Hindi Tech Notes
www.hinditechnotes.com

PED.

CHAPTER-1 :→

:- Basic Consideration in Process Equipment Design :-

Introduction :-

Modern Competitive chemical industry में नये Plant लगाये जा रहे हैं तथा existing Plants modified किये जा रहे हैं। इस स्थिति में विभिन्न technical subjects जैसे - Thermodynamics, Reaction kinetics, Unit operation, Process Design, Equipment Design का ज्ञान होना आवश्यक है।

Chemical Engineering में Designing के लिए आवश्यक Project को तीन प्रकार से बाँटा जा सकता है -

1- Modification and addition to existing (पुराने) Plant.
2- Increase in the capacity of existing Plants.
3- Development of a new process based on laboratory research and plant studies.

Chemical industry में Design work को दो भागों में बाँट सकते हैं -

1- Process Design
2- Equipment Design

In fact modern chemical process is very complicated. इसमें operation continuously series में महीनों या सालों तक चलते रहते हैं। इसलिए मजबूत एवं भरोसेमंद equipment की आवश्यकता होती है। Equipment की overall satisfactory performance and reliability [redacted] निम्न factors पर depend करती है -

1- Optimum Processing Conditions.
2- Appropriate material of Construction.
3- Strength and rigidity of Component.
4- Satisfactory performance of mechanism.
5- Reliable method of fabrication.
6- Ease of maintenanse and repairs.
7- Ease of operation and control.
8- Safety requirements.

Scanned by CamScanner

The General Design Procedure → 2011

Design Procedure में Standard Design Procedure बनाना कठिन है। फिर भी कुछ Procedure निम्न Steps में होती है —

1- Specifying (निर्धारित करना) the problem of operational (carefull) requirement.
2- Analysing the probable Solution
3- Applying chemical process principles and theories of mechanics satisfying the condition of the problem.
4- Selection of Material according to the condition.
5- Evaluating (मूल्यांकन करना) and optimising (बेहतर बनाना) of design.
6- Preparing the drwing and specification.

Fabrication Techniques →

एक मशीन या equipment के विभिन्न Components को बनाने के लिए जो economical and suitable technique अपनायी जाती है, उसे fabrication technique कहते हैं।

fabrication techniques may be classified into two groups

1- वे techniques जो material को approximate shape देती हैं।
As :- Casting, rolling, forgig, welding etc.
2 - वे techniques जो accurate dimension तथा निश्चित design surface finish करती हैं। As :- Shaping, milling, drilling etc.

Equipment Classification → 2011

Chemical equipment का classification particular type के unit operation पर निर्भर करता है, इसलिए प्रत्येक equipment को किसी unit operation के अनुसार design किया जाता है।
As :- Distillation, evaporation, Solid - liquid separation etc.

Equipment का Classification तीन group में किया जाता है

1. **Pressure Vessel Group** → इस group के equipment की main body cylinderical होती है। इन्हे इस प्रकार design किया जाता है कि different load conditions, temp. and pressure पर आकार समान बना रहे।

Scanned by CamScanner

Hindi Tech Notes
Www.hinditechnotes.com

-:OM:-

PROCESS EQUIPMENT DESIGN

SYLLABUS :→

1. Basic Consideration in Process Equipment Design :→

Introduction, General Design Procedure, fabrication techniques, Equipment classification, Power of Rotational Motion.

2. Design Consideration :→

Introduction, Material Selection, Corrosion Preventation, Stress created due to static & dynamic loads, Elasticity, instability, Combined Stress and theories of failure, Fatigue, Brittle fracture, Creep, Temp. Effect, Radiation effect, effects of fabrication method, Economic Consideratio

3. Power Requirement of Pump :→

Problems related calculation of horse power, N.P.S.H. for flow of incompressable fluids.

4. Pressure Vessels :→

Selection of Type of Vessels, causes of failure of vessels, Method of fabrication, Type of formed heads Stress in thin shells subjected to internal pressure, Longitudinal and circumferential Stress, Joint efficiency and corrosion allowance, Crown and Knuckle radius, Problems relating calculation of Shell thickness of cylindrical and spherical shells, Thickness of torispherical heads subjected to internal as per I.S. code.

Scanned by CamScanner

5. Distillation Column →

Preparation of equilibrium diagram, Problems relating calculation of theoretical plates at a given reflux ratio, and total reflux, Minimum reflux ratio, feed Plate location, By Mccabe - thiele methods for separation of ideal binary mixtures, Derivation of q-line equation.

6. Heat Exchanger and Condensers → (H.T.O' Book)

Problems relating calculation of L.M.T.D., Individual and overall Heat transfer coeffecients, Number of Tubes, Nmber of passes, Heat transfer coefficient for condensing vapour by Wilson's plot.

7. Evaporators →

(MTO Books)

Problems relating calculation of heating Area, Steam requirement, Steam economy for Single and Double effect evaporators, Methods of feeding Evaporators and effect of boiling point Rise [B.P.R.] and Hydrostatic Head.

Ankit Chaudhary

Hindi Tech Notes
Www.hinditechnotes.com

Scanned by CamScanner

2- Structural Group :- इस group में वे equipment आते हैं जो केवल dead-load को सहारा देते हैं। सामान्यतः Stationary होते हैं तथा ये elastic और Structure के Structural Section के बने होते हैं तथा ये Condition Satisfy करते हैं। As:- Filters, Dryers.

3- Group involving Rotational Motion :- इस प्रकार के equipment वही use होते हैं जहाँ Process में Rotational motion आवश्यक होती है। इसमें Drive System & Power Supply main features हैं। As:- Mixers.

Power for Rotational Motion :-

Rotational Motion का निर्धारण Power requirement के द्वारा होता है। Equipment के Mechanical operation के analysis के द्वारा main horse power का निर्धारण होता है। Horse Power का निर्धारण Motor Shaft पर Torque and Speed requirement के पदों में होता है।

Torque :- Torque की value condition of work के अनुसार बदलती है

[A] Starting Torque :- इसकी आवश्यकता Static friction को overcome करने तथा Motion Produce करने के लिए होता है।

[B] Accelerating Torque :- इसकी आवश्यकता start equipment को full speed तक accelerate करने के लिए होता है।

[C] Running Torque :- Equipment को normal condition पर निश्चित गति से चलाने के लिए इसकी आवश्यकता होती है।

उक्त सभी प्रकार के Torques के आधार पर विभिन्न प्रकार के mechanical loads को Classify कर सकते हैं -

1- Friction Load :- इस प्रकार के load में torque requirement के लिए main component static or dynamic friction responsible होती इस प्रकार के loads वाले equipment conveyer, grinder, Rotating [illegible]

Hindi Tech Notes
Www.hinditechnotes.com

Scanned by CamScanner

II. Fluid Viscocity Load → इस प्रकार के Load में Torque के लिए fluid की layers के बीच viscous friction responsible होता है। इस प्रकार के load वाले equipment Agitator, fans, pumps etc. हैं।

III. Accelerating Load → कुछ निश्चित load में accelerating torque काफी अधिक friction उत्पन्न करता है। इस प्रकार के equipment cranes, elevators etc. हैं।

Speed →

जब equipment rotatory motion में चलता है तो इसकी speed कई प्रकार की होती है --

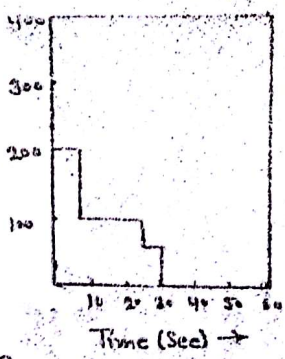
1- Constant Speed
2- Two or three specified speed
3- Variable Speed.

Horse Power →

Horse power can be calculated by following eqn:

$$H.P. = \frac{2\pi NT}{75 \times 60}$$

where, T - Torque in Kg-mt
N - Rotation per minute (R.P.M.)



किसी equipment के operation के दौरान load condition के अनुसार torque तथा Speed दोनों समान Speed रूप से बदलते है। इसलिए Horse Power duty cycle को draw करना आवश्यक है। इसकी help से maximum power तथा prime mover की rotating power को निश्चित रूप किया जा सकता है। जिसका उपयोग electric motor or turbine में किया जाता है।

Hindi Tech Notes
Www.hinditechnotes.com

Scanned by CamScanner

Hindi Tech Notes
Www.hinditechnotes.com

Hinditechnotes.com

CHAPTER-2

Design Consideration

Introduction :→

Designing करने के लिए जो factor प्रयुक्त किये जाते हैं उनके प्रभाव से, एक दूसरे के Combination को individually जानना आवश्यक है/क्योंकि final Design इन factors के Proper application पर Depend करता है। किसी Component के लिए संतोषजनक Design Consideration factors निम्न हैं—

1- Material Selection
2- Corrosion Prerentation
3- Stresses created due to static and dynamic loads.
4- Elasticity Instability
5- Combined Stress and theories of failure
6- Fatigue
7- Brittle Fracture
8- Creep
9- Temprature effect
10- Radiation effect
11- Effects of fabrication Methods.
12- Economic Consideration.

Material Selection :→

Chemical Industry में किसी Machine या equipment की design के लिए Suitable material की आवश्यकता होती है। इस Suitable का Selection उसकी Various properties को जानकर किया जाता है।

Mechanical Properties of Material are elastic limit, toughness, ductility, strength and hardness. The basic properties of material are composition structure, Sp. Weight, thermal Conductivity, and Corrosion Resistance.

Material of Construction :→ Materials of Construction may be

Scanned by CamScanner

Hinditechnotes.com

1. Metals :-

There are two types of metals :-

[A] Ferrous metals

[B] Non-Ferrous metals

[A] Ferrous Metal :-

Carbon की Precentage के आधार पर Ferrous metals को तीन भागों में बाँटा जा सकता है -

(i) Wrought Iron :- इसमें 2.5 to 4.5% Carbon होता है। यह दो प्रकार का होता है।

(ii) Grey Cast Iron :-

(i) Wrought Iron :- इसमें अल्प मात्रा में Carbon व Mn होता है। Atmospheric Corrosion में resistance का अच्छा कार्य करता है। इसका use steam Supply, Pipe line, heating Coils में होता है।

(ii) Cast Iron :- इसमें 2.5 to 4.5% Carbon होता है। यह दो प्रकार का होता है।

(a) Grey Cast Iron :- इसका Hardness number 150-240 होता है। Acid तथा Acid Solution के प्रति यह संक्षारित होता है। यदि कोई Acid किसी temp. पर 30% Concentration Show करता है तो grey cast iron को संक्षारित नहीं कर सकता है। इसका use pump, valve, special piping, acid cooler आदि में होता है। इसकी Compressive Strength Tensile Strength की तीन या चार गुनी होती है।

(b) White cast Iron :- इसकी क्षणभंगुर प्रकृति के कारण कभी ≥ use किया जाता है। इसका Production grey cast iron को chilled करके किया जाता है। इसका use grinding machine के gear, wheel pulley आदि में किया जाता है।

(iii) Steel :- इसमें Carbon 0.05 - 2.0% तक होता है। इसके अतिरिक्त Phosphorus, Sulphur, Silicon, तथा Mn भी होता है। यह Steel Plain Carbon Steel के नाम से जानी जाती है।

Scanned by CamScanner

Hindi Tech Notes
Www.hinditechnotes.com

Hinditechnotes.com

[a] Low Carbon Steel :→ इसमें कार्बन 0.05-0.3% तक होता है। Chemical equipment बनाने में इसका use large scale पर किया जाता है। इसका उपयोग Pressure vessels, pipe etc. में होता है।

[b] Medium Carbon Steel :→ इसमें कार्बन का amount 0.3-0.5% तक होता है। इसका use fabrication of Shaft, Spring, gear, bolt Section में होता है। Percentage of carbon Strength & hardness को improve करती है

[c] High Carbon Steel :→ इसमें कार्बन की मात्रा 0.5% to 2.0% तक होती है यह Low & Medium carbon Steel से अधिक मजबूत तथा कठोर होती है इसका use cutting tools आदि बनाने में होता है।

Alloy Steel :→ Steel में उसकी Properties को improve करने के लिए कुछ तत्व मिलाये जाते हैं, Such Steel is called Alloy Steel. A number of elements such as nickle, chromium, Silicon, Magnese, tunguston, Molybdenum, cobalt and titanium are used as alloying elements. इसे दो भागों में बाँट सकते हैं :-

[a] Low alloy Steel :→ इसमें Ni, Mg, Cr, etc. की मात्रा 10% से कम होती है। इसके Silicon 3%, Chromium 5% होती है। यह better corrosion resistant है। इसका mostly use pressure vessel बनाने में किया जाता है।

[b] High alloy Steel :→ यह दो प्रकार से बना होता है, पहले में 13-17% chromium होता है, इसे Chromium steel कहते हैं। दूसरे में 18-25% Cr तथा 8-20% Nickle होता है, इसे Chromium-Nickle Steel कहते हैं। इसका Use storage tank, reactor, distillation column, heat exchanger, pump, filters etc. बनाने में किया जाता है।

Scanned by CamScanner

Hindi Tech Notes
Www.hinditechnotes.com

Rubber :→

Natural & Sythetic Rubbers are primarily used as linnings for chemical equipments. कुछ दूसरे components जैसे, gaskets & bushes भी Rubber से बनाये जाते हैं। Natural Rubber Dilute acids, alkalis and Salts के लिए resistance का कार्य करता है। लेकिन यह oxidizing media, oils & Benzene से effected होती है। कुछ important synthetic rubber Neoprene, Nitrile, butyle, Silicone, viton and urethane हैं। यह Stirrers, fans, centrifuge baskets, pumps, valves, pickling rats आदि में use होती है।

Plastic :→

Plastic का use thermal & electrical insulation में होता है। इसमें weak acids तथा salt Solution के लिए excellent resistance का गुण पाया जाता है। ये दो प्रकार की होती है—

(i) Thermoplastic :→ Most common thermoplastics are, cellulose acetate, Polyethylene, polystyrene, Polypropylene, nylon, methacrylate etc. इनका use मुख्यत: reaction vessels, storage tanks, gas washing towers, ducting, Ventilating systems, fans, pipes, gaskets etc.

