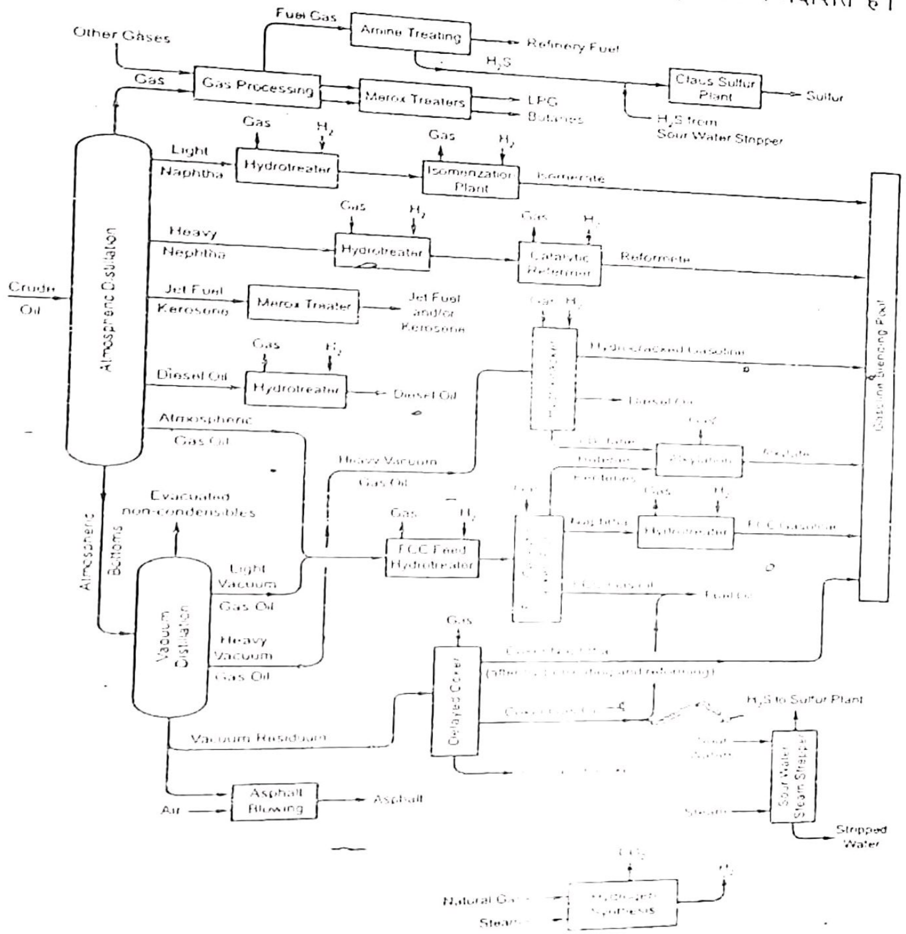
अवशेष, पैट्रोलियम आसवन का अन्तिम प्रभाज (fraction) है। यह आसवन में अवशेष रहता है तथा यह काले रंग का ठोस पदार्थ होता है। इसका उपयोग काली वार्निश (black varnish) तथा सड़क बनाने में किया जाता है।

पैट्रोलियम के विभिन्न प्रभाजों का विवरण

	प्रभाज का नाम (Name of the fraction)	क्वथनांक परिसर (Boiling Range)	संघटन (Composition)	प्रमुख उपयोग (Important Uses)
1.	गैसें (Gases)	कमरे के ताप तक (लगभग 30°C तक)	C_1-C_5	ईधन (fuel) के रूप में।
2.	**कच्चा नैफ्था (Crude naphtha)** इसके आसवन से निम्नलिखित पदार्थ प्राप्त होते हैं—	0–200°C	C_5-C_{11}	—
	(i) पेट्रोलियम ईथर (Petroleum ether)	30–80°C	C_5-C_7	विलायक के रूप में।
	(ii) गैसोलिन (Gasoline) या पेट्रोल (Petrol)	80–200°C	C_5-C_{11}	मोटर-कार, वायुयान आदि में ईधन के रूप में। विलायक के रूप में। शुष्क-धुलाई में।
3.	**केरोसीन तेल (Kerosene oil)**	200–300°C	$C_{11}-C_{16}$	ईधन के रूप में ऊष्मा तथा प्रकाश उत्पन्न करने में क्रमशः स्टोव तथा लालटेन में।
4.	**डीजल तेल (Diesel oil) या गैस तेल (Gas oil)**	300–400°C	$C_{16}-C_{18}$	डीजल इंजन में ईधन के रूप में।
5.	**भारी तेल (Heavy oil):** इसका निर्वात् आसवन करने पर निम्नलिखित पदार्थ प्राप्त होते हैं—	400°C से ऊपर	$C_{17}-C_{40}$	—
	(i) मशीन का तेल (machine oil) या स्नेहक तेल (lubricating oil)	—	$C_{17}-C_{20}$	मशीनों में स्नेहक के रूप में।

	(ii) पैराफिन मोम	—	$C_{20}-C_{30}$	मोमबत्तियाँ बनाने में।
	(iii) ऐस्फाल्ट	—	$C_{30}-C_{40}$	सड़कों के निर्माण में।
6.	पिच्च (Pitch) : यह वाष्पित्र में ठोस रूप में बचा रहता है।	—	$C_{30}-C_{40}$	सड़कों के निर्माण में।

Petrolium refinaries का रेखाचित्र (flow diagram) चित्र में प्रदर्शित है।



चित्र 7.3—Petrolium refinaries का रेखाचित्र
(Flow Diagram of Petrolium refinaries)

तेल शोधक कारखाने (Oil refinary factories)

भारत में तेल परिष्करण का कार्य डिगबोई नूनमती (असम), बरौनी (बिहार), विशाखापट्नम तथा वम्बई के पास ट्राम्बे नामक स्थान पर किया जाता है। मथुरा में भी तेल शोधक कारखाने हैं।

आसवन (Distillation)

आसवन विधि का प्रयोग कार्बनिक द्रवों (Organic liquids) का शोधन (Purification) करने के लिए किया जाता है। आसवन विधि मिश्रण के पृथक्करण (separation) की विधि है जो कि द्रवों के क्वथनांक (Proiling points) की भिन्नता (differences) पर आधारित है। आसवन एक यूनिट प्रक्रिया (unit operating) अथवा भौतिक पृथककरण विधि (Physical separation process) है। आसवन रासायनिक अभिक्रिया नहीं है।

आसवन प्रक्रिया में द्रव को गर्म कर वाष्प में परिवर्तित करना तथा वाष्प (vapour) को ठण्डा करके पुनः द्रव में परिवर्तित करने की प्रक्रिया आवन (distilation) कहलाती है। अतः हम कह सकते हैं कि आसवन में वाष्पन (evoparation) तथा संघनन/द्रवण दोनों प्रक्रियायें होती हैं। आसवन विधि में निम्नलिखित उपकरण प्रयुक्त किये जाते हैं—

(1) भभका (still) अथवा आसवन फ्लास्क (Distillator still).

(2) संघनित्र अथवा संघनक (Condensor)

(3) संग्राहक (Receiver)

(1) आसवन फ्लास्क या भभका (Distillation Flask Or Still)

आसवन प्रक्रिया में जिस बर्तन में अशुद्ध द्रव को रखकर गर्म करते हैं उसे भभका (still) कहते हैं।

(2) संघनित्र (Condensor)

संघनित्र आसवन फ्लास्क से अथवा भभके (still) से जुड़ा होता है इसके चारों ओर ठण्डा जल (cold water) प्रवाहित किया जाता है। संघनित्र में आने वाली द्रव की वाष्पें (vapours of liquid) संघनित्र (condense) होकर शुद्ध द्रव के रूप में परिवर्तित होने लगती है। द्रवों की प्रकृति तथा आसवन विधि के आधर पर संघनित्र (condensor) कई प्रकार के प्रयुक्त किये जाते हैं जैसे लीकिंग संघनित्र (Leibig condensor) जैकेट युक्त संघनित्र (Jackel-condensor) तथा वल्व युक्त संघनित्र (Value condensor) आदि।

(3) संग्राहक (Receiver)

संग्राहक आसवित द्रव (distillate liquid) को एकत्रित करने के लिए प्रयुक्त किया जाता है। संग्राहक, संघनित्र (Condensor) से जुड़ा हुआ उपकरण होता है। संग्राहक में शुद्ध द्रव एकत्र होता है। इस शुद्ध जल को आसवित द्रव (distillate liquid) कहते हैं।

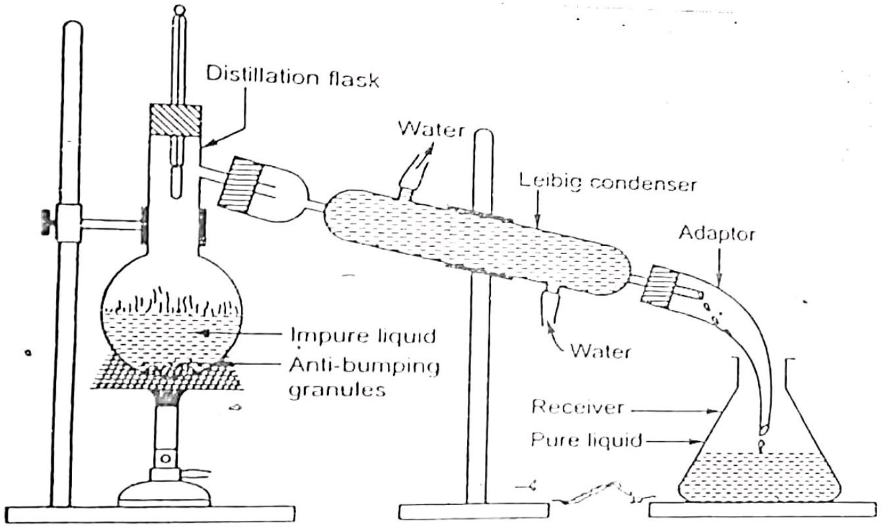
आसवन के प्रकार (Types of Distillation)

आसवन की विधियाँ निम्नलिखित हैं—

(1) साधारण आसवन (Simple distillation)
(2) प्रभाजी आसवन (fractional distillation)
(3) भापीय आसवन (Steam disitllation)
(4) निर्वात आसवन (Vaccum distillation)

(1) साधारण आसवन (Simple distillation)

साधारण आसवन द्वारा ऐसे द्रवों का शोधन करते हैं जिनके क्वंथनांकों (boiling points) में कम से कम 50°C या उससे अधिक का अन्तर होता है। इस विधि द्वारा शुद्ध द्रव तथा अवाष्पशील अशुद्धियाँ पृथक होती है। साधारण आसवन में प्रयुक्त उपकरण चित्र में प्रदर्शित है।



चित्र 7.4—साधारण आसवन

इस विधि में आसवन फ्लास्क के तारों की जाली (wire guage) जाली ऊष्मक (water both) बालू ऊष्मक (sand both) तथा तेल ऊष्मक (oil bath) द्वारा गर्म करते हैं। आसवन फ्लास्क में द्रव पदार्थ में ठण्डी अवस्था में उच्छलन रोधी कण (antibumping granules) डाल दिये जाते हैं। ये कण द्रव के उबलने तथा उछाल (bumping) प्रक्रिया को रोकने में सहायक होते हैं। द्रव को गर्म करने पर क्वंथनाक वाली अशुद्धिया वाष्पीकृत तथा संघनित होकर संग्राहक में एकत्रित होती हैं इसकी पश्चात् शुद्ध कार्बनिक पदार्थ क्रमशः वाष्पित तथा संघनित होते हैं। अवाष्पशील अशुद्धियाँ आसवन फ्लास्क में अवशेष (residue) के रूप में रहती है।

साधारण आसवन का प्रयोग निम्न कार्यों में किया जाता है—

(1) समुद्र की जल में साधारण लवण के अतिरिक्त अन्य लवण (salts) अवाष्पशील अशुद्धियाँ के रूप में विद्यमान होते हैं। अतः इस विधि द्वारा शुद्ध नमक (Pure salt) को प्राप्त किया जा सकता है।

(2) आसवित जल (distilled water) तथा इंजेक्शन के लिए जल (water for injection) बनाने में किया जाता है।

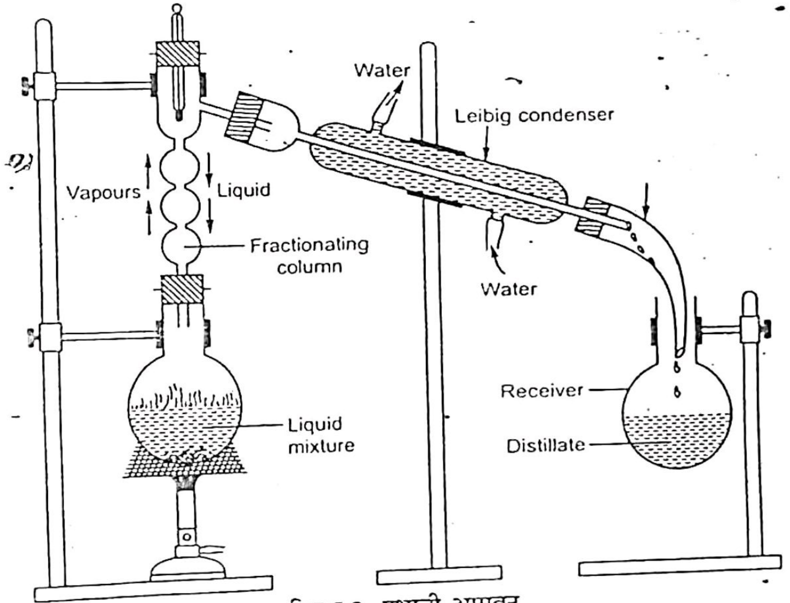
(3) ऐरोमैटिक ऑफ अमोनिया (Aromatic spirit of Ammonia) के बनाने में इस विधि का प्रयोग किया जाता है।

(4) बेंजीन तथा नाइट्रोबेंजीन के मिश्रण को पृथक (Separation) करने में।

(5) कार्बनिक विलायकों (Organic solvents) को शुद्धिकरण करने में साधारण आसवन विधि का प्रयोग करते हैं।