(ii) Thermosetting Plastic :→ Main thermosetting Plastics are phenol phormaldehyde, urea formemaldehyde, Polyester, epoxy resins सामान्यत: ये plastic दूसरों की तुलना में hard होती है। Plastic को melt करके desired shape प्राप्त कर सकते हैं। इनका use मुख्यत: fabrication of pipe & fittings, ducts, vessel & tanks आदि में करते हैं। Laminates can also be formed.

Scanned by CamScanner

Hindi Tech Notes
Www.hinditechnotes.com
Hinditechnotes.com

Corrosion Prevention :→

Corrosion Chemical & allied industries में equipments में breakdown होने का सबसे बड़ा कारण है। चूंकि Chemical industries में maximum equipments Ferrous & Non-ferrous Metal से बनाये जाते है। अधिकांश धातुओं में corrosion penetration rate वार्षिक 0.12 mm से कम हो तो संतोषजनक है। यदि Corrosion 35% होतो Chemical industries में general corrosion कहलाता है। Corrosion से धातुओं से धातुओं का क्षय होना अत्यधिक हानिप्रद है। इससे बचने की निम्न विधियाँ हैं—

1. Material Selection →

Material ऐसा होना चाहिए जिसका fabrication of equipment large हो और दिये गये environment में वह अच्छी Corrosion resistance रखता हो तथा वह अधिक Fabricability तथा strength वाला हो। उसकी availability आसान व cost कम हो। Generally corrosion resistant material महंगे होते हैं, अतः Material इस प्रकार का होना चाहिए कि उसकी first cost and maintenance cost के बीच एक balance होना चाहिए।

2. Anodic & Cathodic Protection →

असमान metals को intimate contact या किसी Conductivity path से तभी जुड़ा होना चाहिए जब यह System design के लिए आवश्यक हो, तथा असमान materials emf. series में पास-पास होने चाहिए। यदि non-compatible metal की joining avoid करने योग्य न हो तो उनका dielectric separation insulating gaskets व protective coatings से करते है।

Scanned by CamScanner

3. Engineering Design of Component →

धातु का संक्षारण equipment की बनावट व आके design पर निर्भर करता है। Appropriate shape of component, concentration of Stresses due to loading, the surface condi... and fabrication, कुछ main points हैं जो corrosion रोकने में सहायता करते हैं। Equipment इस तरह Design किया जाना चाहिए जिससे कि Concentration cells and crevice corrosion को avoid किया जा सके। Crevice corrosion को bolt joint or reveted के स्थान पर welded joint करके रोका जा सकता है। Equipment का design इस होना चाहिए कि उसमें नोकदार कोने न हो क्योंकि इससे ठोस कणों के जमाव की संभावनाएं ज्यादा होती हैं।

4. Control of Proces Environment →

Equipments में Corrosion का मुख्य कारण धातुओं पर वातावरण या माध्यम का प्रभाव भी है। यदि माध्यम से हानिकारक अवयव निकाल दिये जायें अथवा कुछ ऐसे chemicals मिला दिये जाएं जो Corrosion करने वाले अवयवों के प्रभावों को समाप्त कर देते हैं, तो Corrosion कम किया जा सकता है। Corrosion के लिए उत्तरदायी माध्यम जैसे वायु या जल आदि में उपस्थित O_2 होती है। इसलिए यदि माध्यम में घुली O_2 को Sodium Sulphide अथवा हाइड्रेजीन (N_2H_4) द्वारा दूर किया जाये तो Corrosion की सम्भावनाएं कम हो जाती हैं।

5. Protection Method →

Protection Method के अंतर्गत surface को ... cathodic or anodic polarization से separate करते हैं। इसके लि... coating, linning, sealing, enveloping, insulation, and tempora... protectives [Oil, grease] etc. का use करते हैं। Corrosion Con... करने के लिए inhibitors का use भी करते हैं। Inhibitor, वे पद... जिन्हे medium में थोड़ी मात्रा मिला देने पर chemical attack क... को कम कर देते हैं। Inhibitor organic or inorganic हो सक... Inorganic inhibitors में क्षार व क्रोमेट मुख्य हैं तथा Organic inhibitors में जैविक व वनस्पति पदार्थ प्रयोग में लाये जाते हैं।

Scanned by CamScanner

Stress created due to Static and Dynamic Loads :→

Stres due to Static loads :→

Direct Stress :→

Tension or Compression $f_t = \frac{W}{A}$

Shear in Single Plane $f_s = W/A$

Shear in Two Plane $f_s = W/2A$

Bearing or Crushing Stress $f_b = \frac{\text{force of Crushing}}{\text{Area of Contact}}$

where, W → Applied load
A → Area of Cross Section
f_s → Shear Stress
f_t → tensile of Compression Stre
f_b → Stress in bearing

Strain :→

Tensile Strain $\varepsilon_t = f_t/E$

Shear Strain $\varepsilon_s = f_s/G$

where, ε_t & ε_s → Strains
E → Modulus of direct Elasticity
G → Modulus of Rigidity
f_t & f_s → tensile Stress and Shear Stress.

Thermal Stress :→

$E = \frac{\text{Stress}}{\text{Strain}}$ = Modulus of Elasticity

$\Delta l = L \alpha \Delta t$, Therefore, $f = E \alpha \Delta t$ = thermal Stress

where. Δl – increase in length due to increase in temp.
L – Original Length
α – Coefficient of Linear expansion
Δt – increase in temp.
f – Stress created if the expansion due to temp. is

Scanned by CamScanner

Stress caused by Bending →

Bending is caused by forces acting normal to the axis of the beam. In such case the of the stress on the cross-section of the beam is not uniform.

A relation between the moment of resistance and shear stress can be written as:-

$$\frac{M}{I} = \frac{f}{y} \text{ or } M = \frac{fI}{y} = fZ$$

where, M – Bending moment (झुकाव)

I – Second moment of the area of cross section about the neutral axis.

f – tensile or compressive bending

y – distance from the neutral axis to the point where the stress f to be determined.

Z – I/y is known as Section Modulus.

Stress caused by Torsion →

Component subjected to torque are exerted by torsion shear stress which act tengentialy over this cross section.

The relation between torque and shear stress for circular section is: $\frac{T}{I_p} = \frac{f_s}{\gamma} = \frac{G\theta}{L}$

$$T = \frac{f_s I_p}{\gamma} = f_s Z_p$$

where, T – Torque applied, I_p – Polar second moment of area.

γ – radius of circular Section,

G – Modulus of rigidity.

θ – Angle of twist over length L

l – length of Section under Torsion.

Z_p – Polar Modulus of Section,

f_s – Shear Stress.

Scanned by CamScanner

Stress in Struts →

Components which are under axial compression are known as Struts.

Short Struts - $P = f_c A$

Where, P – external load
f_c – compressive Stress
A – Area of cross section normal to the load.

In these struts slenderless ratio is about 10.

Long Struts, $P = a\frac{\pi^2 E I}{l_e^2}$

where, a — a constant.
p — external load.
E — modulus of Elasticity
I — Second moment of area of cross section.
l_e — effective length of strut.

Intermediate Struts,
Rankine Gordon formula -

$$P = \frac{f_c A}{1 + a(l_e/k)^2}$$

Johnson's Parabollic formula

$$P = f_c A\left[1 - b(l_e/k)^2\right]$$

a & b are constant depending on the condition of Load.

Stress in flat Plates — Solid circular Plate :-

[a] Uniformly loaded, edge freely supported.

The stress on the center of plate equal to-

$$f = \frac{3pR^2}{8t^2}\left(\frac{3\mu+1}{\mu}\right)$$

where, f — maximum Stress
p — Uniform load
R — Radius of Plate
t - thickness of Plate
μ - Poisson's ratio

Scanned by CamScanner

[b] Uniformly loaded plate and fixed at the edges :-

The stress at the center surface of the plate -

$$f = \frac{3}{8} \frac{pR^2}{t^2} \left(\frac{\mu+1}{\mu}\right)$$

Stress at circumfrence is

$$f = \frac{3}{4} \frac{pR^2}{t^2}$$

[c] Perforated Plate :-

The maximum stress in a perforated plate is given by :-

$$f_{max.} = \frac{\text{Max. Stress in a Solid Plate}}{\text{ligament efficiency}}$$

The ligament efficiency depends on the arrangement of the holes. for Pitch (P) and hole(d),

$$\text{ligament effeciency} = \left(\frac{P-d}{P}\right)$$

[d] Rectangular Plate :-

Uniformly loaded and supported at its perimeter, max Stress

$$f_{max.} = \frac{pb^2}{2t^2} \left(\frac{1}{1+b^2/a^2}\right)$$

where, p - Uniformly distributed load.

t - thickness of Plate.

a,b - two sides of the Plate.

Thin Cylinder under internal Pressure :-

Stresses are produced in three direction -

Circumfrential or hoop Stress. $f_h = \frac{pD}{2t}$

Longitudanal or axial Stress $f_a = \frac{pD}{4t}$

The radial stress is small and can be neglected.

where, p - internal Pressure

D - internal Diameter

t - thickness

Scanned by CamScanner

The spherical Shell under Internal Pressure :→

In this case both the stresses are equal.

$$f_p = f_a = \frac{PD}{4t}$$

Thick Cylinder under internal Pressure :→

The stresses in the radial and circumfrential directio vary with the cross section. The axial Stress is Constant.

$$f_R = A - \frac{B}{R^2}$$

$$f_p = A + \frac{B}{R^2}$$

$$f_a = \frac{P R_i^2}{(R_2^2 - R_i^2)}$$

where,
A, B - Constant
R - any Radius
P - Internal Pressr.
R_1, R_2 - Internal & externe radius.

Thick Spherical Shell :→

Radial Stress is given by

$$f_R = A - \frac{B}{D^3}$$

Circumfrential or Hoop Stress is given by

$$f_p = A + \frac{B}{2D^3}$$

where, A, B — Constant
D — Diameter of Shell.

Dynamic Stresses :→

Stresses Produced by variable loads changing in magnitude and direction are termed as dynamic Stresses. These may be divided into two groups :-

(a) Those Produced by external forces.

Scanned by CamScanner

Stresses in Rotating Rims and Disks :-

(a) Rotating Rim :-

Circumfrential or hoop stress

$$f = \rho \omega^2 r^2$$

where, ρ - density of rim material

ω - angular velocity of rim

r - radius at which Stress is determined.

(b) Rotating Disks :-

Circumfrential Stress,

$$f_y = \frac{\rho \omega^2}{8\mu} \left[(3\mu+1) r_0^2 - (\mu+3) r^2 \right]$$

Radial Stress,

$$f_r = \frac{\rho \omega^2}{8\mu} \left[(3\mu+1) (r_0^2 - r^2) \right]$$

where, μ - Poisson's Ratio

r_0 - Max. radius

r - radius at which the stress is determined.

ρ - density of disk material

ω - angular velocity of disk.

Impact Stresses :-

If a moving body strikes another body the Second body is subjected to an impact, which is equal to the kinetic energy of the moving body. In the case of rod when a weight W falling from the height h strikes the rod, the stress in the rod is :-

$$f = \frac{W}{A} \left[1 + \frac{2hEA}{WL} \right]$$

where, A - Area of Cross Section of rod,

E - Modulus of elasticity, L - Length of rod.