(2) प्रभाजी आसवन (Fractional Distillation)

प्रभाजी आसवन द्वारा ऐसे दो या दो से अधिक द्रवों के मिश्रण को पृथक करते हैं जिनके क्वथनांकों (boiling points) में 50°C से कम का अन्तर होता है अर्थात् दो मिश्रणीय (miscible) दो के मिश्रण का क्वथनांक (boiling point) प्रायः उन दोनों द्रवों के क्वथनांक के बीच होता है। प्रभाजी आसवन में प्रयुक्त उपकरण चित्र में प्रदर्शित हैं—



चित्र 7.5—प्रभाजी आसवन

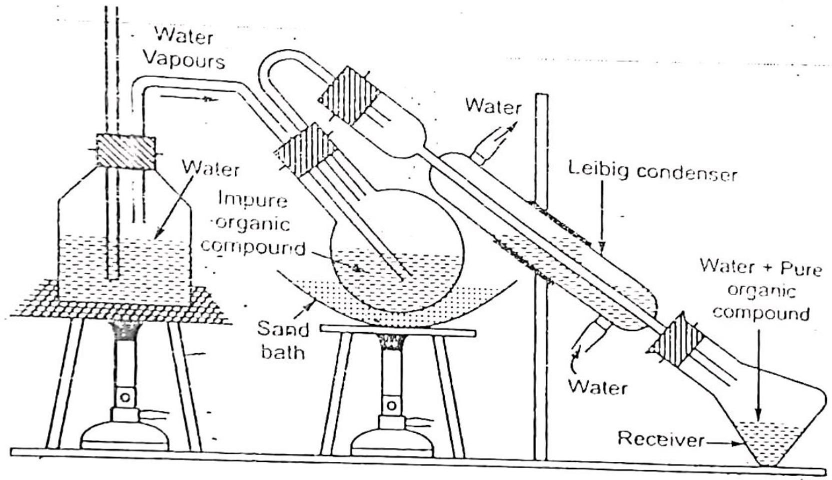
प्रभाजी आसवन के प्रयोग (Uses of Fractional Distillation)

(1) इसका प्रयोग एसीटोन तथा जल एवं क्लोरोफार्म तथा बेंजीन के मिश्रण को पृथक करने के लिए किया जाता है।

(3) भापीय आसवन (Steam Distillation) -

भापीय आसवन द्वारा उन कार्बनिक यौगिकों का शोधन करते हैं जो कि वाष्पशील (steam volatile) होते हैं अर्थात् उनका वाष्पदाब उनके जल के साथ बने मिश्रण के क्वथनांक पर पर्याप्त होता है। फूलों तथा पौधों से सुगन्धित तेलों का निर्माण भापीय आसवन (steam distillation) द्वारा करते हैं।

भापीय आसवन में प्रयुक्त उपकरण चित्र में प्रदर्शित है—



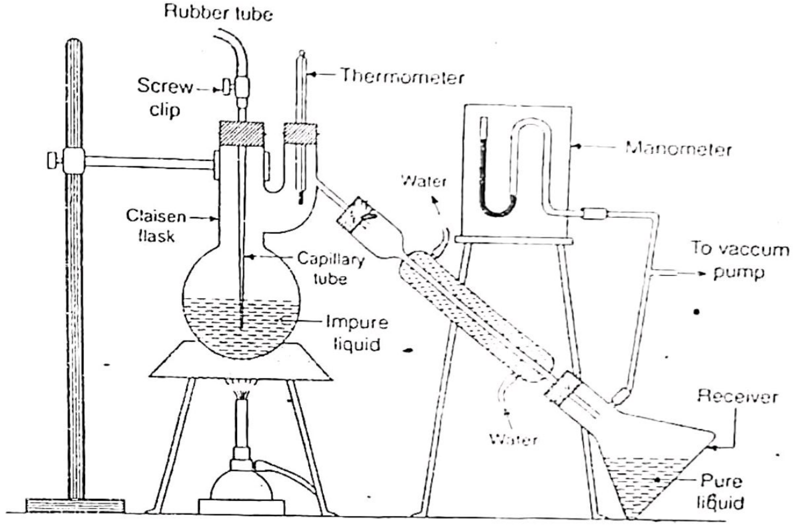
चित्र 7.6—भापीय आसवन

(4) निर्वात आसवन (Vaccum Distillation)

निर्वात आसवन का प्रयोग कम दाब पर आसवन करने में किया जाता है। अतः किसी द्रव का आसवन कम दाब पर करने से उसका आसवन उसके सामान्य क्वथनांक पर न होकर उससे कम ताप पर हो जायेगा।

विधि—इस विधि में द्रव को एक विशेष प्रकार के दो गार्डन वाले (two necked) फ्लास्क में लिया जाता है। इस फ्लास्क को क्लेसन-फ्लास्क (Claisen's flask) कहते है। इसकी एक गर्दन में एक बहुत ही पतले छिद्र वाली कोशिका (केशनली, capillary tube) लगी होती है। कोशिका का एक सिरा द्रव में डूबा रहता है तथा दूसरा सिरा फ्लास्क के बाहर निकला रहता है। यह नली फ्लासक में लिये गये द्रव के सुगमता से उबलने तथा उच्छाल (bumping) के रोकने में सहायक होती है। फ्लास्क की दूसरी गर्दन में एक

थर्मामीटर लगा होता है तथा इसी गर्दन में एक निकास-नली भी लगी होती है। निकास नली का सम्बन्ध संघनित्र के माध्यम से संग्राहक (receiver) से कर देते हैं। संग्राहक का सम्बन्ध एक निर्वात् पम्प तथा दाबांतर-मापी (मैनोमीटर, manometer) से कर देते हैं। कम दाब पर आसवन के लिए निर्वात् पम्प के स्थान पर जल पम्प (water pump) का प्रयोग किया जाता है। निर्वात् पम्प लगभग 0.1 मि० मि० पारे का दाब या जल पम्प लगभग 15 मि० मि० पारे का दाब तक का कम दाब उत्पन्न कर देते हैं। अधिकांश कार्यों में लगभग 15 मि० मि० पारे के दाब जितना कम दाब अच्छा माना जाता है।



चित्र 7.7—निर्वात आसवन

क्लेसन-फ्लास्क में रखे हुए द्रव को गर्म करने पर यह अपने सामान्य क्वथनांक से काफी कम ताप पर ही उबलने लगता है। द्रव की वाष्पें संघनित्र में से होती हुई संग्राहक में चली जाती हैं जहाँ ये द्रव रूप में एकत्र होती रहती हैं। जिस समय थर्मामीटर द्वारा प्रदर्शित ताप काफी समय के लिए स्थिर रहता है, उस समय शुद्ध कार्बनिक यौगिक ग्राही में द्रव रूप में प्राप्त होता है। इस समय थर्मामीटर द्वारा प्रदर्शित ताप उस यौगिक का मैनोमीटर द्वारा प्रदर्शित दाब पर क्वथनांक के बराबर होता है। कुछ अशुद्धियाँ ग्राही में शुद्ध द्रव से पहले एकत्र होती हैं तथा कुछ अशुद्धियाँ क्लेसन फ्लास्क में बची रह जाती हैं।

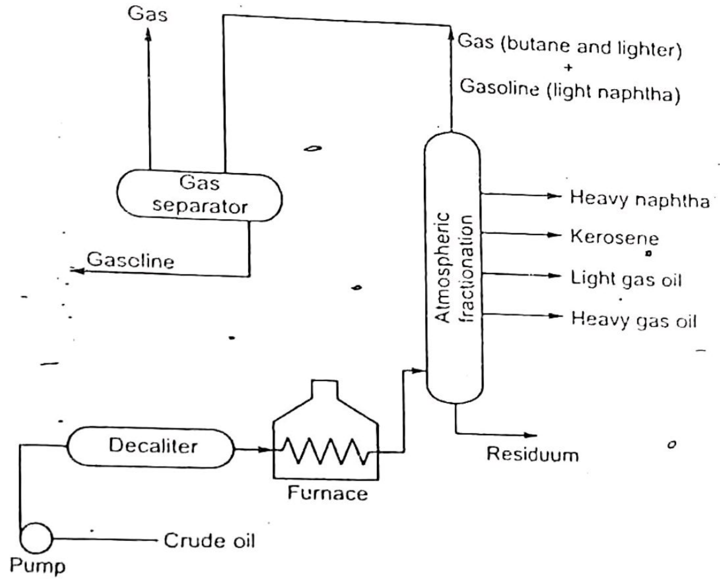
निर्वात आसवन के प्रयोग (Uses of Vaccum distillation)

(1) इसके द्वारा वायु संवेदनशील पदार्थों का आसवन किया जाता है।

(2) इसके द्वारा अधिक क्वथनांक भले द्रवों को कम ताप पर दाब पर आसवित (distillate) किया जा सकता है। ग्लिसरीन को शोधन निर्वात आसवन द्वारा किया जाता है।

वायुमण्डलीय आसवन यूनिट
(Atmospheric Distillation Unit)

वायुमण्डलीय आसवन यूनिट पैट्रोलियम परिष्करणशालाओं (Petroleum refinaries) में पैट्रोलियम को आसवित करने की यह प्राथमिक आसवन विधि है। इस विधि द्वारा पैट्रोलियम के घटकों (components) का आसवन द्वारा भिन्न-भिन्न क्वथन रेन्जों (boiling ranges) के उपयोगी प्रभाजों (fraction) में पृथक करती है। वायुमण्डलीय आसवन यूनिट को कच्चा तेल आसवन यूनिट (Crude oil distillation unit) भी कहते हैं क्योंकि यह वायुमण्डलीय दाब (atmosphiric pressure) से कुछ ऊपर ही संचालित होती है। वायुमण्डलीय आसवन यूनिट में प्रयुक्त उपकरण निम्न है—

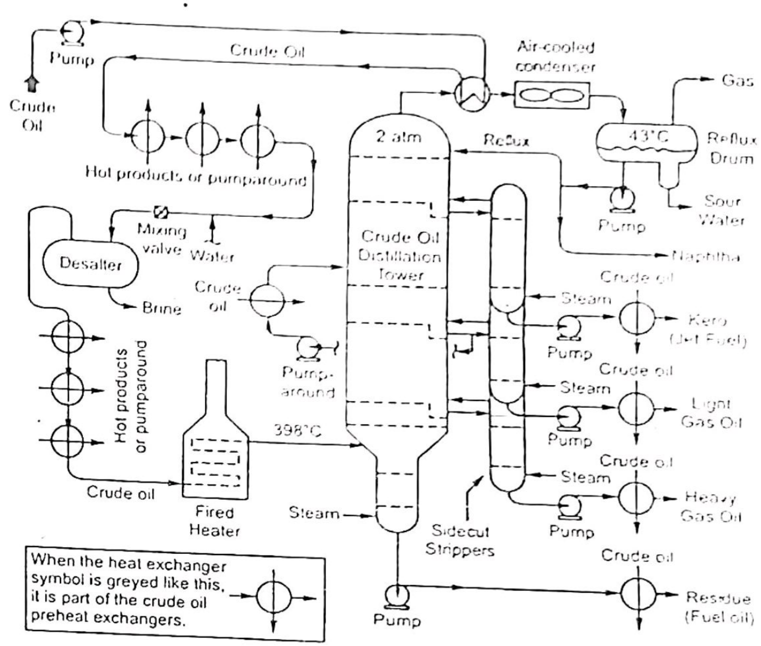


चित्र 7.8—वायुमण्डलीय आसवन यूनिट

वायुमण्डलीय आसवन यूनिट का रेखाचित्र (flow diagram) चित्र में प्रदर्शित है। पैट्रोलियम के शोधन में प्रयुक्त विभिन्न यूनिट का वर्णन निम्न प्रकार है—

(1) कच्चे तेल का आसवन यूनिट (Crude oil distillation unit)

इस यूनिट के द्वारा तेल कुओं से प्राप्त कच्चे तेल का शुद्धिकरण करते हैं। इसके पश्चात् तेल से प्राप्त विभिन्न अंशों में (fraction) प्राप्त यौगिकों को पृथक कर लिया जाता है।



चित्र 7.9—वायुमण्डलीय आसवन यूनिट

(2) निर्वात आसवन यूनिट (Vacume distillation Unit)

अपरिष्कृत तेल आसवन यूनिट से प्राप्त तेल के अवयवों को निर्वात आसवन यूनिट द्वारा आसवित किया जाता है। इस विधि का उपयोग कम दाब पर वायुमण्डलीय दाब से नीचे किया जाता है।

(3) नेफ्था हाइड्रोट्रीटर यूनिट (Nephtha Hydrotreater Unit)

अपरिष्कृत तेल आसवन से प्राप्त नेफ्था अंशों को हाइड्रोजन का उपयोग कर प्राप्त करते हैं। कच्चा माल नेफ्था प्रभाज 20°C-150°C पर प्राप्त होता है।

(4) कैटीलिटिक रिफार्मिंग यूनिट (Catalatic Reporuing Unit)

इस यूनिट द्वारा डिस्ल्फयूरिकृत नेफ्था प्रभाज को उच्च ऑक्टेन अणुओं में परिवर्तित कर रिफॉर्मेट (Reformate) का निर्माण किया जाता है। रिफॉर्मेट गैसोलीन अथवा पैट्रोल का अंतिम उत्पाद है।

(5) एल्कीकरण यूनिट (Alkylation Unit)

इस यूनिट द्वारा आइसोब्यूटेन तथा ब्यूटालिन को एल्काइलेट में परिवर्तित किया जाता है जो कि पैट्रोल और गैस का गैसोलीन अथवा पैट्रोल का अंतिम उत्पाद है।

(6) आइसोमराइजेशन यूनिट (Isomerization Unit)

इसके अन्तर्गत नॉर्मल पेनटेन को उच्च ऑक्टिन शाखित अणु में परिवर्तित किया जाता है।

(7) डिस्टीलेट हाइड्रोट्रीटर यूनिट (Distilate Hydrotreater Unit)

इस यूनिट में कच्चे तेल आसवन यूनिट द्वारा प्राप्त विभिन्न प्रभाजों को हाइड्रोजन का उपयोग कर डीसल्फ्यूरिकृत किया जाता है।

(8) आर्गन गैस ट्रिएटर क्लॉस यूनिट (Argon Gas Traeator Class Unit)

सल्फाइड गैस को ट्राट्र के द्वारा परिवर्तित किया जाता है।

(9) फ्लूड कैटेलेटिक क्रेकिंग यूनिट (Fluid Catalatic Cracking Unit)

इस यूनिट द्वारा उच्च क्वथनांक वाले प्रभाजों को निम्न क्वथनांक वाले उत्पादों में प्रयुक्त किया जाता है।

(10) हाइड्रोक्रेकर यूनिट (Hydrocracker Unit)

इस यूनिट के द्वारा हाइड्रोजन का उपयोग उच्च प्रभाजों को हल्के उत्पादों में परिवर्तित किया जाता है।

(11) डिलेड कुकिंग एंड फ्लड कुकर यूनिट

(Delayed Cooking and Fluid Cooker Unit)

इस यूनिट के द्वारा भारी तेल अवशेषों को पैट्रोलियम कॉक नेफ्था तथा डीजल आदि अंतिम उत्पादों में परिवर्तित किया जाता है।

(ब) चीनी उद्योग (SUGAR INDUSTRY)

प्रस्तावना (Introduction)

भारत का चीनी उत्पादन में संसार में प्रथम स्थान है। जबकि चीनी (sugar) से सम्बन्धित उत्पाद (Product) बनाने में भारत का संसार में तीसरा स्थान है। चीनी उत्पादन में क्यूबा प्रथम स्थान पर तथा ब्राजील (Brazil) दूसरे स्थान पर है। उत्तर प्रदेश तथा बिहार भी चीनी उद्योग में मुख्य है।

कार्बोहाइड्रेट, कार्बन, हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन के यौगिक हैं। प्रकृति में पाये जाने वाले ग्लूकोस फ्रक्टोस, स्यूक्रोस, स्टार्च तथा सेलुलोस नामक कार्बनिक यौगिक कार्बोहाइड्रेट के अन्तर्गत आते हैं। इन यौगिकों में हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन के दो तत्वों का अनुपात 2 : 1 होता है अर्थात् वही अनुपात है जो जल के अणु (H_2O molecule) में होता है।

स्यूक्रोस अथवा गन्ने की शक्कर
(Sucrose or Cane Sugar)

रासायनिक सूत्र– $C_{12}H_{22}O_{11}$

संरचना सूत्र–इसका संरचना सूत्र (structural formula) निम्नलिखित है—

$CH_2OH—CH—CHOH—CHOH—CHOH—CH—O—$
(CH और CH के बीच —O— सेतु)

$C—CHOH—CHOH—CH—CH_2OH$
(C और CH के बीच —O— सेतु; C से CH_2OH)

भोजन में प्रयुक्त चीनी का रासायनिक नाम स्यूक्रोस (Sucrose) है। मुख्य रूप से यह गन्ने (cane sugar) तथा चुकन्दर (sugarbeet) में पायी जाती है। इसलिए इसे गन्ने की शक्कर भी कहा जाता है। Maple sap honey तथा फलों में भी स्यूक्रोस पाया जाता है।

स्यूक्रोस के गुण (Properties of Sucrose)

1. स्यूक्रोस एक रंगहीन (Colourless) गन्धहीन (odourless) तथा क्रिस्टलीय ठोस (Crystalline solid) है।

2. इसका गलनांक 186°C तथा घनत्व 1.58 gm/cc. होता है।

3. यह जल में विलेय (soluble) तथा मिथाइल एल्कोहल (methyl alcohal) तथा एथिल एल्कोहल (ethyl alcohal) में अल्प-विलेय (slightly soluble) है।

चीनी प्रयोग में गन्ने की शक्कर (cane sugar) का प्रयोग किया जाता है। चीनी उद्योग पूर्णतया Agro Based Industry है। भारत तथा अन्य उष्ण कटिबन्धीय देशों में स्यूक्रोस (sucrose) का मुख्य स्रोत गन्ना है। औद्योगिक स्तर पर गन्ने से स्यूक्रोस या चीनी के निर्माण हेतु निम्नलिखित पदों (steps) का प्रयोग किया जाता है—

(1) रस निष्कर्षण (Extraction of Juice)

सर्वप्रथम रोलर मिल (roller mill) की सहायता से गन्ने से रस (juice of cane sugar) निकाला जाता है। अब मिल (mill) से प्राप्त रस को आंशिक रूप से छिद्रित (partially exhausted) केन मेट (cane mate) chain conveyer की सहायता से एक टैंक (tank) में भेजा जाता है। इसे Diffuser कहा जाता है। यहाँ पर स्यूक्रोस की गर्म जल के साथ धुलाई की जाती है। इस विधि द्वारा 98% तक चीनी निष्कर्षित (extracted) हो जाती है। Diffuser से प्राप्त cellulosic material, गन्ने की खोई (bagasse) नाम से जाना जाता है तथा इसका प्रयोग बॉयलर में (Boiler) में ईंधन (fuel) के रूप में किया जाता है।

(2) रस का शुद्धिकरण (Juice Purification)

उपरोक्त प्राप्त Raw Juice में 14–25% तक स्यूक्रोस (sucrose) होती है। इसके अतिरिक्त कार्बनिक अम्ल, अकार्बनिक लवण, प्रोटीन तथा रंगीन पदार्थ (coloured material) अशुद्धियों (impurities) के रूप में मिले होते हैं। अशुद्धियों में निम्न पद (steps) प्रयुक्त किये जाते हैं—

(i) मलोत्सर्ग (Defecation)—गन्ने के रस को एक स्टील टैंक (steel tank) में लेकर उसमें 2–3% तक चूना मिलाकर उच्च वाष्प दाब (high pressure steam) पर गर्म किया जाता है। यह Operation मलोत्सर्ग (Defecation) कहलाती है। ऐसा करने पर सभी कार्बनिक अम्ल अपने कैल्शियम रूपों में अवशोषित (precipitate) हो जाते हैं। प्रोटीन तथा अन्य रंगीन पदार्थ स्कन्दित (coagulated) होकर अवक्षेप (precipitate) के रूप में पृथक हो जाते हैं। इस अवशेष को छानकर पृथक कर लिया जाता है।

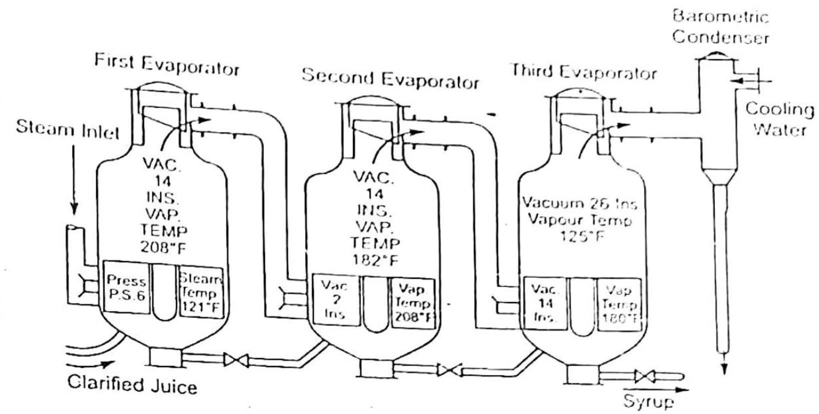
(ii) कार्बोनिकरण (Carbonisation)—उपरोक्त प्राप्त छनित रस (filtered juice) को कार्बन डाई-ऑक्साइड (CO_2) कक्ष या स्तम्भ से गुजारा जाता है। यह Operation कार्बोनिकरण कहलाता है। ऐसा करने पर चूने की मात्रा, कैल्शियम कार्बोनेट के रूप में पृथक हो जाता है तथा अन्य रंगीन पदार्थ, एवं अकार्बनिक लवण आदि पृथक (entrape) हो जाते हैं।

(iii) विरंगीकरण (Decolourisation)—भारत में उपरोक्त विधि से प्राप्त रस में SO_2 गैस प्रवाहित करते हैं। यह प्रक्रिया सल्फाइटीकरण (sulphitation) कहलाती है। **इस प्रक्रिया में अम्लों की अशुद्धियाँ अविलेयशील सोडियम सल्फाइटों के रूप में अवशोषित (precipitate) होती है। विरंगीकरण (decolourisation) प्रक्रिया में SO_2, गैस प्रवाहित कर प्राप्त रस को रंगहीन (colourless) कर दिया जाता है।**

अन्य देशों में प्राप्त रस गाढ़े गहरे कत्थई रंग (dark brown colour) का होता है। **अतः इसे** जन्तु चारकोल (animal charcoal, Granular charcoal अथवा ion exchange resin आदि अवशेष को अवशोषक (absorbents) की परतों से प्रवाहित कर विरंगीकरण (decolorisation) किया जाता है। अधिशोषकों द्वारा रंगीन पदार्थ अवशोषित (absorbs) कर लिये जाते हैं तथा रस रंगहीन अवस्था में प्राप्त हो जाता है।

(3) सान्द्रण एवं क्रिस्टलन (Concentration and Crystallisation)

गन्ने के रंगहीन रस को कम ताप तथा दाब पर बहु प्रभावी वाष्पित्रों (Multiple Effect Evaporators) द्वारा गर्म किया जाता है। इन वाष्पित्रों में शुद्ध रस को भाप की कुण्डलियों (steam coils) द्वारा गर्म किया जाता है। प्रथम वाष्पित्रों की कुण्डलियों में जल वाष्प (water vapour) प्रवाहित की जाती है। प्रथम वाष्पित्र (first evaporators) से प्राप्त वाष्पों को दूसरे वाष्पित्र (second evaporators) की कुण्डलियों में, दूसरे वाष्पित्र से प्राप्त वाष्पों को तीसरे वाष्पित्र की कुण्डलियों में वाष्प (vapour) प्रवाहित की जाती है। यह क्रम चलता रहता है। कम दाब के प्रभाव में वाष्पन की प्रक्रिया तीव्रता (fast) से होती



चित्र 7.10—बहुप्रभावी वाष्पक (Multiple effect evaporator)

है। सान्द्रित रस को निर्वात पात्र (vacuum pan) से गुजारा जाता है। यहाँ पर वाष्पन की प्रक्रिया के कारण जल की मात्रा 6–8% तक कम हो जाती है। यहाँ पर कणों का आंशिक पृथक्करण (separation) होता है। Syrup तथा Cryst के मिश्रण को Massecuite कहते हैं तथा इसके एक बड़े टैंक (large tank) जिसे crystallising tank कहते हैं, में विसर्जित (discharge) कर दिया जाता है। Crystallising Tank में Cooling pipe लगे रहते हैं। इस प्रकार सान्द्रित द्रव को ठण्डा कर चीनी के क्रिस्टल (crystals of sugar) प्राप्त हो जाते हैं।

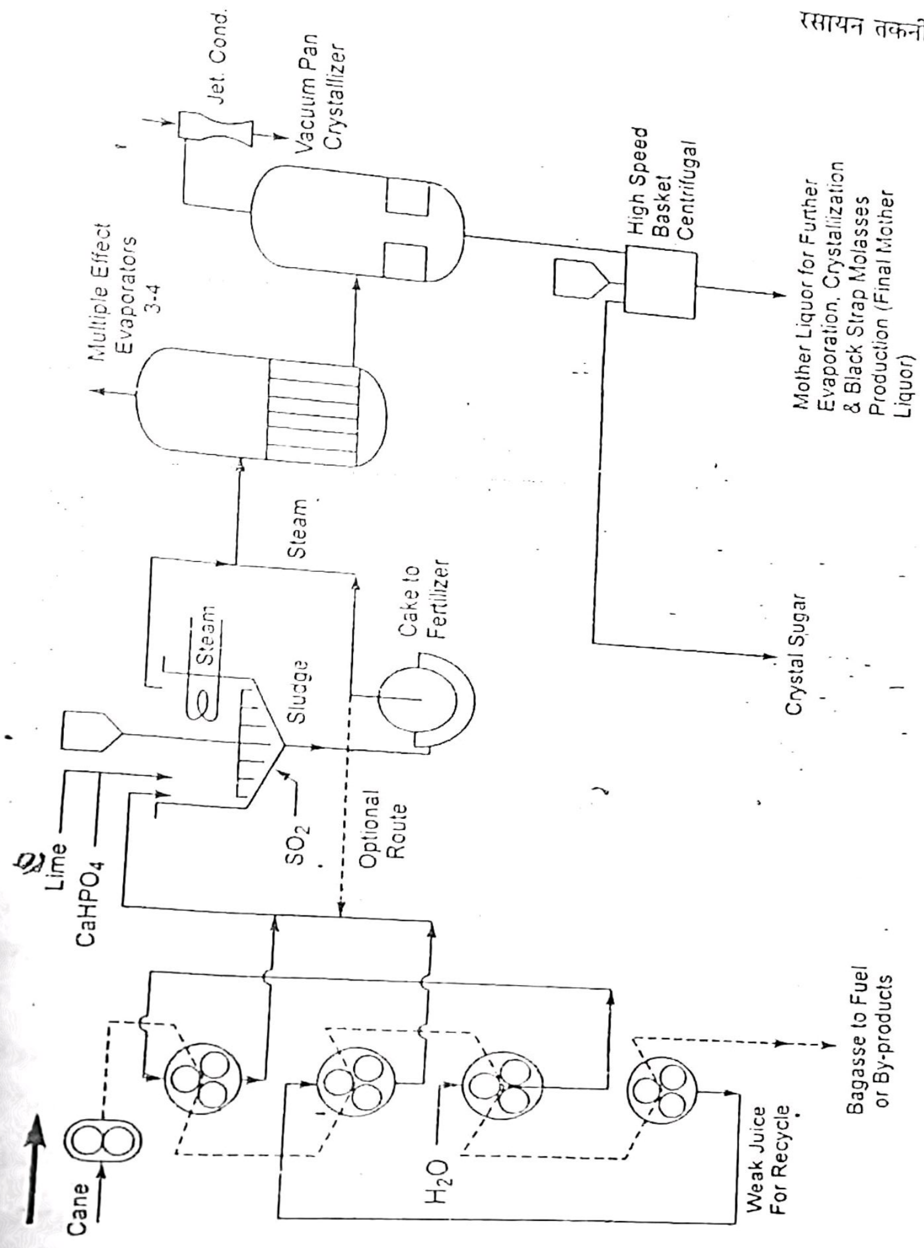
अपकेन्द्री मशीन द्वारा क्रिस्टलों को पृथक करना तथा सुखाना (Separation of Crystals by Centrifugation and Drying)