Scanned by CamScanner

Elastic Instability ↦

This is produced in component by loading conditions are compression, bending or Torsion or by a combined effect of such conditions. This is divided into 3 Parts:-

(1) In case of long Column -

Critical Stress, $f_{cr} = \frac{K_1 E}{2} \cdot \frac{A}{l^2}$

(2) In case of tube or thin cylinderical shell - with axial load :-

$$f_{cr} = \frac{K_2 E}{\sqrt{3(1-\mu)^2}} \; \frac{t}{D/2}$$

(3) In case of cylinderical shell with external pressure :-

Critical Pressure, $P_{cr} = \frac{E}{2(1-\mu^2)} \left(\frac{t}{D/2}\right)^3$

Critical Stress $f_{cr} = \frac{P_{cr} \cdot D}{2t}$

where,
- f_{cr} - Critical Compressive Stress
- K_1 - End condition factor
- A - Area of Cross Section
- l - length of column
- E - Modulus of Elasticity
- K_2 - factor to accomnt for initial imperfections
- t - thickness of Cylinder
- D - diameter of thin cylinder
- P_{cr} - Critical Pressure
- μ - Poisson's Ratio

Combined
RAHUL-BAGHEL

Combined Stress and theories of failure ↦ 2011

उन अवयवों के लिए जो Combind Stress प्रदर्शित करें है, एक procedure establish करना पड़ता है जो yield stress से related होता है। यह yield Stres test of material पर depend करता है। कुछ Procedures में Material fail होता है।

Scanned by CamScanner

[4] Strain-Energy Theory :→

इस theory के अनुसार failure will occur, यदि combind Stress के कारण stored strain energy, Simple Compression or tension में yield point पर Strain energy की value तक पहुँच जाती है।

$$\frac{1}{2E}\left(f_{RN_1}^2 + f_{RN_2}^2 + f_{RN_3}^2\right) - \frac{\mu}{E}\left(f_{RN_1}f_{RN_2} + f_{RN_2}f_{RN_3} + f_{RN_3}f_{RN_1}\right) = \frac{f_y}{E}$$

where, f_{RN_1}, f_{RN_2}, f_{RN_3} – Resultant Normal Stress in 3 directions.

μ – Poisson's Ratio

E – Modulus of Elasticity

Fatigue :→

जब किसी Material पर कोई cyclic load डाला जाता है तो प्रारम्भ में एक small crak होता है जिसके enlarge से Material fail हो जाता है। This failure of material represented as fatigue. इसलिए यह आवश्यक है कि range of stress निर्धारित किया जाये जो कि Material पर बिना failure के कई बार apply किया जा सके। यही endurance limit के नाम से जाना जाता है। यह endurance or fatigue limit reversed stress तथा ultimate static stress का अनुपात होता है। अतः fatigue failures को change in shape and eliminating of sharp corners के द्वारा avoid किया जा सकता है।

Factors which influence fatigue are:-

[a] Material factors.
[b] Types of loading.
[c] Size of the number.
[d] Surface finish.
[e] Stress risers.
[f] Surface Stressing.
[g] Corrosion.
[h] Temprature.

The endurance limit for-

① stell with hardness less than 400 (BHN) (at 10^6 cycle) — 0.4

Brittle Fracture :-

Brittle fracture हुआ yield point से नीचे nominal Stress पर भी उत्पन्न हो सकता है। यह अचानक बिना किसी पूर्व indication के उत्पन्न हो सकता है। Ductile material are likely to fail due to brittle fracture under the following conditions :-

[a] Presence of a deffect of sufficient size or notch.
[b] High localissed stresses in the vicinity of the notch.
[c] Operation to sufficiently low temp.
[d] Wrong Selection or treatment of material.

Ex- carbon steels are brittle below -20°C temp. the material becomes brittle similarly, due to low temp.

Creep :-

कुछ Material जैसे- Thermoplastic, lead, etc. समान स्थिर Room temp. पर लगातार विरूपण होता है। इस प्रतिबल के साथ इनमें धीरे-2 एक Stress, से विरूपण को Creep कहते हैं। Creep generally High temp तथा time का function है। Metals में Creep Creep Stress से जुड़ा होता है। साधारणतया temp. में small increase से में large reduction होता है।

Temprature effect :-

Generally ताप वृद्धि के कारण Material की Strength Modulus of elasticity, hardness आदि में कमी आ जाती है। यद्यपि ताप वृद्धि के कारण बढ़ जाते हैं। Creep तथा Stress temp. में वृद्धि का कारण है। अतः Component का design करते समय इन temp. ranges का ध्यान रखना आवश्यक है।

Radiation effect :-

Neuclear Reactor vessels are subjected to material irradiation due to nutrons bombardment from the core Neutrons को fast Neutrons तथा thermal neutrons में classfied किया गया है। fast Neutrons material की परमाणु संरचना को जबकि thermal neutrons material की properties को change करते हैं। इस प्रकार material पर radiation का effect पड़ता है। Radiation effect के कुछ उचित परिणाम yield point तथा tensile Strength का बढ़ना Ductility का घटना है।

Effect of fabrication Method :→

Fabrication Process जैसे casting, hot and cold rolling sheet forming, welding आदि stress को बढ़ाते हैं तथा Material का properties को change कर देते हैं। Cold forming operation में Material के yield point से ऊपर stretching से इसकी hardness बढ़ती है तथा ductility व toughness कम होती है। इसे strain or work hardening कहते हैं। Work hardening तथा residual stress को anneling तथा normaling जैसे heat treatment द्वारा हटा सकते।

Economic Consideration :→

बहुत से Components में designer सबसे पहले Material का Selection करता है। तथा fabrication method तय करता है। फिर cost of material तथा Cost of fabrication का estimate तैयार करता है। Cost of fabrication का estimate साधारणतया Material Cost से 1.5-10 गुना होना चाहिए। fabrication cost के अन्दर cost of several operations, material preparation cost, processing and jointly action cost, finishing cost आदि आते हैं। Volume of Production, cost consideration का एक महत्वपूर्ण तथ्य है। यह तय होना चाहिए कि production के लिए क्या Method use करना है। अन्य Cost factors inspection, packing व transport हैं।

Process equipment का cost estimation cost-size relationship के द्वारा प्राप्त किया जा सकता है –

$$\text{Cost} = K(A)^n$$

where, A is the characteristic size measurement such as volume area or horse power.

K- Constant, the value of cost when A is unity.

Scanned by CamScanner

CHAPTER – 4 :–

–: Pressure Vessels :–

Selection of Type of Vessels :–

Generally pressure vessels domed ends वाले spherical or cylindrical vessels होते हैं। ये Vessels liquids & gases को handle करने में use होते हैं। इनमें opening तथा nozzles fit होते हैं। इन vessels को support करने के लिए बहुत से method use किये जाते हैं। Heat exchanger को भी vessel मानते हैं, जिसमें tube, valve के माध्यम से ऊष्मा संचरण की व्यवस्था होती है।

Selection of vessel इस condition पर depend करता है कि किस प्रकार का operation operate किया जा रहा है। There are several types of operations, operated in chemical Industries. For these operations several types of vessels are used. For example, in those operation, where heat transfer take place into two bodies, there heat exchangers are used.

Types of Vessels used :–

There are mainly two types of vessels used.

1. Storage Vessels.
2. Pressure Vessels.

1. Storage Vessels :–

Storage vessels ऐसे vessels होते हैं, जिसमें production, transportation & refining के बीच के interval में liquid तथा gas product को store किया जाता है। यह storage atm. pressure पर किया जाता है। अतः इस प्रकार के vessel की fabrication cost अधिक नहीं होती है। Vessel बनाने से पूर्व liquid के गुणों के आधार पर tank के material का Selection किया जाता है।

Scanned by CamScanner

2. Pressure Vessels :→

Pressure vessels का use सामान्यतः ऐसे Products को store करने में करते हैं, जिन्हे atm. pressure से अधिक pressure पर store करना हो। सामान्यतः shape के आधार पर pressure vessel दो प्रकार के होते हैं —

I. Cylindrical Shells :→ Cylindrical shell का use ऐसे liquid को store करने में किया जाता है, जिसका pressure medium होता है। क्योंकि हम जानते हैं कि यदि tank में अचानक दिशा बदल दी जाये तो उस समय fail होने के chances अधिक होते हैं किन्तु cylinderical shell में यह दिशा अचानक change नहीं होती, जिससे medium pressure पर tank आसानी से use कर सकते हैं।

II. Spherical Shells :→ इस प्रकार के shell का use high pressure के fluid को store करने में किया जाता है। क्योंकि इसकी direction धीरे-2 change होती है। अतः यह tank easily high pressure bear कर लेता है। इस प्रकार के vessel का उपयोग high pressure पर gases तथा more volatile liquids को store करने में किया जाता।

Stresses in thin shells Subjected to internal Pressure :→

1. **Cylinderical :→** यदि कोई tank जिसमें internal pressure है तो उसके कारण shell की thickness में stress उत्पन्न होता है। जो stress circumference पर उत्पन्न होता है उसे circumferential stress तथा जो stress shell की दिशा में उत्पन्न होता है उसे longitudinal stress कहते हैं।

$$\text{Circumferential Stress},\ f_p = \frac{pD}{2t}$$

$$\text{Longitudinal Stress},\ f_a = \frac{pD}{4t}$$

where, p → Internal Pressure

D → mean Dia of Shell

t → thickness of Shell

ऊपर दोनों stress tensile हैं। चूंकि circumferential Stress का मान ज्यादा होता है, इसलिए इसे Design Stress की तरह use करते हैं।

So, Design or Permissible Stress $f = \frac{pD}{2t}$

Shell साधारणतया longitudinal direction में एक joint द्वारा प्राप्त किया जाता है, जिसे efficiency के terms में लिया जाता है। अतः thickness of shell,

$$t = \frac{pD}{2fJ}$$

for inside Dia, $t = \frac{pD_i}{2fJ - p}$ for Outside Dia, $t = \frac{pD_o}{2fJ + p}$

where, $p \rightarrow$ Design Pressure $D_i \rightarrow$ internal Diameter
$J \rightarrow$ Joint efficiency $D_o \rightarrow$ outside Diameter
$f \rightarrow$ Design Stress

2. Spherical Shell →

जब Shell spherical हो तो इस समय उत्पन्न होने वाले दोनों Stress बराबर होते हैं तथा Longitudinal Stress के बराबर होते हैं।

So, $f = \frac{pD}{4t}$

And thickness of Shell,

$$t = \frac{pD}{4fJ}$$

for internal Dia, $t = \frac{pD_i}{4fJ - p}$ for outside Dia, $t = \frac{pD_o}{4fJ + p}$

Thickness of Storage tank →

Storage tank के लिए plate की thickness मुख्य रूप से Hydrostatic pressure के ऊपर depend करती है, इसकी calculation निम्न प्रकार से करते हैं:-

यदि tank में liquid की density ρ तथा tank की ऊंचाई H है-

internal Pressure, $p = \rho(H - 0.3) \times 10^{-2}$ p in kg/cm^2, ρ in kg/cm^3

Scanned by CamScanner

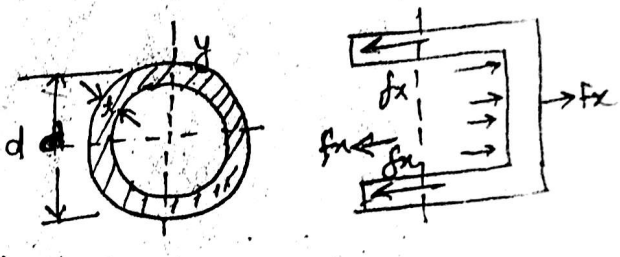
"Imp"

* Stress in thin shells subjected to Internal pressure :- यदि कोई tank जिसमे Internal pressure है तो उसके कारण shell की thickness पर दो stress उत्पन्न होती है।

(i) ~~Circum~~ Longitudinal stress :- जो stress shell की दिशा मे उत्पन्न होती है longitudinal stress कहते है। सन्तुलन की अवस्था मे दाब के कारण कुल दाब बल, तथा प्रतिबल के कारण बल equal ~~होना~~ होने चाहिए।