Massecuite को अपकेन्द्री यन्त्र (centrifuges) की सहायता से द्रव एवं क्रिस्टलों को पृथक किया जाता है। क्रिस्टलों में कुछ मात्रा में नमी विद्यमान होती है। इसलिए क्रिस्टलों को वायु की उपस्थिति में सुखा (dry) लिया जाता है।

अवशेष द्रव (residual liquid) अर्थात् मातृ द्रव (mother liquid) जिसे शीरा (Molasses) कहा जाता है। भारत में शीरा (Molasses) एल्कोहल बनाने में उपयोगी होती है अर्थात् शीरा में किण्वन प्रक्रिया (fermentation process) द्वारा एल्कोहल बनाया जाता है।

चीनी उद्योग के उपजात (By Product of Sugar Industry)

शीरा (Molasses) गन्ने की खोई (bagasse) तथा प्रेस कीचड़ (Press mud) चीनी उद्योग के उपजात (by product) है। शीरा का उपयोग एल्कोहल उद्योग (alcohol



चित्र 7.11—गन्ने की शक्कर से स्यूक्रोस का निष्कर्षण
(Extraction of sucrose from sugar cane).

industry) में किया जाता है। लगभग 70% शीरे (Molasses) का प्रयोग औद्योगिक एल्कोहल (industrial alcohol) को बनाने में तथा 80% शीरे का उपयोग Potable alcohol बनाने में किया जाता है।

गन्ने की खोई (bagasse) का प्रयोग बॉयलर के लिए भाप (steam) उत्पन्न करने के लिए किया जाता है। इसका प्रयोग कागज उद्योग (Paper industry) में कच्चे पदार्थ (raw material) के रूप में किया जाता है। चीनी उद्योग में लगभग 35% गन्ना, खोई (bagasse) में परिवर्तित होता है। जब सम्पूर्ण शुद्धिकरण (Purification) पूर्ण होने के पश्चात् गन्ने के रस से जो अवशेष रहता है। उसे Press Mud कहते हैं इसका प्रयोग खाद (manure) बनाने में किया जाता है।

स्यूक्रोस के उपयोग (Uses of Sugar Cane/Sucrose)

इसके उपयोग निम्नलिखित हैं—

(1) इसका उपयोग भोजन (food) के रूप में किया जाता है।

(2) स्यूक्रोस का उपयोग मिठाई, जैम, जैली, टॉफियाँ, मीठी गोलियाँ तथा विभिन्न औषधियों (syrup) आदि बनाने में किया जाता

(3) इसका प्रयोग भोजन परिरक्षक (Food Preservetive) के रूप में किया जाता है।

मुख्य अभियान्त्रिकी समस्यायें (Major Engineering Problems)

(1) **गन्ने से रस का निष्कर्षण** (Extraction of Juice from Cane)—गन्ने से रस (juice) निकालने में रोलर मशीन (Rollar Machine) की संरचना, तापक्रम तथा मशीन को चलाने (operation) का समय इत्यादि का ध्यान रखना चाहिए।

(2) **फ्लोकेशन एजेण्ट का चुनाव** (Choice of Flocculation Agent)—फ्लोकेशन एजेण्ट का चुनाव इस प्रकार करना चाहिए जिससे अवक्षेपण (precipitation) तथा फिल्टरन प्रक्रिया (filteration) की क्रिया पूर्ण हो सके। उच्च मैग्नेशिया चूना (magnesia lime) का उपयोग फ्लोकेशन एजेण्ट के रूप में किया जाता है। कार्बोनेशन पद में CO_2 का प्रयोग क्षारीयता (alkalinity) को कम करने filterability तथा विरंगीकरण (decolorization) को सुधारने के लिए अत्यन्त जरूरी है।

(3) **वाष्पन तथा क्रिस्टलीकरण** (Vaporisation and Crystallisation)—स्यूक्रोस crystallize नहीं होता है लेकिन जब यह संतृप्त विलयन की अवस्था में पहुँचता है तब यह क्रिस्टलीय अवस्था में प्राप्त होता है। Calandria type evaporators का उपयोग तनु रस (dilute juice) को सान्द्रित (concentrate) करने के लिए किया जाता है।

(4) **सिरप (Syrup) से क्रिस्टलों का निर्माण** (Separation of Crystals from Syrup)—Centrifugal machine की संरचना भी इसके उत्पादन में सहायक होती हैं। सिरपची विस्कासिटी (viscosity) का नियन्त्रण तथा पृष्ठ तनाव (surface tansion) भी स्वच्छ तथा तीव्र पृथक्करण के लिए महत्वपूर्ण होता है।

(5) शर्करा का प्रतीपन (Inversion of Sugar)—सुक्रोस का जल अपघटन (Hydrolysis) होकर यह मोनोसैकेराइड में परिवर्तित हो जाता है।

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

Sucrose → Glucose + Fructose

अतः Sucrose का रखरखाव (handling) ठीक प्रकार से करना चाहिए।

(6) गन्ने की शक्कर के निष्कर्षण से गुड़ का उत्पादन (Extraction from Sugar Cane for Gur Production)—गुड़ को गाँव के किसान सामान्य विधि द्वारा कम कीमत (low cost) पर बना लेते हैं। भारत में लगभग 60% सुक्रोस का उपयोग, गुड़ (Gur) के रूप में किया जाता है।

(स) किण्वन उद्योग (FERMENTATION INDUSTRY)

किण्वन प्रक्रिया (Fermentation Processes) का प्रयोग विभिन्न रासायनिक यौगिक (chemical compounds) बनाने में किया जाता है।

कार्बनिक यौगिकों का सूक्ष्म जीवियों (micro-organism) की उपस्थिति में धीरे-धीरे सरल कार्बनिक पदार्थों में अपघटित (decompose) होने की क्रिया को किण्वन (Fermentation) कहते हैं। जिन सूक्ष्म जीवों (micro organism) द्वारा यह क्रिया सम्पन्न होती है उन्हें किण्व (Ferment) कहते हैं।

दूध का फटना, दही का जमना, गोश्त तथा पनीर में दुर्गन्ध आना तथा गन्ने के रस से शराब एवं सिरका बनना आदि किण्वन (Fermentation) के उदाहरण हैं। इस क्रिया का उपयोग विभिन्न जटिल कार्बनिक रसायन (complex organic chemicals) जैसे औषधियाँ (medicine), एण्टीबायोटिक्स (antibiotics) तथा विभिन्न कार्बनिक यौगिक जैसे सिट्रिक अम्ल, (Citric acid) तथा लैक्टिक अम्ल (Lactic acid) आदि बनाने में किया जाता है। किण्वन प्रक्रिया में अधिकतर कार्बोहाईड्रेट युक्त पदार्थों का प्रयोग किया जाता है।

शर्करा युक्त खाद्य पदार्थों को वायु की अनुपस्थिति में रखने पर उनमें किण्वन प्रक्रिया (Fermentation process) प्रारम्भ हो जाती है। यह प्रक्रिया सामान्यतः 35°C से 70°C तापक्रम पर होती है। अधिक ताप पर किण्व (Ferment) नष्ट हो जाते हैं। किण्वन प्रक्रिया के लिए अनुकूलतम ताप (optimum temperature) 25°C – 30°C अच्छा होता है।

किण्वन के लिए अनुकूल अवस्थायें (Conditions Favourable for Fermentation)

(1) तापक्रम (Temperature)—अधिकांश किण्वन अभिक्रियायें 25–35°C अनुकूलतम तापक्रम (optimum temperature) पर सम्पन्न होती हैं। अधिक ताप पर किण्व (ferment) मर जाते हैं।

(2) अन्य पदार्थों की उपस्थिति (Presence of other substance)—किण्वन

प्रक्रिया के लिए कुछ अकार्बनिक लवण जैसे अमोनियम सल्फेट (ammonium sulphate) तथा अमोनियम फास्फेट (ammonium phosphate) आदि की उपस्थिति आवश्यक होती है क्योंकि ये पदार्थ किण्व (ferment) के लिए भोजन (food) का कार्य करते हैं।

(3) सान्द्रता (Concentration)—किण्वित पदार्थ (fermentated product) का विलयन लगभग 8–10% होना चाहिए क्योंकि इससे अधिक सान्द्रता पर किण्व (ferment) निष्क्रिय (inactive) हो जाते हैं।

(4) परिरक्षक पदार्थों की अनुपस्थिति (Absence of Preservatives)—बोरिक अम्ल, पारे के लवण, HCl तथा H_2S आदि परिरक्षक पदार्थ अभिक्रिया मिश्रण (Reaction mixture) में अनुपस्थित रहने चाहिए क्योंकि ये पदार्थ किण्वों (ferment) को नष्ट कर देते हैं।

(5) **तनु सल्फ्यूरिक अम्ल का मिलाना** (Addition of dilute sulphuric acid)—सल्फ्यूरिक अम्ल यीस्ट (yeast) की वृद्धि (growth) में सहायक होता है तथा यह अवांछित बैक्टीरिया (undesirable bacteria) की वृद्धि को रोकता है।

(6) वायु संचार (Aeration)—किण्वन प्रक्रिया के लिए वायु की उपस्थिति अनिवार्य है।

किण्वन के उपयोग (Applications of Fermentation)

किण्वन प्रक्रिया का उपयोग विभिन्न महत्वपूर्ण यौगिकों के बनाने में किया जाता है—

(1) गन्ने की शक्कर तथा स्टार्च से एथिल एल्कोहल (Ethyl alcohol) का बनना।

(2) फलों के रस (Fruit juices) से एल्कोहलिक शराब (Alcoholic beverages) का बनाना।

(3) गन्ने की शक्कर के विलयन (शर्करा) से यीस्ट तथा सोडियम बाइसल्फाइट (Na_2SO_3) की उपस्थिति में ग्लिसरॉल (glycerol) का निर्माण।

(4) शर्करा के विलयन (sugar solution) से ऐसीटो बैक्टर ऐसीटी (Aceto bacter aceti) नामक बैक्टीरिया (bacteria) की उपस्थिति में सिरके (vinegar) का निर्माण।

$$\underset{\text{Ethyl alcohol}}{CH_3CH_2OH} + [O] \longrightarrow \underset{\text{Acetic acid}}{CH_3COOH} + H_2O$$

(5) शर्करा के विलयन (sugar solution) से क्लॉस्ट्रिडियम ऐसीटोब्यूटाइलिकम (clostridium acetobutylicum) जीवाणु (bacteria) की उपस्थिति में ब्यूटाइल एल्कोहल (butyl alcohol) तथा ऐसीटोन (Acetone) का निर्माण होता है।

(6) दूध में विद्यमान लैक्टोस (Lactose) शर्करा का लैक्टोबैसिलस लैक्टिस (Lacto-bacillus lactis) नामक जीवाणु किण्वन करके लैक्टिक अम्ल का निर्माण करते हैं।

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow[\text{Lactis}]{\text{Lactobacillus}} \underset{\text{Lactic Acid}}{2CH_3CHOHCOOH}$$

(7) प्रतिजैविकी औषधियाँ (Antibiotic medicines) भी किण्वन (fermentation) द्वारा बनायी जाती है। Streptomycein Antibiotic, Streptomyces griseus नामक जीवाणु से बनाया जाता है।

भारत में एथिल ऐल्कोहल तथा पैन्सिलीन नामक एण्टीवायोटिक मुख्य रूप से बनाये जाते हैं।

औद्योगिक एल्कोहल (INDUSTRIAL ALCOHOL)

एथिल एल्कोहल (Ethyl Alcohol, C_2H_5OH)

प्रकृति में यह सुगन्धित तेलों तथा फलों में एस्टरों (esters) के रूप में पाया जाता है।

भौतिक गुण (Physical Properties)

यह एक रंगहीन (colourless) तथा मीठी गन्ध वाला द्रव (liquid) है। इसका स्वाद तीक्ष्ण होता है। इसका क्वथनांक 78.3°C तथा गलनांक – 112°C होता है। इसका प्रज्वलन बिन्दु (flash point) 21°C तथा प्रज्वलन ताप (Ignition temperautre) 372°C होता है।

एथिल एल्कोहॉल के उत्पादन की विधि

(Method of Production of Ethyl Alcohol)

एथिल एल्कोहल को निम्न विधियों द्वारा बनाया जाता है—

(I) किण्वन (Fermentation)

(1) स्यूक्रोस सब्ट्रेट से (From sucrose substrate)

(2) कागज मिल के व्यर्थ सल्फाइट सब्ट्रेट से (From waste sulfite substrate of paper mills)

(3) स्टार्च सब्ट्रेट से (From starch substrate)

(II) पेट्रोलियम विधियां (Petroleum Processing)

(1) एथीलीन के उत्प्रेरकी हाइड्रेशन द्वारा (Catalytic hydration of ethylene)

(2) एथीलीन के एस्टरीफीकेशन एवं जल अपघटन द्वारा (Esterification and hydrolysis of ethylene)

(3) पेट्रोलियम के ऑक्सीकरण द्वारा (Oxidation of Petroleum)

किण्वन द्वारा एथिल एल्कोहल का निर्माण

(Manufacture of Ethyl Alcohol by Fermetnation)

रासायनिक अभिक्रियायें (Chemical Reactions)

मुख्य अभिक्रियायें (Main Reaction)

$$\underset{\text{Sucrose}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow[\text{enzyme}]{\text{invertase}} \underset{\text{Glucose}}{2C_6H_{12}O_6}$$

$$\underset{\text{Glucose}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow[\text{enzyme}]{\text{Zymase}} \underset{\text{Ethyl Alcohol}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2 \quad \Delta H = -31.2 \text{ kcal}$$