let

P = Internal pressure



D = diameter of shell

t = ~~sh~~ thickness of shell

$\left(p = \frac{F}{A}\right)$

cylinder के Internal pressure (P) के कारण लगने वाला 'F_x' है तो -

F_x = P × सिरे का क्षेत्रफल

$$F_x = P \times \frac{\pi}{4} d^2 \quad \text{——} \; ①$$

प्रतिबल f_x के कारण बांयी ओर कुल force भी F_x ही होना चाहिए।

F_x = f_x × खोल की काट का क्षेत्र

$$F_x = f_x \times \pi \times d \times t \quad \text{——} \; ②$$

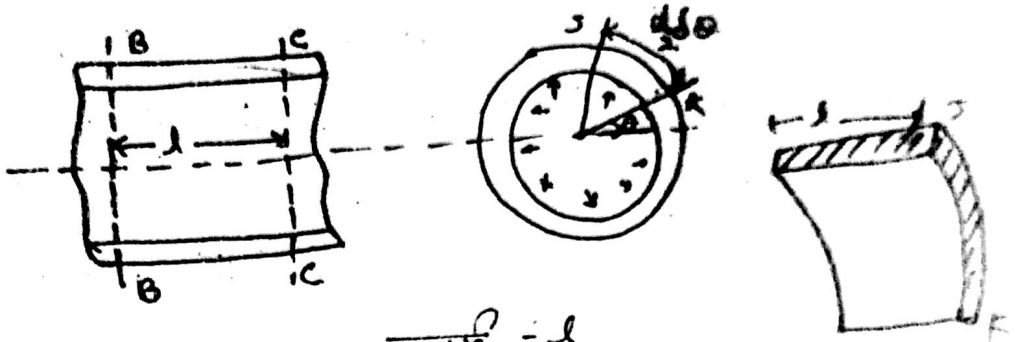
eq ① & ②

$$f_x \, \pi \, d \, t = P \frac{\pi}{4} d^2$$

$$\boxed{f_x = \frac{Pd}{4t}}$$ longitudinal stress

Scanned by CamScanner

2. Circumferential or Hoop stress:-



let खोल की लम्बाई $= l$

JK भाग की चौड़ाई $=$ JK $\cdot \frac{d}{2}\delta\theta$

$A =$ Area $= \frac{d}{2} \times \delta\theta \times l$

इस Area पर कुल pressure p लगता है।

$\delta F = p \times \frac{d}{2} \times \delta\theta \times l$

$\because \delta\theta$ बहुत कम है अतः δF

का भी क्षैतिज से झुकाव θ मानते हैं।

horizontal Component $= \delta F \cos\theta$

vertical Component $= \delta F \sin\theta$

Diameter से ऊपरी भाग पर $\delta F \cos\theta$ ... का

जोड़ $= \int_0^{\pi} \delta F \cos\theta$

$= \int_0^{\pi} p \times \frac{d}{2} \times l \cos\theta \, d\theta$

$= \frac{pdl}{2} \int_0^{\pi} [\sin\theta]_0^{\pi}$

$= \frac{pdl}{2} (0-0) = 0$

Scanned by CamScanner

$\delta f \sin\theta$ जैसे घटकों का जोड़ -

$$= \int_0^{\pi} p \times \frac{d}{2} \times l \sin\theta \, d\theta$$

$$= \frac{pdl}{2} \int_0^{\pi} \sin\theta \, d\theta$$

$$= \frac{pdl}{2} \left[-\cos\theta\right]_0^{\pi}$$

$$= \frac{pdl}{2} \left[-((-1)-(1))\right]$$

$$= \frac{pdl}{2} \times 2$$

$$= pdl \quad \text{——} \textcircled{1}$$

stress f_y के कारण नीचे की ओर लगने वाला

बल —

$$= f_y \times \text{खोल में काट का क्षेत्र०}$$

$$= f_y \times 2 \times (t \times l) \quad \text{—} \textcircled{2}$$

eq ① & ②

$$f_y \times 2 \times (t \times l) = pdl$$

$$\boxed{f_y = \frac{pd}{2t}}$$

where, H → height from the bottom of the surface under consideration to the top of ~~roof~~ curve angle in Meter.

Plate की thickness, $t = \left(\frac{PD}{2fJ} \times 10\right) + C$

where, t → thickness of shell in mm.

D → Nominal Dia of tank in m.

J → Joint efficiency usually taken as 85%

C → Corrosion allowence in mm.

f → permissible stress in Kg/cm^2

Types of formed heads →

Pressure vessel या Storage tank में किसी भी सिरे को बन्द करने के लिए Cover or heads की आवश्यकता होती है। इसे shell में welded, riveted or bolted किया जाता है। सबसे Simple cover shell diameter के बराबर diameter की flate plate है।

अधिकांशतः cylindrical shell में formed head का use किया जाता है। Dished or formed head को flat head से कुछ निश्चित आकृति देकर बनाया जाता है। formed head को 15 Kg/cm^2 से अधिक pressure पर use किया जाता है। कुछ formed head निम्न हैं —

Flange formed head → 2009

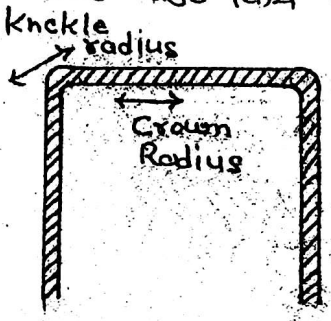
यह सबसे सरल प्रकार का formed head है। इसको बनाने के लिए plate पर उसी radius की flange के साथ fabricate करते हैं। मुख्यतः इसे horizontal cylinderical vessel के सिरे बन्द करने के लिए use करते हैं। Flange head को vertical तथा cylinderical vessel bottom में तथा opening end पर प्रयोग किया जाता है। इसका diameter 20ft से अधिक नहीं होना चाहिए।

(Flared)

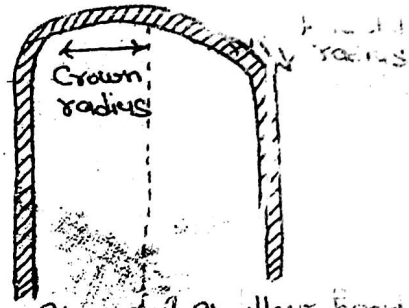
[b] Flange and Shallowed head → (low pressure)

—x—x—x—x—x—x—

यदि Plate को vessel के खुले भाग पर dished कर [illegible] जाये तो इस प्रकार से बना head अधिक pressure सहन कर [illegible] flat plate में dished shape कर दी जाये तो उसमें दो radius प्राप्त होती हैं, एक crown radius जो dish की radius होती है तथा दूसरी knuckle radius, जो कि corner की radius होती है। इसका use pressure vessel के लिए end closing में होता है, जो कि low के लिए use किये जाते हैं।



Flange formed head.

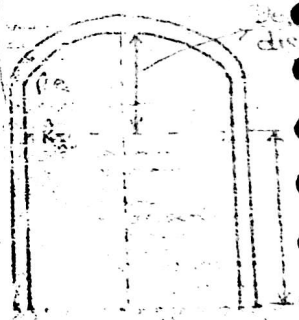


Flange & Shallow head

[c] Flange and Standard dished head →

—x—x—x—x—x—x—x—

यदि dish की radius [Crown radius] shell के outer dia के बराबर या कम हो तो ऐसे head flange and standard dished heads कहलाते हैं।



Knucle radius = At least 6% of inside dia

इसका use भी flange and shallowed heads की तरह ही होता है। इस head की thickness निम्न सूत्र से ज्ञात करते हैं —

Crown radius outer dia Shell.

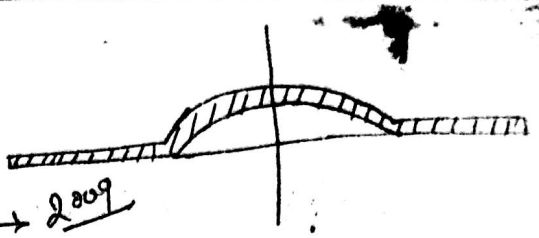
$$t_R = \frac{p R_c W}{2 f J}$$

$$W = \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{R_c}{R_x}}\right)$$

where, p → internal design pressure
W → Stress intensification factor
f → Permissible Stress
J → Joint efficiency

R_c → Crown Radius
R_x → Knuckle Radius

Scanned by CamScanner



[d] Flanged and dished Head → 2009

इस प्रकार के head में Crown radius को metal की thickness से कम से कम तीन गुनी रखते है तथा knuckle radius को inside diameter का कम से कम 6% रखते हैं।

Knuckle radius = At least 6% of inside dia of shell.

इस प्रकार के head का प्रयोग उन Pressure vessel के लिए किया जाता है, जिनका pressure 1-15 kg/cm2 gauge होता है।

The thickness of such head is given by

$t_h = \frac{P R_c W}{2fJ}$ where, $P \rightarrow$ Internal Pressure
$R_c \rightarrow$ Crown Radius
$W \rightarrow$ Stress intensification factor

[e] Elliptical Dished head → formed head

इस प्रकार के ~~Pressure vessel~~ का use उन Pressure Vessels में किया जाता है, जिनमें Pressure 15 kg/cm2 से अधिक होता है।

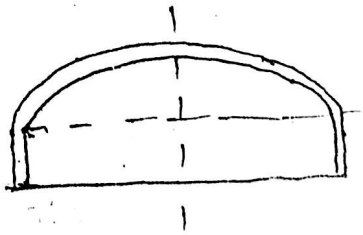
$$\text{Inside depth} = \frac{\text{I.D. of Shell}}{4}$$

$$\text{Thickness, } T_h = \frac{PDV}{2fJ}$$

where, $P \rightarrow$ Internal Pressure
$D \rightarrow$ Major axis of ellips.
$V \rightarrow$ Stress intensification factor

$$V = \frac{1}{6}(2+k^2) = \frac{1}{6}(2+k^2)$$

1.5 N/mm².



Scanned by CamScanner

Fabrication Method :→

साधारणतः fabrication के लिए use होने वाले methods से कुछ निम्न प्रकार हैं—

1. Welding
2. Reveting
3. Forcing
4. Brazing

Ankit Chaudhary*

Welding :→ 200%

जब किसी vessel में अधिक pressure maintain करना है तो उसके fabrication के लिए welding का use करते हैं। Welding यदि सही तरीके से की जाये तो वह joint की plate की तरह कार्य करती है। Welding vessels की efficiency 100% तक होती है। साधारणतः vessel की fabrication के बाद radio graphic test किया जाता है। यदि vessel का पूर्ण रूप से Radio graphic test किया जाये तो उस समय vessel की efficiency वास्तविक रूप से 100% होती है। यदि यदि partially test किया जाये तो अर्थात् vessel के निश्चित बिन्दुओं पर ही Radio graph. test किया जाये तो उस समय vessel की efficiency 80 – 85% तक होती है। साधारणतः welding joint के द्वारा pressure vessel अधिकतम pressure को सहन कर सकते हैं। इसलिए storage tank तथा pressure vessel के fabrication के लिए welding का ही प्रयोग करते हैं। Pressure vessel की design के लिए 200 kg/cm² pressure मानकर ही design करते हैं। इससे अधिक pressure की design करते समय विशेष विधियाँ प्रयोग करते हैं।

Welding joint निम्न प्रकार के होते हैं—

1. **Bult Welded joint :→** Bult Welding के लिए दोनों सिरे पास पास weld करते हैं।

Scanned by CamScanner

2 Lap Joint →

इस प्रकार के जोड़ में दोनों प्लेटों के सिरे एक दूसरे के ऊपर चढ़े हुए होते हैं।

3. Socket joint →

इस प्रकार के joint का उपयोग उस समय किया जाता है जबकि जोड़ने वाली दोनों प्लेटों की मोटाई अलग-अलग होती है। इस joint में Socket का रूप देते हुए plates को जोड़ते हैं। इस प्रकार का use बहुत कम किया जाता है।

इसके अतिरिक्त आवश्यकतानुसार और अन्य किसी भी प्रकार की welding का use किया जा सकता है। यदि steel में 35% cabon हो तो उसे आसानी से weld किया जा सकता है। इसके अलावा यदि किसी अन्य प्रकार की metal हो तो उस पर भिन्न-2 प्रकार की welding rod use करते हैं।

Weld efficiency →

Welding की efficiency weld में allowed stress और उसके सापेक्ष एक plate के द्वारा allowed stress के ratio के बराबर होती है।

$$\text{Welding efficiency} = \frac{\text{Stress allowed by Weld}}{\text{Stress allowed by Plate}}$$

Welding efficiency, Welding के ऊपर depend करती है, परन्तु इसके साथ ratio graphic परीक्षण पर निर्भर करता है।

Revited Joint →

Revited joints निम्न प्रकार के होते हैं—

1. Butt Joint →

Butt joints की efficiency 10-95% के बीच होती है। इसमें भी साधारणतः single cover या Double cover का use करते हैं, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।

2. Lap Joint →

Lap joint की efficiency 50-70% के बीच होता है। इसका use atmospheric pressure पर vessel के लिए करते हैं। इस joint को चित्रानुसार दर्शाते हैं।

Pressure vessels तथा Storage Vessels के Design में केवल welding joints or Revited joints का ही use करते हैं। इसके अलावा अन्य joints का use नहीं करते हैं।

Corrosion Allowance → 2011

जब कभी chemical equipment, chemical components के contact में रहता है तो इस equipment की metal का धीरे-2 क्षय होने लगता है। इसे Corrosion कहते हैं। दूसरे शब्दों में Corrosion वह प्रक्रिया है जिसमें कोई धातु अपने चारों ओर के वातावरण जैसे नमीयुक्त वातावरण, जल या अन्य किसी component के सम्पर्क में रहने पर उसके द्वारा chemical equipment का electro-chemical के प्रभाव से धीरे-2 क्षय होने लगता है।

अतः Corrosion की वजह से Vessels का जीवनकाल कम हो जाता है Corrosion कम करने के लिए बहुत से methods

Methods का use किया जाता है। इन methods में Vessels में एक additional material का use, corrosion कम करने के लिये किया जाता है। Corrosion Allowance में Vessel की Design thickness के ऊपर additional material की thickness भी जोड़ दी जाती है। Chemical industries में carbon steel & Cast iron के बने equipments में Corrosion allowence 1.5 mm तक रखते हैं। Chemical industries, जिनमें corrosion problem ज्यादा होती है, उनमें Corrosion allowance 3 mm तक रखते हैं। High Alloy steel तथा non ferous metals, जो कि under pressure कार्य करते हैं, में Corrosion allowance की आवश्यकता नहीं होती है।

Knuckle and Crown Radius → 2009.