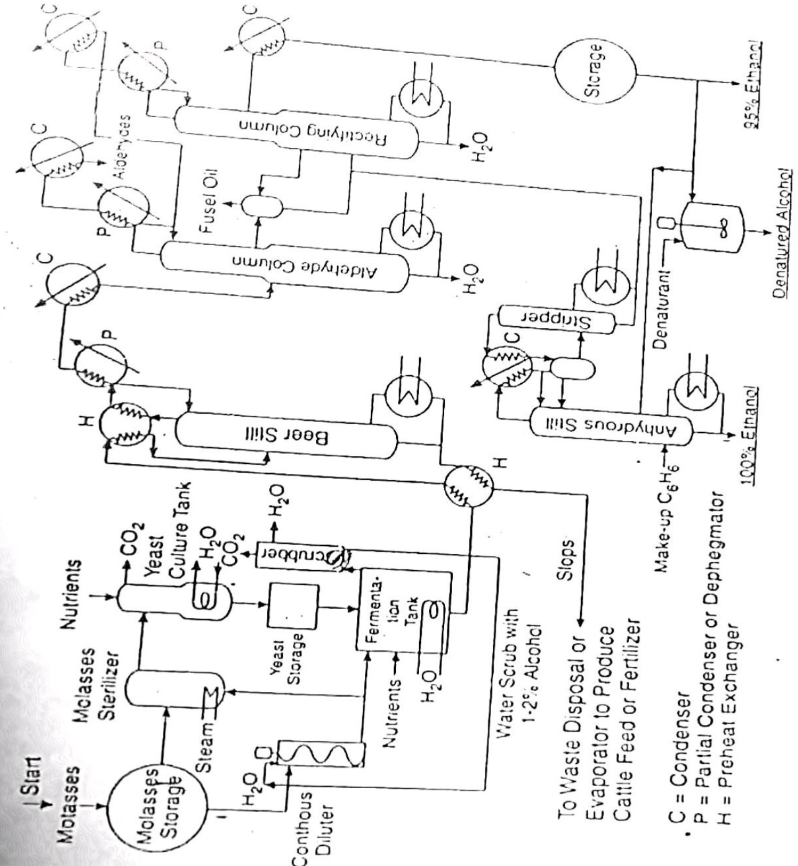
पार्श्व अभिक्रिया (Side Reaction)

$$2C_6H_{12}O_6 + H_2O \longrightarrow ROH + R'CHO$$

प्रक्रिया वर्णन (Process Description)

सर्वप्रथम शीरे (molarsses) को जल द्वारा तनु (dilute) करके उसमें शर्करा की सान्द्रता (sugar concentration) को 10–15% तक कर लिया जाता है। फिर शर्करा मिश्रण (sugar mixture) में यीस्ट (yeast) तथा H_2SO_4 मिलाया जाता है तथा इस मिश्रण को 4-5 pH पर एडजेस्ट (adjust) कर देते हैं। यीस्ट में विद्यमान इनवर्टेस (invertase) एन्जाइम स्यूक्रोस (Sucrose) को ग्लूकोस (Glucose) तथा फ्रक्टोस (Fructose) तथा जाइमेस एन्जाइम एथिल एल्कोहल तथा CO में परिवर्तित कर देता है। अब इस मिश्रण में अमोनियम तथा मैग्नीशियम सल्फेट अथवा फॉस्फेट किण्व (ferment) के लिए भोजन (food) का कार्य करते हैं। इस तनु मिश्रण (diluted mixture) को मैश (mash) कहा जाता है तथा इस मिश्रण को लकड़ी (wood) अथवा स्टील किण्वन टैंक (Steel Fermentation Tank) से गुजारा जाता है। यीस्ट के फलस्वरूप किण्वन प्रक्रिया (Fermentation Process) प्रारम्भ हो जाती है। किण्वन प्रक्रिया के समय ऊष्मा उत्सर्जित (heat evolve) होती है। इस उत्सर्जित ऊष्मा (evolve heat) को ठण्डे जल (cooling water) द्वारा दूर (remove) किया जाता है। किण्वन प्रक्रिया 20-30°C ताप पर 30–70 घण्टे में पूर्ण (complete) होती है। किण्वन प्रक्रिया में water scrubbing तथा compressing के दौरान कार्बन डाइआक्साइड (CO_2) उपजात (by product) रूप में प्राप्त होती है। CO_2 को शुद्ध करके अधिक दाब पर सिलिण्डरों में भर लेते हैं। CO_2 का उपयोग कम तथा स्थिर ताप प्राप्त करने के लिए किया जाता है।

किण्वित लिकर (fermented liquor) में, पृथक्करण (separation) के पश्चात् 8–10% एल्कोहल होता है। इसे शराब (beer) कहते हैं। यह प्रक्रिया आसवन (distillation) द्वारा पूर्ण होती है। बीयर भभका (beer still) में, 50–60% सान्द्र एल्कोहल तथा अवांछित वाष्पशील द्रव (undiserable volatiles) जैसे एल्डिहाइड आदि विद्यमान होते हैं। इन वाष्पशील द्रवों को आसवन विधि द्वारा (distillation method)



चित्र 7.12—किण्वन द्वारा एथिल एल्कोहल का निर्माण (Ethyl alcohol by fermentation).

द्वारा पृथक कर लिए जाता है और इनको एल्डिहाइड कॉलम (aldehyde column) में भेजा जाता है। एल्डिहाइड स्तम्भ से पार्श्व भाप (side stream) द्वारा एल्कोहल को परिशोधक स्तम्भ (rectifying column) में भेजा जाता है। इस अन्तिम स्तम्भ में एथिल एल्कोहल जल के साथ मिलकर एक स्थिर क्वाथी मिश्रण (Azeotropic mixture) बनाता है। इस मिश्रण में 95.5% एथिल एल्कोहल तथा 45% जल होता है, को पार्श्व भाप (side stream) द्वारा पृथक कर लिया जाता है अब इसे संघनित (condensed) एवं संग्रहित (storage) होने के लिए भेज दिया जाता है।

मुख्य यान्त्रिकी समस्यायें (Major Problems)

(1) शीरे (molasses) का एकत्रीकरण (collection) एवं संग्रहण (storage) करना।

(2) व्यर्थ निस्त्रावण समस्या (waste disposal problem)।

(3) Sterile तथा yeast culture की अवस्थाओं को सुरक्षित करना।

(4) 95% एल्कोहल स्थिर क्वाथीं (Alcohol azeotropic) से निर्जल एल्कोहल को प्राप्त करने की विधि।

औद्योगिक एल्कोहल के उपयोग (Uses of Industrial Alcohol)

औद्योगिक एल्कोहल के उपयोग निम्नलिखित हैं—

(1) एल्कोहल का उपयोग विभिन्न कार्बनिक पदार्थों जैसे—एसिटैल्डिहाइड, एथिल एसीटेट, एसीटिक अम्ल, ग्लाइकॉल, एथिल क्लोराइड, एथीलीन डाइब्रोमाइड के निर्माण में विलायक (solvent) के रूप में प्रयुक्त किया जाता है।

(2) एल्कोहल का उपयोग जैव नमूनों (biological specimens) के परिरक्षण (preservative) के रूप में किया जाता है।

(3) एल्कोहल का उपयोग गैसोलीन (Gasoline) के लिए ऑक्टेन बूस्टर (Octane booster) के रूप में किया जाता है।

(4) इसका प्रयोग मोटर इंजनों में, ईंधन (fuel) के रूप में किया जाता है।

(5) कार रेडियेटरों में एण्टिफ्रीज (Antifreeze) के रूप में करते हैं।

(6) मदिरा (Wine) तथा अन्य एल्कोहलीय पेय (Alcoholic drinks) बनाने में किया जाता है।

(7) पेण्ट, वार्निश, गोंद, सल्फर आदि में विलायक (solvent) के रूप में किया जाता है।

बीयर (Beer)

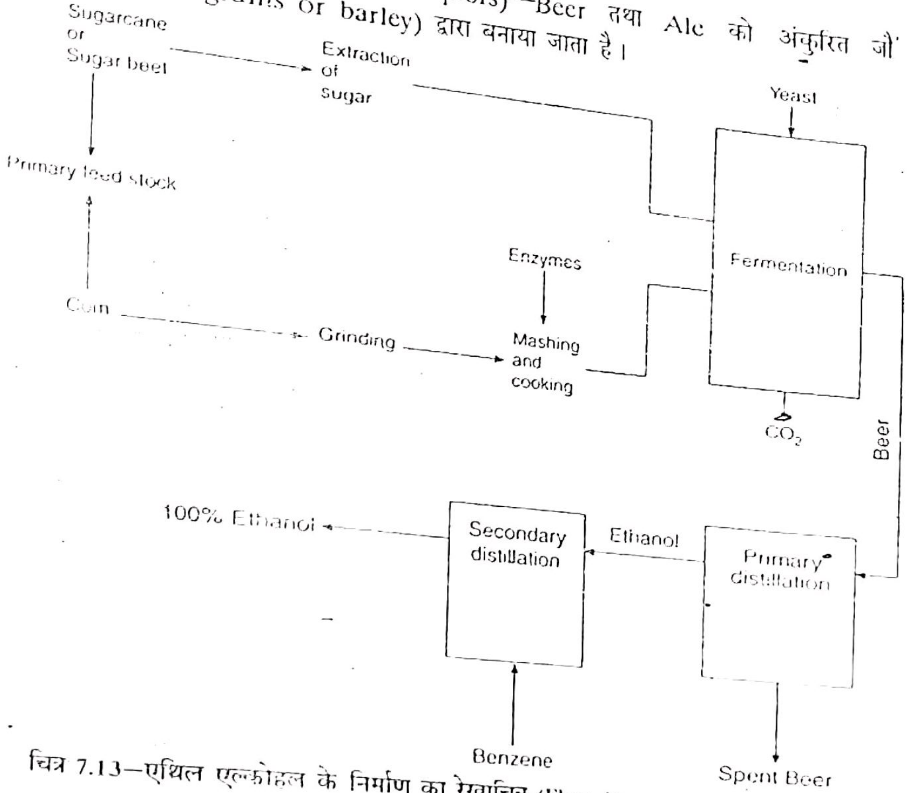
बीयर को अंकुरित जौ (germinated malt) से बनाया जाता है। एल्कोहलिक शराब (Alcoholic beverage) को तीन वर्गों में विभक्त किया गया है—

(1) माल्ट लिकर (Malt Liquors)

(2) किण्वित मदिरा (Fermented Wine)

(3) आसवित लिकर (Distilled Liquours)

(1) माल्ट लिकर (Malt Liquors)—Beer तथा Alc को अंकुरित जौ (germinated grains or barley) द्वारा बनाया जाता है।



चित्र 7.13—एथिल एल्कोहल के निर्माण का रेखाचित्र (Flow diagram of ethyl alcohol)

(2) किणवित मदिरा (Fermented Wine)—मदिरा (wine) का निर्माण फलों की शर्करा (sugar) पर यीस्ट (Yeast) की क्रिया द्वारा किया जाता है।

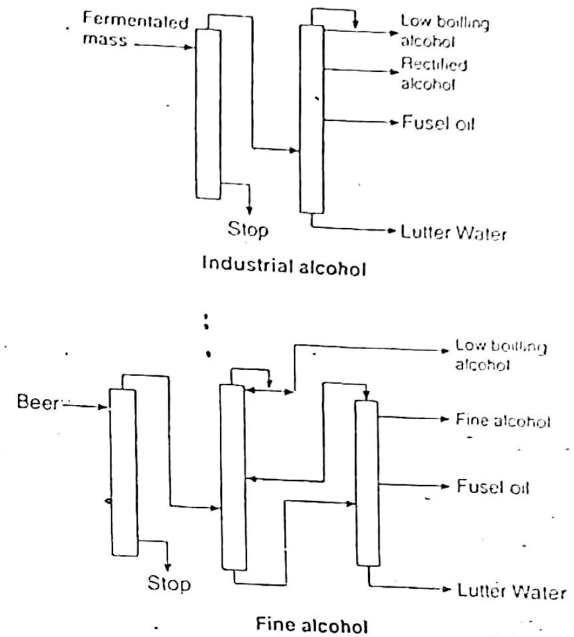
(3) आसवित लिकर (Distilled Liquor)—आसवित लिकर, किण्वित लिकर होते हैं तथा एल्कोहल की मात्रा को बढ़ाने के लिए पुनः आसवित (distill) किया जाता है।

मदिरा (Wine)

मदिरा को अंगूरों के रस (juices of grapes) के किण्वन द्वारा बनाया जाता है।

मदिरा के प्रकार (Types of Wine)

कार्बन डाइआक्साइड के उत्पादन के आधार पर मदिरा (wine) को दो वर्गों में बाँटा जा सकता है—



चित्र 7.14—एल्कोहल उत्पादन की सामान्य रेखाचित्र
(Simple flowheet of alcohol production).

(1) स्टील वाइन (Still Wine)—वह मदिरा जिसमें किण्वन प्रक्रिया के समय कार्बन डाइआक्साइड गैस उत्पन्न नहीं होती है Still wine कहलाती है।

(2) कार्बोनिटिड वाइन (Carbonated Wine)—वह मदिरा जिसमें एक निश्चित मात्रा में कार्बन डाइआक्साइड गैस उत्पन्न होती है कार्बोनेटिड वाइन कहलाती है।

शर्करा की उपस्थिति के आधार पर मदिरा दो प्रकार की होती है—

(1) शुष्क लाल मदिरा (Dry red wine)—शुष्क लाल मदिरा के लिए लाल अथवा काले अंगूर की आवश्यकता होती है। इसमें किण्वित शर्करा (fermented sugar) नहीं होती है।

(2) मीठी मदिरा (Sweet Wine)—इसमें शर्करा (sugar) पायी जाती है लेकिन इसमें शर्करा अकिण्वित (unfermented) रहती है। मदिरा के आसवन (distillation) से ब्रान्डी (brandy) बनती है। ब्रान्डी में एल्कोहल की मात्रा 1% तक हो सकती है।

(3) टेबिल मदिरा (Table Wine)—इस मदिरा में एल्कोहल की मात्रा कम पायी जाती है। यह मदिरा शर्करा रहित होती है।

(4) शेरी (Sherry)—शेरी फ्रांस (France) में अत्यधिक प्रसिद्ध है। इसलिए इसे French dry sherry के नाम से जाना जाता है। इसे पके अंगूरों, जिसमें शर्करा की मात्रा अधिक होती है, से बनाया जाता है। कभी-कभी Botrytis cinerea नामक जीवाणु से ग्रसित अंगूरों से शेरी (sherry) का उत्पादन किया जाता है।

आसवित मदिरा अथवा लिकर (Distilled Beverages or Liquor)

(1) रम (Rum)—इसे एल्कोहली किण्वित गन्ने के रस (alcoholically fermented sugar cane juice) के आसवन (distillation) द्वारा प्राप्त किया जाता है।

(2) शराब (Whiskey)—इसे Wheat, corn, rye आदि का उपयोग कर तैयार किया जाता है। इसे शर्कराकृत तथा किण्वित अनाजों के आसवन द्वारा प्राप्त किया जाता है।

(3) ब्रान्डी (Brandy)—इसे आसवन के पश्चात् grape wine अथवा मर्क (Merc). से प्राप्त किया जाता है। Apple, Apricot तथा Peach द्वारा भी ब्रान्डी तैयार की जाती है।

(द) साबुन एवं अपमार्जक उद्योग (SOAP AND DETERGENTS INDUSTRY)

साबुन (Soaps)

साबुन उच्च वसीय अम्लों जैसे पामिटिक अम्ल, स्टियरिक अम्ल, तथा औलिक अम्ल के धातु लवण होते हैं। सामान्यतः कठोर साबुन सोडियम लवण तथा मृदु साबुन पोटेशियम लवण होते हैं। ये दोनों ही साबुन जल में विलेय (Soluble) हैं तथा इनका प्रयोग मैल को दूर करने में किया जाता है। उदाहरणार्थ सोडियम पामिटेट तथा पोटेशियम स्टियरेट साबुन हैं—

$C_{15}H_{31}COONa$ (Sodium Palmitate) (Soap) $\quad$ $C_{17}H_{35}COOK$ (Potsssium stearate) (Soap)

साधारण साबुन, तेल अथवा वसा के क्षार द्वारा जल अपघटन (Hydrolysis) से निर्मित किये जाते हैं तथा यह प्रक्रिया तेल अथवा वसा का साबुनीकरण (Saponification) कहलाती है। इस प्रक्रिया में ग्लिसरॉल (Glycerol) उपजात (by product) के रूप में प्राप्त होता है।

$$\begin{array}{l} CH_2OOC_{17}H_{35} \\ | \\ CHOOC_{17}H_{35} \\ | \\ CH_2OOC_{17}H_{35} \\ \text{Stearic acid} \end{array} + \underset{\text{(lye)}}{3NaOH} \longrightarrow \underset{\substack{\text{Sod. stearate} \\ \text{(Soap)}}}{3C_{17}H_{35}COONa} + \begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \\ \text{Glycerol} \end{array}$$

भारत में तेल तथा वसा के रूप में नारियल का तेल (Coconut oil), बिनौले का

तेल (Cotton Seed Oil), अलसी का तेल (Castrol Oil) तथा गो-मांस (Beef fat) का उपयोग किया जाता है।

वसा अथवा तेल के साबुनीकरण से प्राप्त सोडियम लवण अत्यधिक कठोर एवं जल में कम विलेयशील (less soluble) होते हैं जबकि पोटेशियम लवण अत्यधिक मुलायम (Soft) तथा अधिक विलेयशील (more soluble) होते हैं इसलिए पोटेशियम साबुन का उपयोग सेविंग क्रीम (shaving cream) तथा शैम्पू (shampoo) आदि में किया जाता है।

साबुन के निर्माण की निम्नलिखित दो विधियाँ हैं—

(1) बैच साबुनीकरण विधि (Batch Saponification Method).

(2) सतत् जल अपघटन तथा साबुनीकरण विधि (Continuous Hydrolysis and Saponification Process)

(1) बैच साबुनीकरण विधि (Batch Saponification Method)

यह विधि पुरानी विधि (old method) है तथा इसके द्वारा शीघ्रता से बनाया जाता है। इस विधि में पिघली वस्तु को क्षार मिलाकर (twitchell) गर्म किया जाता है। इस साबुन में मुक्त अम्ल (free acids) ग्लिसरॉल तथा क्षार (alkali) की अशुद्धियाँ (impurities) अवशेष रह जाती हैं।

(2) सतत् जल अपघटन तथा साबुनीकरण विधि

(Continuous Hydrolysis and Saponification Process)

औद्योगिक निर्माण हेतु इस विधि का प्रयोग किया जाता है। इस विधि द्वारा बनाया गया साबुन अच्छी किस्म (better quality) का होता है। यह विधि Batch Saponification Process से अच्छी होती है क्योंकि

(1) साबुन का उत्पादन (production of soap) अधिक मात्रा में होता है।

(2) ग्लिसरीन (Glycerin) 80% तक प्राप्त हो जाता है।

(3) निर्माण के लिए कम स्थान की आवश्यकता होती है।

कच्चा माल (Raw Mateiral)

साबुन बनाने में निम्नलिखित कच्चे माल की आवश्यकता होती है—

(1) Refined tallow (Animal fat), refined and recovered grease, coconut तथा palm oil, आदि।

(2) ZnO धात्विक ऑक्साइड (Metal Oxide) का प्रयोग उत्प्रेरक (Catalyst) के रूप में किया जाता है।

(3) साबुनीकरण के लिए क्षार (Alkali)—KOH, NaOH आदि।

साबुन बनाने के लिए अग्र पदों का प्रयोग किया जाता है—

साबुन के प्रकार (Types of Soap)

साबुन निम्न प्रकार के होते हैं—

(1) कठोर साबुन (Hard Soap)—इस प्रकार के साबुन को सस्ते तेल अथवा सस्ती वसा एवं सोडियम हाइड्राक्साइड मिलाकर बनाया जाता है। इनमें मुक्त क्षार (free alkali) शेष रह जाते हैं तथा इनका उपयोग कपड़े धोने में (washing cloth) किया जाता है।

(2) मृदु साबुन (Soft Soap)—इस प्रकार के साबुन अच्छी किस्म के तेलों एवं पोटेशियम हाइड्रॉक्साइड (KOH) के साथ मिलाकर बनाये जाते हैं। मृदु साबुन क्षार से पूर्णतया मुक्त होते हैं। इनका उपयोग नहाने में, शेविंग क्रीम (shaving cream) तथा शैम्पू (shampoo) में किया जाता है।

(3) पारदर्शी साबुन (Transparent Soap)—इस प्रकार के साबुन टायलेट साबुन (Toilet Soap) को एथेनॉल (ethanol) में विलेय (dissolve) कर बनाये जाते हैं तथा छनित्र (filtrate) को वाष्पन (evopration) के लिए छोड़ दिया जाता है। पारदर्शी साबुन में ग्लिसरॉल (glycerol) की मात्रा अधिक पायी जाती है।

(4) समुद्री साबुन (Marine Soap)—इस प्रकार के साबुन को नारियल के तेल (coconut oil) से बनाया जाता है तथा यह साबुन समुद्री जल (sea water) के साथ भी झाग (leather) देते हैं।

(5) मेडीकेटिड साबुन (Medicated Soap)—नीम साबुन (Neem Soap), कार्बोलिक साबुन (Carbolic Soap) का उपयोग मेडीकेटिड साबुन के रूप में किया जाता है। ये भी टायलेट साबुन (Toilet Soap) हैं परन्तु इनमें कुछ चिकित्सकीय पदार्थ (medicinal substance) मिला दिये जाते हैं।

(6) धात्विक साबुन (Metallic Soap)—सोडियम एवं पोटेशियम धातु के साबुन के अतिरिक्त कुछ अम्ल धातुओं के साबुन का भी प्रयोग किया जाता है जैसे—

1. कैल्शियम एवं मैग्नीशियम के साबुन का उपयोग स्नेहक (Lubricant) तथा ड्रायर (Drier) रूप में किया जाता है।

2. एल्यूमिनियम तथा क्रोमियम साबुन का उपयोग कागज के चिक्कण (sizing paper) में किया जाता है।

3. लैड साबुन (लैड ओलियेट) का उपयोग चिपकने वाली टेप (Adhesive tap) तथा जिंक स्टियरेट का उपयोग Toilet powder बनाने किया जाता है।

साबुन की शोधन क्रिया (Cleansing Action of Soap)

साबुन एवं अपमार्जक की स्वच्छीकरण क्रिया (Cleasing Action of Soap and Detergents)—साबुन एवं अपमार्जकों के अणुओं को जल में घोलने पर ये आयनित (ionise) हो जाते हैं। इनके ऋणायन ($RCOO^- \rightarrow R^+ + COO^-$) में दो भाग होते हैं। जिनमें R एक लम्बी श्रृंखला का समूह है। R समूह अध्रुवीय (Non Polar) होता

है जिसके कारण यह जल विरोधी (Hydrophopic) तथा तेल स्नेही (oil loving) होता है। Carboxylate group ध्रुवीय (Polar) होने के कारण यह जल स्नेही (water loving) होता है। इस कारण साबुन तथा अपमार्जकों को जल में घोलने पर यह एक कोलायडी विलयन (colloidal solution) बनाता है तथा तेल के साथ पायस (Emulsion) का निर्माण करता है।

कपड़ों में मैल धूल एवं चिकनाई के रूप में होता है। जब साबुन को कपड़े पर लगाया जाता है तो यह दो प्रकार से कार्य करता है—

(1) यह जल के पृष्ठ तनाव (surface tension) को कम (reduse) करता है।

(2) यह मैल का पायसीकरण (emulsifies) करता है।

कपड़ों में मैल चिकनाई एवं धूल के रूप में होता है। जब साबुन को गन्दे कपड़ों पर रगड़ा जाता है तो साबुन मैल का पायसीकरण (emulsifies) करता है। जिससे धूल अथवा चिकनाई के अणु कपड़ों से अपनी सतह छोड़ने लगते हैं अर्थात् कपड़े पर मैल की पकड़ कम हो जाती है।

इसके अतिरिक्त साबुन के धनायन (Na^+ एवं K^+) जल के पृष्ठ तनाव (surface tension) को कम करते हैं अर्थात् यह जल के साथ कोलायडी विलयन (colloidal solution) का निर्माण करता है जो कि मैल के कणों को अवशोषित कर लेता है और कपड़ों से मैल अथवा चिकनाई को दूर करता है।

अच्छे साबुन की विशेषतायें (Qualities of a Good Soap)

(1) साबुन का प्रयोग करते समय बार-बार टूटना नहीं चाहिए।

(2) साबुन एल्कोहल में घुलनशील (soluble) होनी चाहिए।

(3) साबुन क्षार (alkali) से मुक्त होना चाहिए।

(4) इसमें जल की मात्रा अधिक नहीं होनी चाहिए।

साबुन के उपयोग (Uses of Soaps)

इसके उपयोग निम्नलिखित हैं—

(1) वस्त्रों के निर्माण में

(2) सेनीटेशन में (in sanitation)

(3) शेविंग क्रीम तथा शैम्पू बनाने में

(4) कृत्रिम रबड़ एवं प्लास्टिक इमल्शन बहुलीकरण में

(5) पेण्ट-जल इमल्शन बनाने में (in paint emulsion)

(6) तेल निर्माण में।

(7) कागज के चिक्कण (sizing paper) में।

(8) स्नेहक तथा शुष्क अथवा ड्रायर (Drier) के रूप में।

well finished paper प्राप्त किया जाता है। Calendering द्वारा कागज चिकना (smooth) होता है।

(4) फिनिशिंग शीट (Finishing Sheet)—Calendering roll के पश्चात् एक बड़े रोलर (roll) द्वारा sheet को finishing department में भेजा जाता है। यहाँ पर कागज को इच्छानुसार आकार (size), के हिसाब से काटकर पैकिंग (Packing) के लिए भेज दिया जाता है।

कागज बनाने के लिए मुख्यतः दो प्रकार की मशीनों का प्रयोग किया जाता है—

(1) फोरड्रिनियर मशीन (Fourdrinier Machine)—इस मशीन के द्वारा अधिकांश कागज बनाया जाता है। इसमें कागज लम्बे थान के रूप में रोलर पर लिपट जाता है। यह मशीन कागज में से नमी को दूर करके उसको चिकना कर देती है।

(2) सिलिन्डर मशीन (Cylinder Machine)—इस मशीन का प्रयोग haevy paper, cardboard, तथा uniform paper बनाने में किया जाता है।

कोटिड पेपर (Coated Paper)

अधिकांश पेपर मोम अथवा प्लास्टिक पदार्थ द्वारा लेपित (coated) होते हैं क्योंकि इनमें Printability तथा resistance to fluid जैसे गुण (Properties) पाये जाते हैं।

स्पेशल पेपर (Special Paper)

आजकल स्पेशल पेपर का उपयोग cigrarette, filter, glassine food contains जैसे Paper plate, cans, cups तथा wrapper coated with plastic or aluminium foil इत्यादि बनाने में किया जाता है। Aluminium foil, food contamination तथा Flavour and texture को दूर करने में सहायक है। आजकल कागज निर्माता (Paper maker) वस्त्र निर्माताओं (Texile manufacture) के साथ मिलकर Disposable surgical gowns तथा bed sheet का निर्माण कर रहे हैं।

कागज उद्योग की आर्थिक स्थिति (Economical Position of Paper Industry)

भारत में कागज उद्योग (Paper industry) स्थापित करने में कई समस्याओं का सामना करना पड़ता है जिनमें कुछ मुख्य समस्यायें निम्नलिखित हैं—

(1) रेशे युक्त कच्चे पदार्थों की कमी होना (Shortage of Fibrous Raw Materials)—कागज उद्योग स्थापित करने के लिए अधिक स्थान तथा योजना (planning) की आवश्यकता होती है। विभिन्न प्रकार की लकड़ी जैसे यूकिलिप्टस, रीड घास तथा गन्ने की खोई आदि का प्रयोग कागज बनाने में किया जाता है।