साधारणतया flanged & dished head को बनाने के लिए Plate को dished कर दिया जाता है। जिससे इस head में दो radius बन जाती हैं। 1- जो अधिक होती है, जिसे Crown या dished radius कहते हैं। 2- जो कम होती है तथा दोनों corners पर होती है इसे Knuckle radius कहते हैं।

सामान्यतः flanged dished head को तीन भागों में बाँटा जाता है—

1- Stongest Portion → यह formed head में सीधा portion होता है, जिसकी लम्बाई head के आकार पर निर्भर करती है।

2- Second Portion → Corner के आकार का curve होता है जिसे corner radius या knuckle radius कहते हैं। यह head के दोनों किनारों पर होता है। दोनों किनारे समान होते हैं।

3- Third portion → दोनों कोनों के radius के बीच का भाग होता है तथा यह corner का अधिकांश भाग fulfil करता है।

Knuckle and Crown radius के बारे में कुछ महत्वपूर्ण पद निम्न हैं—

1- Knuckle & Crown radius, sheet की thickness की तीन गुना होती है।

2- Corner radius sheet के internal dia से 10% कम होनी चाहिए।

3- Crown radius sheet के outer dia से अधिक नहीं होनी चाहिए।

CHAPTER-5

:Distillation Column:

Equilibrium Diagram

Vapour-Liquid Equilibrium

Distillation Problems के लिए basic data Vapour and Liquid phase के बीच साम्य है। Vapour-Liquid System में equilibrium Phase rule पर आधारित है। यदि हम कोई binary mixture लेते हैं जिसके Components (C) में दो Phases (P) Liquid & Vapour होती हैं। Phase rule से, intensive variables की संख्या दो होगी, जो कि स्वतंत्र पूर्वक vary करते हैं। Distillation में चार variables होते हैं - temp, Pressure, Liquid phase composition and vapour phase composition. इस प्रकार यदि Pressure fix है तो केवल एक variable liquid phase composition स्वतंत्रतापूर्वक change किया जा सकता है and the temp and vapour phase composition then follow.

Constant Pressure Vapour-Liquid Equilibria

Vapour-Liquid Equilibrium से तात्पर्य ऐसे system से है जिसमें Liquid phase अपनी vapour के साथ साम्यावस्था में हो। Vapour-Liquid Equilibrium System को सामान्यतः Liquid and Vapour phase के more volatile component के mole fraction के terms में represent करते हैं।

Constant Pressure पर Binary Mixture के लिए Vapour-Liquid Equilibrim को निम्न प्रकार से represent कर सकते हैं-

1. The T-x-y diagram or Boiling Point Diagram.
2. The x-y diagram or Equilibrium Diagram.

Boiling Point Diagram :→

This diagram is used to show how the equilibrium vapour and liquid phase composition change with temperature. Suppose, यदि Benzene [more volatile component] and Toluene के Binary mixture को Boil किया जाता है। Point A पर mixture का temp. T_1°C तथा 50% benzene होती है। जब mixture को और Heat दी जाती है तो यह T_2°C temp. पर उबलने लगता है। उबलते हुए mixture से vapour उठती है, जो Binary mixture से उठी vapour B के साथ मिलकर point C पर represent की जाती है। इस vapour में T_2°C temp. पर 91% benzene होती है। Line BC is known as tie line. यदि हम इस vapour को remove करके Condense करते हैं तो प्राप्त liquid को point D से represent किया जायेगा। यदि हम इसे reheat करते हैं तो यह point E पर T_3°C पर उबलने लगेगा। Vapour का first portion जो कि point E की vapour के साथ मिलता है तथा point P द्वारा represent किया जाता है। इसे condense करने पर हमें 100% benzene प्राप्त होती है।

यदि point B पर और Heat किया जाता है तो vaporisation के कारण more volatile component का major part remove होने के कारण boiling point T'' पर पहुँच जाता है। इस temp. पर Liquid phase को L तथा vapour phase को N से represent करते हैं। और अधिक Heat देने से पूरा Liquid vapourised होगा at point H.

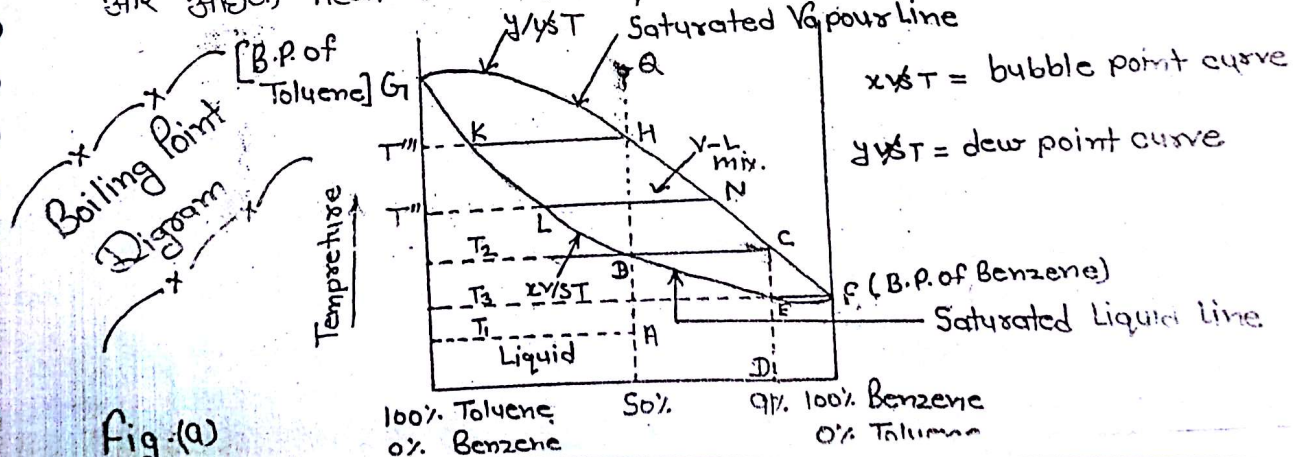


Fig (a)

Scanned by CamScanner

$$\therefore \quad L_{n-1} H_{L_{n-1}} + V_{n+1} H_{V_{n+1}} = V_{n+1} H_{V_{n+1}} + L_n H_{L_{n-1}}$$

$$\therefore \quad L_{n-1} = L_n$$

So, the moles of liquid reflux in this section are also constant.

Therefore, L_n and V_{n+1} are constant in rectifying section and V_{m+1} and L_m are constant in stripping section.

The operating line of the rectifying section becomes:

$$y = \frac{L}{L+D} x + \frac{D x_D}{L+D}$$

As, $R = \frac{L}{D}$

$$\therefore \quad \boxed{y = \frac{R}{R+1} x + \frac{x_D}{R+1}}$$

The point of intersection of operating line and diagonal ($x=y$) for rectifying section, obtained as,

$$y = \frac{R}{R+1} x + \frac{x_D}{R+1}$$

$$x = \frac{R}{R+1} x + \frac{x_D}{R+1} \qquad \text{putting, } (x=y)$$

$$(R+1)x = Rx + x_D$$

$$x = x_D$$

and $y = x_D$

Thus the operating line of rectifying section, is to be drawn on the equilibrium diagram through point P (x_D, x_D) on the 45° diagonal and with a slope equal to $R/(R+1)$.

Operating line of Stripping Section becomes:

$$y = \frac{L'}{L'-W} x - \frac{W x_W}{L'-W}$$

Scanned by CamScanner

The point of intersection of the operating line of stripping Section and the 45° diagonal is obtained as,

$$y = \frac{L'}{L'-W} x - \frac{W x_W}{L'-W}$$

diagonal, $x = y$; i. $x = \frac{L'}{L'-W} x - \frac{W x_W}{L'-W}$

or, $L' \cdot x - W \cdot x = L' \cdot x - W x_W$

$$\left.\begin{aligned} x &= x_W \\ \text{and} \quad y &= x_W \end{aligned}\right\}$$

Thus, the operating line of stripping section is to be drawn through the point M (x_W, x_W) on the diagonal, and with the slope equal to $L'/(L'-W)$.

Step-Wise procedure for obtaining theoretical plates :→

1. सर्वप्रथम D, W, L etc. terms का मान ज्ञात करते हैं।
2. दिये-गये x-y data से equilibrium diagram and diagonal draw करते हैं।
3. Rectifying Section तथा Stripping Section की operating line points P (x_D, x_D) तथा M (x_W, x_W) and दिये गये Slope की सहायता से draw करते हैं।
4. Diagonal पर point P से एक horizentel line खींचते हैं जो equilibrium curve को 'a' पर काटती है। 'a' से एक vertical line खींचते हैं जो operating line को '1' पर काटती है।
5. यही क्रिया करते हुये equilibrium curve तथा rectifying section की operating line के बीच triangles बनाते हैं, जब तक कि दोनो operating lines के intersection point को cross नहीं करते हैं। फिर इसी stripping section की operating line तथा equilibrium curve के बीच तब तक triangles बनाते हैं जब तक कि point M cross ना हो जाये।

Scanned by CamScanner

6. x_D तथा x_D के बीच बने हुए triangles को count करते हैं। प्रत्येक triangle एक theoretical plate को represent करता है।

7. यदि triangles की संख्या 'n' है तो 'n' number of plates को represent करता है, जिसमें reboiler भी होता है। 'n-1' column में number of theoretical plates को represent करता है।

The graphical step-by-step construction utilising to find the number of ideal plates for a given separation is known as the McCabe-Thiele Method.

q-line Equation → [redacted]

Feed Plate and Feed Line →

वह प्लेट जिस पर feed दी जाती है, feed Plate कहलाती है। किसी column में feed विभिन्न तरीकों से की जाती है. As:

[a] Cold liquid
[b] Saturated-liquid.
[c] Partially vapourised.
[d] Saturated vapour [at dew point]
[e] Superheated vapour.

Feed plate पर feed करने की condition phase flow rate को प्रभावित करती है। Cold liquid and Saturated liquid feed Stripping Section में liquid flow rate को increase करती है। Partially vapourisid feed rectifying section में vapour flow rate तथा stripping section में liquid flow rate को increase करती है। Saturated vapour and superheated vapour की feed rectifying section में vapour flow rate को increase करती है।

Phase flow rates into and out of the feed plate for different conditions are shown in diagrams.

Scanned by CamScanner

इन Diagrams में दिखाये flow rates इस fact पर based है कि liquid is always at its bubble point and vapour is always at its dew point. Phase flow rate में change को calculate करने के लिए एक factor 'q' introduce किया गया है। factor 'q' is a measure of the thermel condition of the feed. It is defined as the number of moles of saturated liquid, resulting in stripping section for each mole of feed introduced.

Thus for a feed 'F' we get:

$$L' = L + qF$$

and $V = V' + (1-q)F$

q = fraction of feed that is liquid.

The values of q for various thermal conditions of feed are:

[a] Cold liquid : $q > 1$

[b] Saturated liquid : $q = 1$

[c] Partially vapourised : $0 < q < 1$

[d] Saturated vapour : $q = 0$

[e] Super heated vapour : $q < 0$

Value of q for any particular feed condition,

$$q = \frac{\text{Energy to convert 1 mol. of feed to saturated vapr.}}{\text{Molal latent heat of vapourisation}}$$

The liquid flow in the stripping section is :

$$L' = L + qF$$

$$\therefore\ L' - L = qF \quad \text{———} \quad (1)$$

Similarly, the vapour flow in rectifying section is:

$$V = V' + (1-q)F$$

$$\therefore V - V' = (1-q)F \quad \text{—— (11)}$$

$V = L + D$ – (overall material balance in upper section)

$\therefore Vy = Lx + Dx_D$ – (material balance of A) —— (a)

and $V' = L' - W$ – (overall material balance in lower section)

$\therefore V'y = L'x - Wx_w$ – (material balance of A) —— (b)

Eq^n (a) – Eq^n (b)

$$y(V - V') = x(L - L') + Dx_D + Wx_w$$

But we know that:

$$x_F F = Dx_D + Wx_w$$

$$\therefore y(V - V') = x(L - L') + x_F F \quad \text{—— [C]}$$

Putting the value of $V - V'$ and $L - L'$ in Eq^n [C]

$$y(1-q)F = x(-qF) + x_F F$$

$$\therefore \boxed{y = \frac{-q}{1-q}x + \frac{x_F}{1-q}}$$

This Equation is known as feed line or q line Equation.

Ankit Chaudhary*

$$y = \frac{-q}{1-q}x + \frac{x_f}{1-q}$$

Inorganic Coatings :-

Metal protective inorganic coating को दो categories होती है - 1. Electrochemical surface conversion treatment and 2. Vitreous enamales.

Electrochemical surface conversion treatment final protective layer के रूप में use नहीं होता है but paint or other organic meterials के लिए undercoating के रूप में use होता है। Chemical dip method, protective oxide film create. करने के लिए use किये जाते है। यह film iron, steel, alluminium, stainless steel, copper etc. पर चढ़ायी जा सकती है।

Vitreous coatings surface को hard तथा completely corrosion resistive बना देती है। Enamaled vessels different shape & size में पाये जाते है। ये Enamales different compsition के fused silicates से बनाये जाते है। Metal sheets के लिए enamales slurry के रूप में apply किये जाते है।

Organic Coatings :-

Organic Coatings corrosion से metal protection के लिए most widely used method है। Different synthetic resins, pigments, modefying oils, and solvent are used in coating formulation. These coatings may be devided into three classes:-

Paint is a dispersion of pigments in a vehical which consists of drying oils modified with a solvent to aid in the application.