(2) उच्च मूल्य तथा रसायनों की कमी (High price and shortage of chemicals)—Sulphur, salt cake तथा Cl_2 इत्यादि रसायनों की कीमत अधिक होने के कारण कागज का बनाना एक अत्यन्त गम्भीर समस्या है।

(3) संयन्त्र तथा यन्त्रों की उपलब्धि (Procurement of Plant and Equipment)—लुगदी बनाने की मशीन (Pulping equipment) एक साधारण मशीन होती है तथा इसे भारत में भी बनाया जा सकता है लेकिन कागज बनाने की मशीन अत्यधिक कीमती होने के कारण इसे प्राप्त करना अत्यन्त कठिन है।

(२) बहुलक उद्योग (Polymer Industry)

मानव द्वारा निर्मित संश्लेषित पदार्थ जैसे नाइलॉन, टेफ्लॉन, पाली इथाइलीन, पी. वी. सी. तथा डेकरॉन आदि का प्रयोग हमारे दैनिक जीवन (daily life) में किया जाता है। लेकिन प्रकृति में विभिन्न प्रकार के प्राकृतिक बहुलक भी विद्यमान हैं, जैसे सैल्यूलोज (cellulose), प्रोटीन, स्टार्च तथा प्राकृतिक रबड़ आदि। संश्लेषित बहुलक गुणों में प्राकृतिक बहुलकों से उत्तम माने जाते हैं।

बहुलक शब्द दो भागों से मिलकर बना है—

Greek Word —Poly (अनेक—Many)

—Meros (भाग, Parts)

बहुलक शब्द का प्रयोग ऐसे पदार्थ के लिए किया जाता है, जिसका आभार बहुत अधिक होता है तथा जिसके संरचनात्मक अवयव बारम्बार (repeating unit) एक-दूसरे से जुड़े होते हैं। बहुलकों को उनके अणुओं की विशालता के कारण मैक्रोमालीकूल्स (Mactro-molecules) भी कहा जाता है।

बहुलक की परिभाषा (Definition of Polymer)

जब किन्हीं दो यौगिकों का मूलानुपाती सूत्र (empirical formula) एक से हो तो संकीर्ण यौगिक (complex compound) सरल यौगिक का बहुलक (polymer) कहलाता है।

$$\longrightarrow \underset{\text{ethylene (monomer)}}{nCH_2{=}CH_2} \longrightarrow \underset{\text{polythene}}{(CH_2{-}CH_2)_n} \longrightarrow \underset{\text{(polymer)}}{(CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2)_n}$$

बहुलीकरण (Polymerisation)

वह प्रक्रिया जिसमें अत्यधिक संख्या में सरल अणु (समान प्रकार के अथवा भिन्न प्रकार के) एक दूसरे से रासायनिक संयोग करके उच्च अणुभार का एक वृहत अणु (large molecule) बनाते हैं; बहुलीकरण (Polymerisation) कहलाती है। बहुलीकरण प्रक्रिया के फलस्वरूप बने उच्च अणुभार के यौगिक को बहुलक (Polymer) कहते हैं। बहुलीकरण की क्रिया उत्क्रमणीय (reversible) होती है।

बहुलीकरण का वर्गीकरण (Classification of Polymerisation)

बहुलीकरण दो प्रकार से होती है—

(1) योगात्मक बहुलीकरण (Addition Polymerisation)

(2) संघनन बहुलीकरण (Condensation Polymerisation)

(1) योगात्मक बहुलीकरण (Addition Polymerisation)

यह प्रक्रिया द्वि-बन्ध (double bond) तथा त्रि-बन्ध (triple bond) युक्त अणुओं में पायी जाती है। योगात्मक बहुलीकरण में एक ही यौगिक के कई अणुओं के परस्पर संयुक्त होने के कारण होती है। ये अभिक्रियायें परऑक्साइड अथवा अम्लों द्वारा उत्प्रेरित होती हैं। अभिक्रियाओं को 1000 वायुमण्डलीय दाब तथा 200°C तापक्रम की आवश्यकता होती है। इस विधि में जिगलर नाटा (zeigler natta) उत्प्रेरक का प्रयोग किया जाता है। जिगलर उत्प्रेरक (Ziegler Catalyst) टाइटेनियम टेट्राक्लोराइड ($TiCl_4$) है, जो कि अक्रिय विलायक में निलम्बन (suspension) है।

पॉलीथीन, पॉलीविनाइल क्लोराइड, पॉली स्टाइरीन, पॉलीप्रोपाइलीन, ऑरलान आदि योगात्मक बहुलक है।

(2) संघनन बहुलीकरण (Condensation Polymerisation)

संघनन बहुलीकरण प्रक्रिया में एक ही यौगिक के अथवा भिन्न-भिन्न यौगिकों के दो या दो से अधिक अणु परस्पर इस प्रकार संयोग करते हैं कि उनके कार्बन परमाणुओं या कार्बन, नाइट्रोजन परमाणु के मध्य सहसंयोजक बन्ध (covalent bonding) स्थापित हो जाता है। इस प्रक्रिया में संघनन उत्पाद (condensation product) के अलावा कुछ सरल अणु जैसे—जल, हाइड्रोक्लोरिक अम्ल, एल्कोहल तथा अमोनिया आदि भी पृथक हो जाते हैं। इस प्रक्रिया में संघनित यौगिक को पुनः अपने मूल यौगिकों में परिवर्तित नहीं किया जा सकता।

टेरीलीन, नायलोन 6, बैकेलाइट, नाइलॉन 6, 6 आदि संघनन बहुलक हैं।

बहुलकों का वर्गीकरण (Classification of Polymers)

बहुलक पदार्थों को कई प्रकार से वर्गीकृत किया जा सकता है—

(1) संरचना/आकार के आधार पर

एक बहुलक अणु, रेखीय (Linear), शाखित (Branched) तथा क्रास बन्धित (Cross linked) हो सकता है।

(2) भौतिक अवस्था के आधार पर

बहुलक पदार्थ अक्रिस्टलीय (Amorphous) अथवा क्रिस्टलीय (crystalline) हो सकता है।

(3) प्रयोग के आधार पर

इसके अन्तर्गत Fibers, Plastics, Elastomers, Films, Adhesives, Paints आदि आते हैं।

(4) टैक्टीसिटी (Tacticity) के आधार पर

ये Isotactic, Syndiotactic, Atactic आदि होते हैं।

(5) उत्पत्ति (Origin) के आधार पर

इस आधार पर बहुलक प्राकृतिक (Natural) तथा कृत्रिम (Synthetic) हो सकते हैं।

(6) चालकता (Conductance) के आधार पर

अधिकांश बहुलक, विद्युतरोधी (insulator) का कार्य करते हैं परन्तु इनमें से धारा प्रवाहित नहीं होती है।

(7) वातावरण के आधार पर

इसके अनुसार बहुलक मजबूत (Durable) अथवा जैविकीय विघटित (Bio degradable) हो सकते हैं।

(8) एकलकों (Monomer) के प्रकार के आधार पर

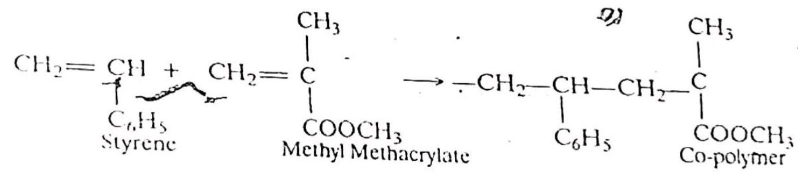
बहुलक ध्रुवीय (Polar) अथवा अध्रुवीय (Non-polar) हो सकते हैं।

(9) एकलकों की प्रकृति की संख्या के आधार पर

एकलक (monomer) की प्रकृति के आधार पर बहुलकों को दो भागों में वर्गीकृत किया जा सकता है—मोनोमर तथा सह बहुलक।

(i) समबहुलक (Homopolymer)—यदि बहुलक समान प्रकार के एकलक अणुओं द्वारा निर्मित होता है तो उसे समबहुलक (Homopolymer) कहते हैं। जैसे—पॉलीथीन, पी. वी. सी., टेफ्लॉन आदि समबहुलक हैं।

(ii) सहबहुलक (Co-polymer)—यदि बहुलक भिन्न प्रकार के एकलक अणुओं से निर्मित होता है तो बहुलक सहबहुलक (co-polymer) कहलाता है।



बहुलकों के प्रकार (Type of Polymers)

बहुलक कई प्रकार के होते हैं, जिसमें कुछ निम्नलिखित हैं—

एकलक (मोनोमर) की प्रकृति के आधार पर बहुलक को दो भागों में वर्गीकृत किया जा सकता है—

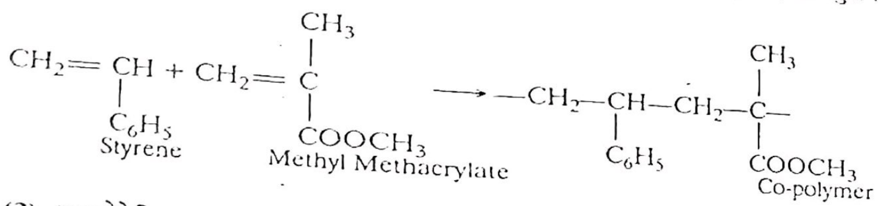
(1) समबहुलक (Homopolymer)

यदि बहुलक समान प्रकार के एकलक अणुओं द्वारा निर्मित होता है तो उसे समबहुलक

(Homopolymer) कहते हैं। जैसे—पॉलीथीन, पी. वी. सी., टेफ्लॉन आदि समबहुलक हैं।

(2) सहबहुलक (Co-polymer)

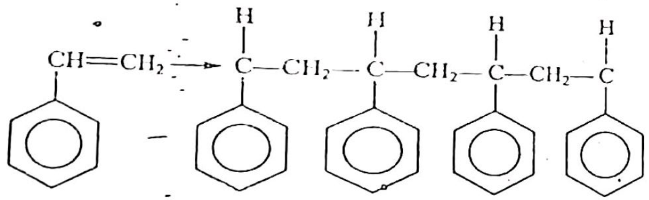
यदि बहुलक-भिन्न प्रकार के एकलक अणुओं से निर्मित होता है तो बहुलक, सहबहुलक (co-polymer) कहलाता है।



(3) आइसोटेक्टिक पॉलीमर (Isotactic Polymers)

आइसोटैक्टिक शब्द ग्रीक भाषा के दो शब्दों से मिलकर बना है Iso = same, समान एवं taktikos = order या क्रम।

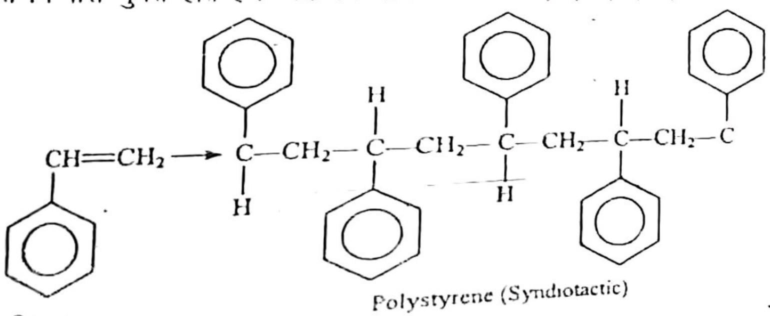
इस व्यवस्था में समस्त —CH_3 समूह शृंखला (chains) के एक ओर होते हैं। इस बहुलक को निम्न प्रकार से प्रदर्शित किया जा सकता है।



Styrene Polystyrene (Isotectic)

(4) सिन्डायोटैक्टिक बहुलक (Syndiotactic Polymers)

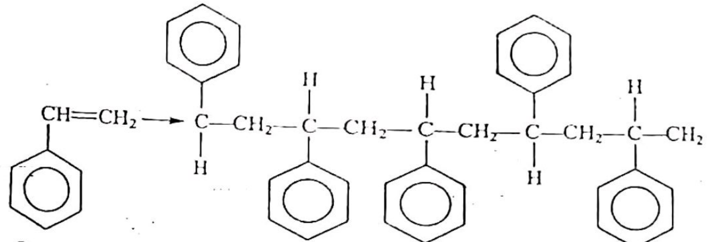
सिन्डायोटैक्टिक शब्द ग्रीक भाषा के दो शब्दों—Syndio (two together दोनों साथ) तथा taktikos (क्रम-order) से बना है। इसमें बहुलक शृंखला के एकान्तर कार्बन विपरीत विन्यास युक्त होते हैं। अतः विन्यास का क्रम R, S, R, S, R, S ... होता है।



Styreno Polystyrene (Syndiotactic)

(5) एटैक्टिक बहुलक (Atactic Polymer)

Atatic ग्रीक भाषा के दो शब्दों से मिलकर बना है—(A = without; बिना तथा taktikos = order-क्रम)। इस बहुलक में शृंखला के असममित कार्बनों के विन्यास का कोई निश्चित क्रम नहीं होता है अर्थात् इनका विन्यास किसी भी तरह जैसे—R, R, S, R, S, S आदि हो सकता है। ये बहुलक अक्रिस्टलीय (non-crystalline) होते हैं तथा कम ताप (low tempernature) पर मृदु (soft) हो जाते हैं।



Styrene Atactic

(6) यूटैक्टिक बहुलक (Eutactic Polymer)

इस बहुलक में, सभी मोनोमर यूनिट (monomers units) पूर्णतया क्रमबद्ध तरीके से व्यवस्थित रहती हैं। जैसे—ब्यूटाइडाइन बहुलक, Eutactic Polymer है क्योंकि इसमें सभी monomeric unit, trans—1; 4-configuration अथवा cis–1, 4-configuration में होती हैं।

इनके अतिरिक्त त्रिविम सहबहुलक (stereo copolymer) एक त्रिविम ब्लॉक बहुलक (stereo block polymer) होते हैं।

बहुलकों की विशेषतायें (Characteristics of Polymers)