Enamale is a dispersion of pigments in varnish or resin vehical which polymerises eigther by oxidation or by application of heat.

Powder coating is effectively carried out by applying a polymer by a spray or an electrostatic spray followed by backing at high temp.

Scanned by CamScanner

Protective Coatings for Chemical Equipments :-

प्राय: Suitable corrosion resistant material का equipment design में use करने से cost बढ़ जाती है। इस cost को कम करने के लिए less resistant material use करते हैं तथा corrosion prevention के लिए protective coatings का use करते हैं। Generally, there are techniques of coating :-

1. Metallic Coatings.
2. Inorganic Coatings.
3. Organic Coatings.

किसी equipment पर coating करने से पहले उसकी surface को clean करना चाहिए। Surface पर grease, oil or dirt की उपस्थिति coating की adherence तथा durability को effect करती है।

Metallic Coatings :-

There are many different techniques for applying metallic coatings. These can be classified as anodic or cathodic. Noble metal coatings mainly corrosion resistance properties के लिए use की जाती है। Coating के most common methods Hot dipping, cementation, mechanical cladding, electroplating, metal spraying आदि हैं।

Cladding metallic coatings का एक महत्वपूर्ण method है। Cladding metal thin plates से बना होता है तथा backing plates पर hot rolling द्वारा bonded किया जाता है। Ordinary backing plate carbon steel की होती है, but special cases में मृदु low alloy steel की होती है। Stainless steel, nickel, inconel, Monel, copper and copper-nickel mainly cladding metal के रूप में use किये जाते हैं।

Scanned by CamScanner

Plastics →

Plastics lining process में metal surface को clean करके उस पर bonding agent लगाते है तथा required sheet को उस पर apply कर देते है। Joints welded किये जाते हैं या फिर resin से filled up किये जाते है। इस lining method के अलावा lining के अन्य method develop किये गये हैं। इसके लिए three methods developed किये गये हैं, जो निम्न प्रकार हैं —

[a] The material to be coated is heated above its melting point and imersed in a fluidised bed of finely divided polymer.

[b] Thermoplastic powder is sprayed under prescure, through a hot air or flame gun. The powder particles are sofned and easily fused with surface to be coated.

[c] A suspension of polymer in water or in a volatile organic medium first deposited on disered surface and then for evaporation of liquid is fired, thus the surface and polymer fused together.

In all these cases the preperation of surface plays an important role.

Bricks →

Acid proof brick lining of a vessel is popular in chemical industry to combat corrosion problem. ये Acid proof bricks अपने आप में liquid proof नहीं होती हैं अत: brick layer तथा metal wall के बीच में एक imprevious lining करनी पड़ती है। इस imprevious lining को membrane कहते हैं। Membrane Bitumen or asphalt की layer हो सकती है। Natural rubber, butyl rubber, neoprene rubbers may also be used as membrane.

Linings for Chemical Plants :-

Linings for covering storage tanks, reaction vessel pipes is used in order to give the underlined structure protection against chemical attack, to prevent contamination of the materials being processed and to minimize the effect of abrasion. There are various materials used for lining, some of them are as follows :-

Rubber :-

This material is used in form of latex sheets of partially or fully vulcanised, semi hard and hard rubber जिस surface पर lining करनी होती है, उसे अच्छी तरह से तैयार करते हैं तथा उस पर adhesive या bonding cement लगाते हैं। latex lining के लिए bonding cement की आवश्यकता नहीं होती है, इसे directly prepared surface पर apply कर देते हैं।

Lightly vulcanised sheets, industrial purpose के लिए lining material के रूप में सबसे अच्छी होती है। Vulcanisation के लिए steam, hot water or hot air का use करते हैं।

Surface protection का most effective and mostly used method यह है कि Vulcanisation से पहले soft or hard rubber sheet को bonding cement पर apply करके बाद में valcanise करते हैं। Rubber-lined होने बाद vulcanisation के लिए एक या दो दिन का gap रखते हैं।

Lead :-

Lead linimings को principally दो forms में use किया जाता है। Loose lead sheet lining में lead sheet को surface पर apply किया जाता है and joints are lead burnt in position इसकी thickness 3 to 10 mm होती है।

जहाँ process conditions more rigorous होती हैं, वहाँ पर homogeneous lead lining का use किया जाता है। इस form में lead sheet को cleaned surface पर एक flux aid करके apply किया जाता है तथा फिर lead burning की drops से इसे fix कर दिया जाता है, finally एक perfect fused homogeneous bonded mass प्राप्त होता है। इसकी thickness

Bang-राज

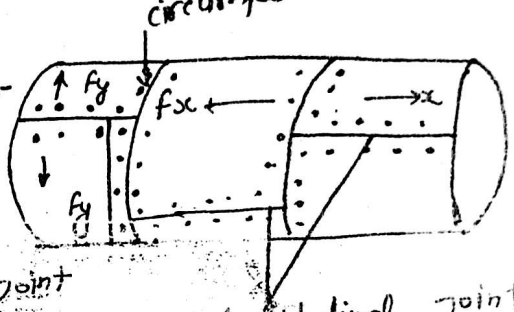
Scanned by CamScanner

Joint Efficiency :- किसी जोड़ की सामर्थ्य तथा बिना रिवेट वाली प्लेट की सामर्थ्य का अनुपात जोड़ की दक्षता कहलाता है।

$$\eta = \frac{\text{जोड़ की सामर्थ्य}}{\text{बिना रिवेट वाली प्लेट की सामर्थ्य}}$$

(i) बेलनाकार खोल :-

चित्र से - परिधीय जोड़ (circumferential joint), अनुदैर्घ्य जोड़ longitudinal joint द्वारा प्रभावित होता है। यदि η_l longitudinal joint की दक्षता है तथा प्रतिरोधी बलों का मान $f_y \times 2(t \times l)$ के स्थान पर घट कर $\eta_l \times f_y' \times 2(t \times l)$ रह जाता है।



अतः $\eta_l \times f_y' \times 2(l \times t)$ = फाड़ने वाला बल = pdl

f_y' (अधिकतम सुरक्षित परिधीय बल) $= \frac{pd}{2\eta_l t}$

परिधीय जोड़ की दक्षता η_c है तब

अधिकतम सुरक्षित अनुदैर्घ्य बल $f_x' = \frac{pd}{4t\eta_c}$

(ii) गोलीय खोल के लिए :-

यदि जोड़ की दक्षता η है तो जोड़ पर अधिकतम सुरक्षित बल —

$$f' = \frac{pd}{4t\eta} = \frac{pd}{4t\eta}$$

t = Thickness of vessel..

Scanned by CamScanner

In Pump में

Cavitation:- जब किसी पाइप में पानी भरा होता है और वह Centrifugal पम्प तक जा रहा होता है तो पाइप में suction pressure (चूषक दाब) का मान थोड़ा से अधिक, पानी के वाष्प-दाब (vapour pressure) से अधिक हो जाये तो इस प्रक्रिया में पाइप में उपस्थित liquid, वाष्प के रूप में बदलना प्रारम्भ हो जाता है जिससे पानी Centrifugal पम्प तक नही पहुच पाता इस प्रक्रिया को Cavitation कहते है।

Cavitation प्रक्रिया को दूर करने के लिए NPSH का प्रयोग करते है। NPSH के माध्यम से liquid को Centrifugal पम्प तक पहुचाने में सहायक होता है।

cavitation → क्षरण

NPSH:- Net Positive Suction Head

नेट धनात्मक चूषक शीर्ष

वह Head (शीर्ष) जिसके माध्यम से Centrifugal पम्प तक liquid को पहुचाया जा सके Cavitation process को दूर किया जा सके।

NPSH = Centrifugal पम्प की Suction line (चूषक रेखा) पर कुल दाब शीर्ष − वाष्प दाब का शीर्ष

$$= \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} - \frac{P_v}{\rho g} \quad \text{------ (i)}$$

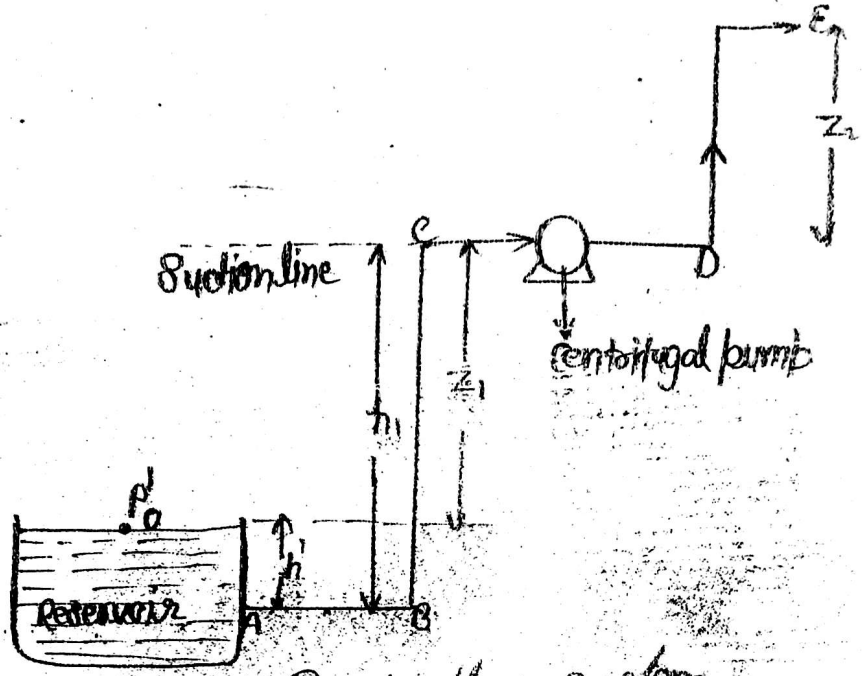
P_v = वाष्प दाब

P_1 = दाब

V_1 = द्रव (पानी का वेग)

ρ = घनत्व (पानी)

g = गुरुत्वीय त्वरण



Pump flow system

Bernoulli theorem के अनुसार :-

At point A and At point (C)

$$\frac{P'}{\rho g} + \frac{u^2}{2g} + \frac{h'}{} = \frac{P_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + h_1 + h_{fs}$$

where h_{fs} = Joiction loss (घर्षण हानि)

$u' = 0$

$h_1 - h' = Z_1$

$$\frac{P'}{\rho g} = \left(\frac{P_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g}\right) + Z_1 + h_{fs}$$

समीकरण 1 के अनुसार :-

Scanned by CamScanner

$$\frac{P'}{\rho g} = \left(NPSH + \frac{P_v}{\rho g} \right) + z_1 + h_{fs}$$

$$NPSH = \frac{P'}{\rho g} - \frac{P_v}{\rho g} - z_1 - h_{fs}$$

$$\left\{ NPSH = \frac{P'}{\rho g} - \frac{P_v}{\rho g} - z_1 - h_{fs} \right\}$$

यदि Suction pressure का मान Vapour pressure के बराबर हो जाय तो NPSH का मान शून्य हो जाता है।

NPSH का मान लगभग 2 — 10·4 m हो सकता है।

Introduction:-

Name :- Abhishek Singh Chauhan Rajpoot

Address :- 570/1108 Gopalpuri Alambagh Lucknow (U.P)

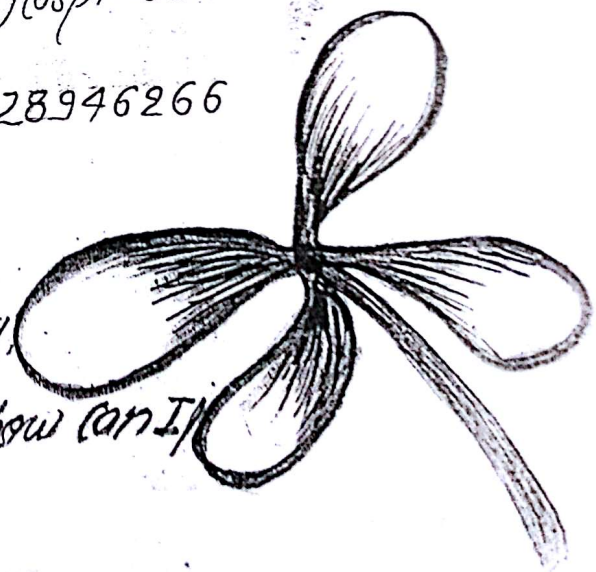
Near Indrawati Hospitals.

Mobile No :- 9780493554, 8828946266

Famous Quotation :-

Mountain can fly, River can dry,

You can forget me, but how can I?



Scanned by CamScanner

Equation of general properties synthesis :-

Chromogen —— chromophore + Auxochrome = Dye

यह मुख्य सूत्र है जिसका मतलब कुछ इस तरह है:-

Chromogen :- (resonance बनाने में)

इसके अन्तर्गत बेन्जीन, नैफ्थलीन, एन्थ्रासीन रिंग आती है।

Chromophore :-

इसके अन्तर्गत मुख्य radical आते हैं जो स्वतंत्र होते हैं।

Example :-

(i) Azo $-N=N-$
(ii) Carbonyl $=C=O$
(iii) Carbon $=C=C=$
(iv) Carbon-Nitrogen $>C-NH$ or $-CH=N-$
(v) Nitroso $-NO$ or $=N-OH$
(vi) Nitro $-NO_2$ or $=NO-OH$
(vii) Sulphur $>C=S$, $\equiv C-S-$, $\equiv C-S-C\equiv$, $\equiv C=S-S$

Auxochrome :-

Chromogen : Chromophore structure (संरचना) पर्याप्त नहीं होती है। dyes के रंगों बनाने में auxochrome की groups की आवश्यकता होती है। affinity groups :- $-NH_2$, $-OH$, $-COOH$, $-SO_3H$ and इसके व्युत्पन्न की आवश्यकता होती है।

Petrochemical syallabus :- (५२)

Dyes :- (रंजक) :-

Introduction :- Dyes एक प्रकार के colour उत्पन्न करने वाले पदार्थ होते हैं। यह वस्तु को आधार (substrate) प्रदान करने का कार्य करते हैं। इनके क्रिस्टल संरचना वस्तु के जुड़कर टूट जाते हैं व इसमें अवशोषण, विलयन आयनिक बन्ध या सहसंयोजी बन्ध बनाते हैं।

Dyes का रंग अणुओं के कक्षाओं में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों के स्थानान्तरण के कारण उत्पन्न होता है तथा इनकी तीव्रता इलेक्ट्रॉन के पाये जाने के कारण होती है।

यद्यपि रंग, दृश्य किरणों का electromagnetic स्पेक्ट्रम के माध्यम से दिखता है।

इसकी विविधता का प्रयोग फल, पदार्थों को, सौन्दर्य प्रसाधन, मोम, ग्रीस प्लास्टिक, रबर, चमड़ा, पेपर तथा कई कपड़े उद्योगों में प्रयोग किया जाता है।

Chemistry of dyes :-

(The colour phenomena) रंग की प्रक्रिया के अन्तर्गत कुछ इस तरह है:-

जैसे कि पदार्थ की सतह पर red colour रखा हुआ है तो उसमें red band होते हैं जो red rays (किरण) को absorb शोषण करेगी तथा अन्य सभी तरंगों को भेज देती है। तत्पश्चात red किरणों को पुनः उत्सर्जित करती है जिससे देखने वाले को red colour दिखाई देता है।

उपयोगों के आधार पर इसका वर्गीकरण:-

(1) Use के अनुसार वर्गीकरण:-

(a) ऐसीटेट रेशे बनाने में

(b) एंजोइक रेशे बनाने में :- cotton groups = azo

(c) अम्ल बनाने में :- अम्लीय विलयन बनाने में

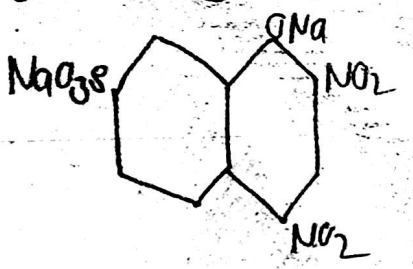
(d) धात्वल बनाने में :- paper बनाने में।

(e) पिजमेन्ट बनाने में :- Al, Ba, Ca, Cr इत्यादि मैटालिक फेन्ट

(f) सल्फर तथा सल्फाइड बनाने में

(g) वसा

(2) रासायनिक वर्गीकरण:-



Chromogen के अनुसार, सूत्र :-

Textile Industry (कपड़े वाली उपक्रम)

Introduction of textile industry :-

Textile industry भारत में सबसे पुराने व्यापार मण्डल में रही है।

Raw materials :- कच्चा पदार्थ :- Cotton, polyester, ऊन, एक्रान नायलान, सिल्क, रेसिल्कि आदि।

Products :- उत्पादक :- Yarn and tops to mak fabric
उत्पादक में ऐसे कपड़े आते है जो मानव इस्तेमाल करता है।

According to textile uses:
कपड़े मिल उपक्रम का प्रयोग :-

Cotton (कपास) :- भारतवर्ष में cotton की कई range पायी जाती है। एशिया महाद्वीप में जैसे चीन, पाकिस्तान इत्यादि देशों में cotton बहुत अधिक raw material के रूप में उत्पादन किया जाता है। हमारे देश में cotton बहुतायत रूप में नियति किया जाता है। जिसका मूल्य अत्यधिक होता है। भारत में कपास उत्पादन का क्षेत्रफल 7.68 मिलियन हेक्टेयर है। कुल संसार का 1/4 भाग area में उत्पादन होता है। Cotton का उत्पादन में भारत का चौथा स्थान आता है प्रथम चीन, द्वितीय U.S तथा तृतीय CIS

Wool (ऊन) :- यह ऊनी Industry में इसका निर्माण होता है। इसके मुख्य उत्पादक :- All wool (A.W), Polyester Wool (P.W), Polyester viscose ऊनी व्यापार काफी अलग से कपास व्यापार है। इसके fabrics के विभिन्न cotton की अपेक्षा अधिक होती है। इसकी 1000 प्रकार की किस्मे पायी जाती है। इसकी उपयोगिता शादी-पार्टियों, मौसम के अनुसार जैसे सर्दी में ऊनी वस्त्र का पहनना।

(53)

Introduction:- Chemical reaction engineering वह engineering विषय है जिसका सम्बन्ध औद्योगिक स्तर पर Reaction को कराने से है।

Some important definitions in CRE ⇒

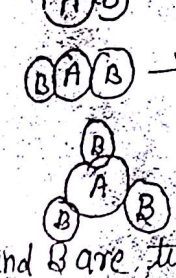
Reaction ⇒ Reactants का एक या एक से अधिक Product में परिवर्तन Reaction कहलाता है।

Rate of reaction ⇒ Reactants के गायब होने की दर or product के बनने की दर Rate of Reaction कहलाती है।

Kinetics of chemical reaction ⇒ Chemical kinetic में अभिक्रिया के घटित होने की दर तथा उस पर पड़ने वाले temperature, pressure और concentration के प्रभाव का अध्ययन किया जाता है।

Molecularity ⇒ Reaction में भाग लेने वाले अणुओं की संख्या को molecularity कहते हैं। molecularity सामान्यतः 1, 2 और 3 (बहुतकम) होती है। Molecularity कभी-भी तीन से अधिक नहीं हो सकती।

(A)(B) → molecularity = 1



(B)(A)(B) → molecularity = 2

(B)(A)(B)(B) → molecularity = 3

Here A and B are two reactants.

Order ⇒ Concentration की घातों का योग Reaction की Order कहलाती है।

For Example ⇒ $xA + yB \longrightarrow$ Product (Elementary)

$$-r_A = K\,C_A^{x} \cdot C_B^{y}$$

where C_A and C_B → Concentration of A & B

K → Rate constant

$-r_A$ → Rate of Reaction in terms of A.

Polyester:- Polyester को व्यापार मण्डल में काफी अधिक मात्रा का आँकलन होती है। इसकी किस्मों में मुख्यतः (PFY - Polyester filament Yarn) (PSF = Polyester stable Fiber) है इसका निर्माण काफी महंगा पड़ता है। इसकी आर्थिक लागत अधिक होती है।

PFY का उत्पादन वर्ष 1993-94 = 290,000 tons
1997 = 750,000 tons

PSF का उत्पादन वर्ष कुछ गत वर्षों में Capacity बढ़ायी जा रही

Viscous Rayon:- Viscous Rayon का कपड़ा एक गरीब इन्सान का कपड़ा माना जाता है। कपड़े के सुखाने का Process, पदार्थ के निर्माण Pollution काफी अधिक होता है।

Viscous Rayon some कमियाँ होती हैं:- कमजोर फाइबर, मिल इस मिल का प्रयोग harden gown बनाने में किया जाता है। इसकी को hard बनाने में Polyester का प्रयोग करते हैं।

भारत वर्ष में इसकी आठ प्रकार की किस्में पायी जाती हैं (दोनों में viscous filament yarn तथा viscous stable fiber बनायी जाती है।

Cellulosic Fibers:- Cellulose Fibers का main उपयोग rayon तथा acetate fiber बनाने में किया जाता है। Cellulose या ray को viscous के माध्यम से पुनः उत्पादन किया जाता है। कम मात्रा में इसका उपयोग Cuprammonium उत्पादन में किया जाता है।

Nylon:- नायलान का मुख्य उपयोग garments तथा tires cords में किया जाता है। 1982-83 तथा 1992-93 में

Nylon filament Yarn = 27%
Nylon stable fiber = 90%

Difference between order and Molecularity ⇒

Molecularity	Order
1. Reaction मे भाग लेने वाले अणुओं की संख्या molecularity कहलाती है।	1. Rate law के आधार पर concentration की घातों का योग order कहलाता है।
2. यह एक theoratical मान है।	2. यह experimental value है।
3. molecularity हमेशा Natural no. में लिखी जाती है। जैसे- 1,2,3----	3. Order को fractional & Natural No दोनों मे लिखा जाता है। जैसे:- 0, $\frac{1}{2}$, 1.5
4. Molecularity reaction mechanism के बारे मे सूचना नहीं देगी।	4. जबकि order elementary reaction के विषय में बताता है।
5. Example $O_3 + NO \rightarrow NO_2 + O_2$ molecularity = 3	5. $aA + bB \rightarrow R$ Order = a+b
6. इसका मान 1, 2 तथा 3 (rarely) होगा।	6. इसका मान 1,2,3 ---- sometimes हो सकता है।

✡ Types Of Reactions ✡

Reactions को Classified करने के विभिन्न आधार है।

[1] **On the basis of steps involve**—

[a] **Single step reaction** ⇒ जब reaction की progress को single rate equation द्वारा लिखा जाता तो वह single step reaction कहलाती है।

Ex:- $A \xrightarrow{1\ step} R$

[b] **Multiple step reaction** ⇒ जब reaction की progress को एक से अधिक Rate equations के द्वारा लिखा जा सकता है, तो वह multiple step reaction कहलाती है।

Ex— $A \rightarrow R - S$

multiple steps reaction दो प्रकार की होती है।

[i] Series Reaction — $A \rightarrow R \rightarrow S$

[ii] Parallel Reaction — A → R, A → S

[2] On the basis of Number of Phases involve in reaction:-

[a] Homogeneous Reaction ⇒ Reaction में भाग लेने reactants और product जब एक ही Phase में होते हैं, तो इसे homogeneous reaction कहते हैं।

Ex:- $NaOH_{(l)} + HCl_{(l)} \longrightarrow NaCl_{(l)} + H_2O_{(l)}$

[b] Heterogeneous Reaction ⇒ Reaction में भाग लेने वाले reactants और Product जब different Phase में पाये जाते हैं, तो Reaction, Heterogeneous reaction कहलाती है।

Ex:- $C_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$

[3] On the basis of reversible nature :-

[a] Reversible reaction ⇒ ऐसी Reaction जिसमें Product का decomposition reactants में दोबारा हो सकता है, Reversible reaction कहते हैं।

Ex:- $CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5$
(Acid) (Ethanol) (Ester)

[b] Irreversible reaction ⇒ जिस Reaction में Product से Reactants में नहीं बदल सकते irreversible reaction कहलाती है।

Ex:- $C + O_2 \longrightarrow CO_2$

[4] On the basis of Stoichiometric co-efficient & order relation

[a] Elementary reaction ⇒ ऐसी reaction जिसमें rate equation का सीधा सम्बन्ध Stoichiometry coefficient से होता है, elementary reaction कहलाती है।

Ex- $2A + 3B \longrightarrow R$

$r_A = K[A]^2[B]^3$

[b] Non-elementary reaction ⇒ ऐसी reaction जिसमें rate equation और Stoichiometric coefficient के बीच कोई सम्बन्ध नहीं होता, Non-elementary reaction कहलाती है।

Ex- $H_2 + Br_2 \longrightarrow 2HBr$

Scanned by CamScanner

$$r_{HBr} = \frac{K_1[H_2][Br_2]^{1/2}}{K_2 + K_3[HBr]/[Br_2]}$$

~~Difference between order and molecularity~~ -

~~Molecularity~~ ~~Order~~

Difference between elementary & non-elementary reaction -

Elementary reaction	Non-elementary reaction
1. Elementary reaction single step reaction है।	1. यह एक multiple step reaction है।
2. Elementary reaction simple nature की होती है।	2. Non-elementary reaction complex nature की होती है।
3. Elementary reaction का सीधा सम्बन्ध stoichiometric coefficient से है।	3. Non-elementary reaction stoichiometric co-efficient से कोई relation नहीं रखती है।
4. Elementary का order हमेशा integer no. होता है (0, 1, 2, 3)	4. Non-elementary का integer और fractional दोनों में order हो सकता है (0, 1, $\frac{1}{2}$, 1$\frac{1}{2}$)
Ex.- $2A + 3B \rightarrow R$ $-r_A = K[C_A]^2[C_B]^3$	Ex.- $H_2 + Br_2 \rightarrow HBr$

Reaction Rate Equation -

$$A + B \longrightarrow R \text{ (unit of volume)}$$

$$\text{Rate of reaction } (-r_A) = \frac{\text{Rate of change of concentration}}{\text{Time}}$$

$$-r_A = \frac{dC_A}{dt} \quad -(i)$$

$$C_A = \frac{N_A}{V}$$

$$dC_A = \frac{dN_A}{V} \quad (ii)$$

dC_A ... [illegible]

$$-r_A = -\frac{dN_A}{V \cdot dt} \quad \frac{mol}{m^3 \cdot Sec}$$

r_A → Rate of reaction of A
dN_A → A के खत्म होने की दर
V → fluid का आयतन
(−) चिन्ह Reactant के गायब होने की दर को बताता है।

Factors on which rate of reaction depends—

[I] Temperature of the reactants ⇒ सर्वप्रथम Arrhenius ने temperature और rate of reaction के बीच एक समी० के द्वारा बताया—

$$K = (T)^m A \, e^{-E/RT}$$

where A → Arrhenius constant
E → Activation Energy
R → Gas constant
T → Temperature in Kelvin

from Arrhenius equation m = 0

$$K = A \, e^{-E/RT} \quad \text{— (i)}$$

log लेने पर

$$\ln K = \ln A - \frac{E}{RT}$$

[II] Concentration dependent of rate ⇒

Rate of Reaction ∝ Concentration of the reactant A

$$-r_A \propto [C_A]^n$$

$$-r_A = K[C_A]^n$$

$$\frac{dC_A}{dt} = K[C_A]^n$$

Scanned by CamScanner

$$-r_n = A.e^{-E/RT}[C_A]^n$$

C_A - concentration of A

n - order of reaction.