बहुलक पदार्थों की मुख्य विशेषतायें इस प्रकार हैं—

(i) बहुलकों की भौतिक अवस्था (Physical State of Polymers)—बहुलक यौगिक क्रिस्टलीय तथा अक्रिस्टलीय दोनों प्रकार के हो सकते हैं। अक्रिस्टलीय अवस्था में अणु आपस में क्रम-रहित (random) तरीके से व्यवस्थित होते हैं जबकि क्रिस्टलीय अवस्था में अणु क्रमवाद रूप से आपस में जुड़े रहते हैं। थर्मोसैटिंग व थर्मोप्लास्टिक बहुलक अक्रिस्टलीय अवस्था में होते हैं।

अक्रिस्टलीय बहुलक लचीले, मुलायम तथा कम घनत्व वाले होते हैं जबकि क्रिस्टलीय बहुलक बहुत कठोर (rigid) तथा अधिक घनत्व वाले होते हैं।

अक्रिस्टलीय बहुलकों में पोलीस्टाइरीन, पोनीविनाइल एसिटेट आदि प्रमुख हैं जबकि क्रिस्टलीय बहुलकों में बेकेलाइट प्रमुख हैं।

(ii) रासायनिक प्रतिरोधकता (Chemical Resistance)—बहुलकों के ऊपर

रासायनिक पदार्थों का प्रभाव पड़ता है जिससे वे मुलायम हो जाते हैं तथा इनकी सामर्थ्य (strength) भी कम हो जाती है। ऐसे बहुलक जिनमें ध्रुवीय समूह जैसे हाइड्रॉक्सिल समूह (—OH) तब कार्बोक्सिलिक समूह (—COOH) होते हैं, साधारणतया ध्रुवीय विलायकों (जैसे—जल, एल्कोहल तथा कीटोन्स) में विलेयशील होते हैं, परन्तु ये अध्रुवीय विलायकों जैसे—बैंजीन, टॉलुईन, पैट्रोल तथा कार्बन टेट्रा क्लोराइड आदि से अप्रभावित रहते हैं। इसके विपरीत ऐसे बहुलक जिनमें अध्रुवीय समूह जैसे—मिथाइल ($—CH_3$) तथा फिनाइल ($—C_6H_5$) आदि होते हैं, अध्रुवीय विलायकों में विलेयशील होते हैं जबकि वे ध्रुवीय विलायकों से अप्रभावित रहते हैं। इसके अतिरिक्त ऐसे बहुलक जिनमें ऐलिफेटिक लक्षण अधिक होता है, एलिफेटिक विलायकों में विलेयशील होते हैं जबकि ऐरोमैटिक गुण वाले बहुलक एरोमैटिक विलायकों में विलेयशील होते हैं।

(iii) प्लास्टिक विकृति (Plastic Deformation)—वह गुण जिसमें ताप या दाब लगाने पर बहुलकों के आकार व रूप में परिवर्तन हो जाता है, **प्लास्टिक विकृति** कहलाता है। यह गुण थर्मोप्लास्टिक बहुलकों में पाया जाता है। इन बहुलकों में अणु आपस में दुर्बल वान्डर वाल्स बलों (weak Vander Waals-forces) के द्वारा बंधे हुए होते हैं। ताप व दाब के बढ़ाये जाने पर ये वान्डर वाल्स और अधिक दुर्बल हो जाते हैं जिससे उनमें विकृति आ जाती है। थर्मोसैटिंग बहुलकों के ऊपर ताप का कोई प्रभाव नहीं पड़ता क्योंकि इनमें प्रबल रासायनिक बंध होते हैं।

(iv) सामर्थ्य (Strength)—शाखित शृंखला (branched chain) तथा सीधी शृंखला (straight chain) वाले बहुलकों में, शृंखला परस्पर दुर्बल आकर्षण बलों के द्वारा जुड़ी होती हैं। बहुलकों की सामर्थ्य, शृंखला की लम्बाई तथा उनके अणुभार बढ़ने के साथ-साथ बढ़ती जाती है। जब शृंखला की लम्बाई में 150–200 तक परमाणु हो जाते हैं तो बहुलक पदार्थ यांत्रिक सामर्थ्य (machenical strength) प्रदर्शित करते हैं। कम अणुभार वाले बहुलक, मुलायम तथा उच्च अणुभार वाले बहुलक, कठोर एवं ऊष्मा-प्रतिरोधक होते हैं।

(v) बहुलकों पर ताप का प्रभाव (Effect of Temperature on Polymers)—अक्रिस्टलीय बहुलकों का कोई गलनांक नहीं होता है परन्तु इनका मृदु अंक (softening point) होता है। कम ताप पर बहुलक पदार्थ काँच के समान होते हैं। यदि बहुलक को गर्म किया जाता है तो मुलायम तथा लचीला हो जाता है। थर्मोसैटिंग बहुलकों के ऊपर ताप का अपेक्षाकृत कम प्रभाव पड़ता है परन्तु उच्च ताप पर ये नष्ट हो जाते हैं।

बहुलीकरण विधि (Polymerisation Process)

बहुलीकरण अभिक्रिया ऊष्माक्षेपी (exothermic) होती है। **इस प्रक्रिया का मुख्य उद्देश्य** उत्पन्न उष्मा को दूर करना होता है जिससे ऊष्मा संवेदी बहुलक पदार्थों (heat sensitive products) को नष्ट होने से बचाया जा सके अर्थात् विस्फोटक होने की स्थिति से बचा जा सके।

बहुलीकरण प्रक्रिया निम्न प्रकार है—

- बहुलीकरण प्रक्रिया (Polymerisation Process)
  - समांग बहुलीकरण (Homogenous Polymerisation)
    - विलयन बहुलीकरण (Solution Polymerisation)
    - विस्तार बहुलीकरण (Bulk Polymerisation)
  - विषमांग बहुलीकरण (Heterogenous Polymerisation)
    - पायस बहुलीकरण (Emulsion Polymerisation)
    - निलम्बन बहुलीकरण (Suspensions Polymerisation)

(I) समांग बहुलीकरण (Homogeneous Polymerisation)

इस विधि में बहुलीकरण प्रक्रिया एक समांग प्रावस्था (phase) में होता है। यह प्रक्रिया केवल विलायक (solvent) अथवा केवल मोनोमर युक्त पात्र में होती है। मुख्यतः समांग बहुलीकरण की दो विधियाँ हैं—

(i) विलयन बहुलीकरण (Solution Plymerisation)—इस विधि में मोनोमर को उपयुक्त विलायक (suitable solvent) में विलेय (घोला) किया जाता है तथा बहुलीकरण की प्रक्रिया को प्रारम्भ करने के लिए प्रारम्भक (initiator) डाला जाता है जब अभिक्रिया पूर्ण हो जाती है तब बहुलक को अवक्षेपण (Precipitation) द्वारा प्राप्त कर लिया जाता है। बहुलक को छानकर, धोकर सुखा लिया जाता है।

Acrylonitril तथा Acrylic acid, monomer को इस विधि द्वारा बहुलीकृत (polymerised) किया जाता है।

(ii) विस्तार बहुलीकरण (Bulk Polymerisation)—बहुलीकरण की यह विधि सबसे सरल (simplest) है तथा इसके द्वारा योगात्मक एवं संघनन बहुलीकरण, विस्तार बहुलीकरण रियेक्टर (Bulk Polymerisation Reactor) में किया जाता है। मोनोमर को द्रव अवस्था में लिया जाता है तथा प्रारम्भक (initiator) स्वतः ही Monomer में घुल जाता है। बहुलीकरण की ऊष्मा को नियन्त्रित (controlling) करने के लिए पूर्व (Pre) तथा पश्च (Post) बहुलीकरण किया जाता है। 10% तक अभिक्रिया मन्द गति से प्रारम्भ होती है इसके पश्चात् अभिक्रिया तीव्र गति से प्रारम्भ हो जाती है। 25% से 30% तक अभिक्रिया मिश्रण विस्कस (viscous) रहता है। द्वितीय अवस्था में अर्थात् पश्च बहुलीकरण की क्रिया से विस्कस मिश्रण (viscous mixture) को मुख्य रियेक्टर में नियत तापक्रम पर स्थानान्तरित (transfer) कर दिया जाता है। जब बहुलक पूर्णतया अवशोषित

हो जाता है तब इसे एक निश्चित समय के पश्चात् मिश्रण (Mixture) को मेथेनॉल (Methanol) में डाला जाता है।

Styrene, Vinyl Chloride, Methyl Methacrylate आदि विस्तार बहुलीकरण (Bulk Polymerisation) द्वारा बहुलीकृत (Polymerised) किया जाता है। इस प्रकार प्राप्त बहुलकों में अशुद्धियाँ कम पायी जाती हैं तथा इस प्रकार प्राप्त बहुलकों की Electrical Insulation क्षमता (Capacity) अच्छी होती है।

(2) विषमांग बहुलीकरण (Heterogenous Polymerisation)

इस प्रकार के बहुलीकरण में एक से अधिक प्रावस्थायें (Phases) होती हैं। यह बहुलीकरण भी दो प्रकार का होता है—

(i) पायस बहुलीकरण—इस विधि में एकलक (monomer) जलीय प्रावस्था में रहता है अर्थात् 10^{-5} से 10^{-6} mm के आकार में परिक्षिप्त (dispersed) रहते हैं। बाद में इनको surfectant (soap या detergent) डालकर अथवा रक्षित कोलाइड (Protective Colloids) डालकर स्थायी कर लिया जाता है। Surfectants, मिसेल (miscelles) का निर्माण करते हैं तथा यह विलयन में समान रूप से परिक्षिप्त रहते हैं। बहुलक के निर्माण के समय में मिसेल (miscelles) के आकार में वृद्धि हो जाती है। उच्च अणुभार वाले बहुलक इस प्रकार प्राप्त किए जाते हैं। इस विधि द्वारा बनाये गये बहुलक का उपयोग adhesives, surface coating तथा Textile finishing में किया जाता है।

Styrene, Vinyl Chloride तथा Vinyl acetate के एकलकों (monomers) को इस विधि द्वारा बहुलीकृत (polymerised) किया जाता है।

(ii) निलम्बन बहुलीकरण (Suspension Polymerisation)—इस प्रक्रिया में मोनोमर 0.1 से 1 mm आकार में बड़ी बूंदों (large droplets) के रूप में जल में परिक्षिप्त (dispersed) रहते हैं तथा इनको mechanical agitation द्वारा निलम्बन अवस्था में रखा जाता है। जिलेटिन (Gelatin) तथा जल विलेय सैल्यूलोज के यौगिकों का प्रयोग स्थायीकारक (stabilizers) के रूप में किया जाता है।

पॉलीएथीलीन (Polyethylene)

इसे पॉलीथीन के नाम से भी जाना जाता है तथा यह एथिलीन का बहुलक (Polymer) है।

निर्माण (Preparation)

एथीलीन (Ethylene) के बहुलीकरण द्वारा पॉलीएथीलीन (Polyethylene) को प्राप्त किया जाता है।

$$\underset{\text{Ethylene}}{nCH_2{=}CH_2} \xrightarrow[250°C]{\text{Polymerisation}} \underset{\text{Polyethylene}}{(-CH_2-CH_2-)_n}$$

पॉलीएथीलीन का निर्माण (Manufacture of Polyethylene)

पॉलीएथीलीन को निम्न दो विधियों द्वारा बनाया जाता है—

(1) उच्च घनत्व पॉलीएथीलीन (High Density Polyethylene)

(2) निम्न घनत्व पॉलीएथीलीन (Low Density Polyethylene)

(1) उच्च घनत्व वाली पॉलीएथीलीन (High Density Polyethylene)

(1) C_2H_4 को कम दाब तथा कम ताप पर उत्प्रेरक की उपस्थिति में बहुलीकृत करके भी पालीथीन बनती है। इसके लिए दो विधियाँ हैं—

(i) C_2H_4 को 6–7 atm तथा 60–70°C पर जिगलर उत्प्रेरक ($(C_2H_5)_3Al + TiCl_4$ पर अक्रिय विलायक में निलम्बन) की उपस्थिति में प्रवाहित करते हैं—तो पालीथीन प्राप्त होती है।

(ii) 35 atm. दाब तथा 60–200°C पर उत्प्रेरक $Cr_2O_3 + SiO_2 + Al_2O_3$ की उपस्थिति में भी C_2H_4 बहुलीकृत होकर पालीथीन देती है।

कम ताप तथा दाब पर निर्मित पॉलीथीन का घनत्व अधिक होता है अतः इसको उच्च घनत्व पालीथीन कहते हैं।

गुण (Properties)

(1) इसका घनत्व 0.95–0.97 होता है।

(2) यह पॉलीथीन अत्यधिक कठोर (hard), न मुड़ने वाली (stiff) तथा इसकी तनन सामर्थ्य (tensile strength) अधिक होती है।

(3) यह गन्ध (odour) तथा विषाक्तता (toxicity) रहित होती है।

(4) इसमें electrical insulation गुण अधिक होता है।

उच्च घनत्व की पॉलीथीन निर्माण का प्रक्रिया वर्णन (Process Description)

शुद्ध एथीलीन (ethylene) तथा ब्यूटीन (सहबहुलक) को fluid bed reactor में भेजा जाता है। इस fluid bed reactor का तापक्रम 100°C तथा दाब 0.7 से 2 MPa रहता है। सम्पूर्ण अभिक्रिया गैसीय अवस्था (gas phase) में होता है। Fluidized bed, granular polyethylene polymer से निर्मित होता है। जोकि अभिक्रिया द्वारा पहले ही बना लिया जाता है। इसमें उत्प्रेरक को प्रवाहित किया जाता है तथा बहुलीकरण अभिक्रिया (Polymerisation Reaction) के पूर्ण होने पर अक्रियाशील एथीलीन (unreacted ehylene) को ऊपर (top) से निकालकर ठण्डा (cool) किया जाता है तथा पुनः चक्रीकरण (recycling) के लिए रियेक्टर (reactor) में भेज दिया जाता है। शुष्क मुक्त तैरने वाले पॉलीएथीलीन के कणों (granules) को रियेक्टर की तली (bottom) से निकाल कर गैस लॉक चैम्बर (Gas Lock Chamber) से गुजारते हैं। निर्मित उत्पाद (product) को