Activation Energy → वह न्यूनतम ऊर्जा जो reactants को Reaction करने के लिए प्रेरित करती है activation energy कहलाती है।

$$\ln K = \ln K_0 - \frac{E}{RT}$$

(K_0 → peak factor)

where E → activation Energy

K → rate constant

rate equation के दोस्तमीo

$$\ln K_1 = \ln K_0 - \frac{E}{RT_1} \quad \text{--- (1)}$$

$$\ln K_2 = \ln K_0 - \frac{E}{RT_2} \quad \text{--- (2)}$$

समीo (2) से समीo (1) को घटाने पर

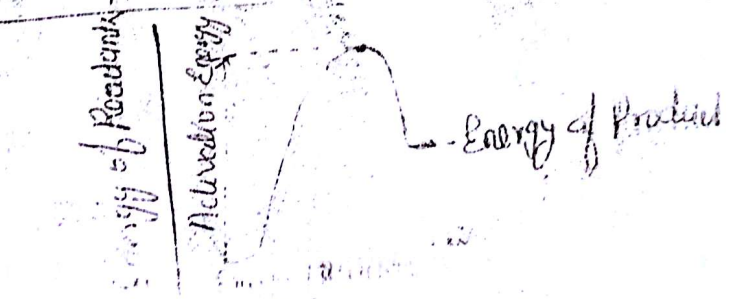
$$\ln K_2 - \ln K_1 = -\frac{E}{RT_2} + \frac{E}{RT_1}$$

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{E}{R}\left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right]$$

If rate is known at two different temp.

$$\ln \frac{r_2}{r_1} = -\frac{E}{R}\left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right]$$

Hindi Tech Notes
www.hinditechnotes.com



Scanned by CamScanner

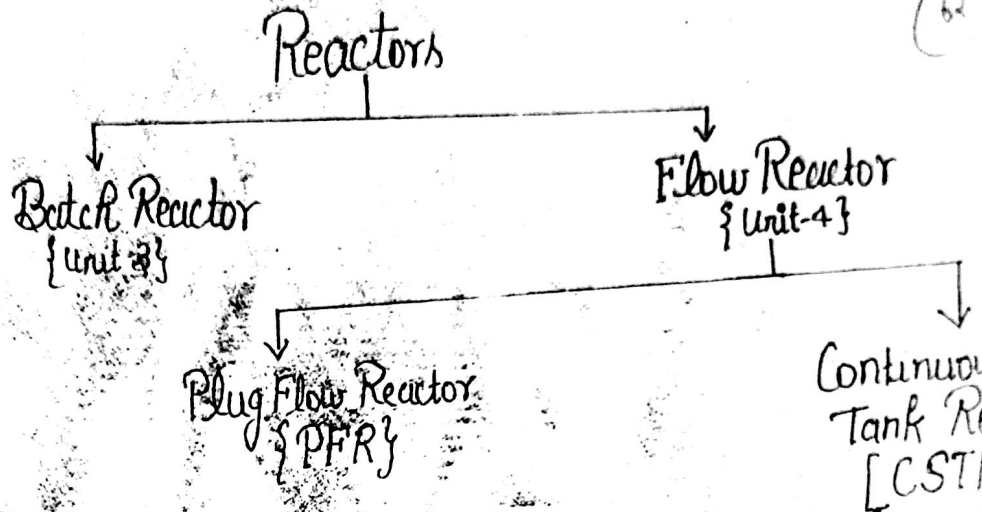
9058562699

Unit-3

Interpretation of constant volume Batch Reaction Data

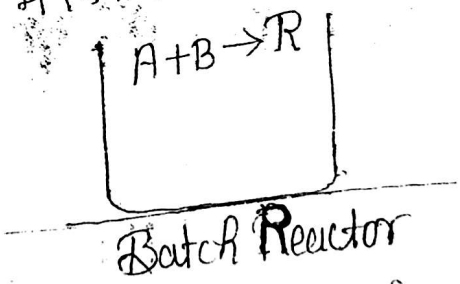
(62)

Reactors



- Batch Reactor {unit-3}
- Flow Reactor {unit-4}
  - Plug Flow Reactor {PFR}
  - Continuous Stirred Tank Reactor [CSTR]

Batch Reactor ⇒ Batch reactor एक साधारण tank है, जिसमें Reactant, reaction करके Product formation करते है। Batch reactor के परिचालन की सबसे बड़ी शर्त यह है कि Reaction के दौरान Inlet तथा outlet नहीं हो सकता है। यह एक साधारण device है, जिसे एक छोटी laboratory में आसानी से लगाया जा सकता है और बहुत ही कम equipment की आवश्यकता होती है। जहाँ तक सम्भव है, इसका उपयोग homogeneous kinetic data को प्राप्त करने में किया जाता है।



Batch Reactor

Note:- ✡ Hetrogeous reaction की गति के अध्ययन के लिए मुख्यतः Flow Reactor का उपयोग करते है।

✡ हमारे Syllabus के अनुसार, हम constant volume Batch Reactor का ... constant volume ... reaction mixture ...

Interpretation of kinetic data ⇒ Batch reactor से result विभिन्न समय में extent of reaction को निर्धारित करने के निम्नलिखित तरीके है।

[1.] दिये गये Reactants की concentration के द्वारा।
[2] Electrical conductivity or PH change के द्वारा।
[3.] Constant volume system में दाब परिवर्तन के द्वारा।
[4.] Constant pressure system में आयतन परिवर्तन द्वारा।

दैनिक जीवन में हम Batch Reactor को constant volume पर isothermally operate करते है, इसलिए Batch reactor के परिणाम को interprete (व्याख्या) करना आसान है और इससे उपलब्ध tabular data को concentration और time के रूप में प्रस्तुत करते है।

C	C_{A0}	C_{A1}	C_{A2}	C_{A3}	C_{A4}	C_{A5}	---
t	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	---

इस तरह के data के Rate की analysis के लिए विभिन्न तरीके है-

1. Integral method → $-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = K[C_A]^n$
2. Differential method

☆ **Integral method** ⇒ इस method की analysis के लिए सर्वप्रथम विशेष form की rate equation का अनुमान लगाते है और proper integration के बाद गणितीय रूप से concentration और time के बीच graph plot करके straight line प्राप्त करते है। Table में दिये गये data के द्वारा graph plot करने पर यदि एक अच्छी straight line प्राप्त होती तब rate of equation, data के लिए पूरी तरह से fit है।

☆ **Advantage of Integral method** ⇒ 1. इसका उपयोग बहुत आसान है।
Scattered data में भी इसका उपयोग किया जा सकता है।
सरल होने के कारण सबसे पहले इस method को [illegible]

Disadvantage of Integral method ⇒ [1] Integral method का प्रयोग केवल Elementary reactions के अनुरूप simple reaction मे किया जा सकता है।

(64)

[2]. इसके लिए व्यक्ति की गणितीय योग्यता जैसे integration आदि की आवश्यकता होती है।

Differential method ⇒ Diffential method की Analysis में हम उपयुक्त Rate equation का चुनाव करते है और बिना integration के data मे directly rate equation की fitting का test करते है। यहाँ सबसे पहले $\frac{1}{V}\left(\frac{dN}{dt}\right)$ निकालते है। Fitting प्रक्रिया के पहले rate equation, differential equation है।

☆ Advantage of differential method ⇒ [1] अधिक complicated परिस्थित में differential method का उपयोग कर सकते है।

[2] इसके द्वारा first attempt मे ही बिल्कुल सही Result मिलता है।

☆ Disadvantage of differential method ⇒

[1.] इस method का उपयोग scattered और less accurate data के लिए नहीं हो सकता।

[2.] यह बहुत ही जटिल प्रक्रिया है।

☆ Conversion-(X) → इसे unreacted moles of Reactant और लिये गये total initial moles के अनुपात से प्रकट करते है।

$A \rightarrow R$

N_{A_0} → Initial moles taken at $t = 0$

N_A → Amount of moles present at ...

$$\text{Conversion}(X_A) = \frac{\text{Unreacted moles of A}}{\text{Initial moles of A}}$$

$$X_A = \frac{\text{Initial moles} - \text{reacted moles}}{\text{Initial moles}}$$

$$X_A = \frac{N_{A_0} - N_A}{N_{A_0}}$$

$$X_A = \frac{N_{A_0}}{N_{A_0}} - \frac{N_A}{N_{A_0}}$$

$$\boxed{X_A = 1 - \frac{N_A}{N_{A_0}}}$$

$$X_A = 1 - \frac{N_A/V}{N_{A_0}/V} \qquad \left\{ \because \frac{N_A}{V} = C_A, \quad \frac{N_{A_0}}{V} = C_{A_0} \right.$$

$$\boxed{X_A = 1 - \frac{C_A}{C_{A_0}}}$$

Where – $C_A \rightarrow$ concentration at time t.

$C_{A_0} \rightarrow$ concentration at time, t=0

$$\boxed{C_A = C_{A_0}(1 - X_A)}$$

Advantage of batch reactor

1. Batch Reactor एक बार में प्रति इकाई आयतन का रूपान्तरण उच्च होता है।
2. operation flexible है, एक ही

Analysis of data by Integral method ⇒ Consider a general equation

$$A \rightarrow \text{Product}$$

$$-r_A = K[C_A]^n$$

$$-\frac{dC_A}{dt} = K[C_A]^n$$

The above reaction carried out in a constant batch reactor.

* **Case-I** ⇒ for zero(0) order reaction [n=0

$$-\frac{dC_A}{dt} = K[C_A]^n$$

at n=0 $-\frac{dC_A}{dt} = K[C_A]^0$ $\{\because [C_A]^0 = 1\}$

$$-dC_A = K dt \quad \text{——— (1)}$$

On integrating eq-(1) with limits

at $t=0$, $C = C_{A_0}$

at $t=t$, $C = C_A$

$$\int_{C_{A_0}}^{C_A} -dC_A = K\int_0^t dt$$

$$[C_A]_{C_{A_0}}^{C_A} = -K[t]_0^t$$

$y = c + mx$

slop = -k

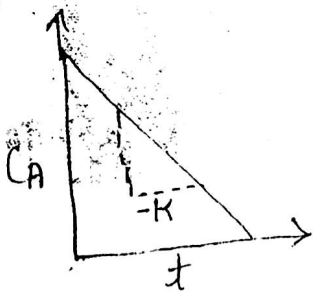
$$C_A - C_{A_0} = -Kt$$

$$\boxed{C_A = C_{A_0} - Kt} \quad \text{——— (2)}$$

from equation (2) a graph is plot b/w concentration & time will be line slop(-K)

$[C_A = C_{A_0} + (-Kt)]$

$y = c + mx$



Interms of conversion

$$C_{A_0} - C_A = Kt$$

$$\frac{Kt}{C_{A_0}} = \frac{C_{A_0} - C_A}{C_A}$$

$$\boxed{X_A = \frac{Kt}{C_{A_0}}} \quad \text{(3)}$$

where X_A = conversion, t = time

For I-order reaction ⇒ {n = 1}

$$-r_A = K C_A^n$$

$$-r_A = K C_A$$

$$-\frac{dC_A}{dt} = K C_A$$

$$-\frac{dC_A}{C_A} = K dt$$

On Integrating both side with limit 0, t & C_{A_0} to C_A.

$$-\int_{C_{A_0}}^{C_A} \frac{dC_A}{C_A} = K \int_0^t dt \qquad \left\{ \because \int \frac{dx}{x} = \ln x \right.$$

$$-[\ln C_A]_{C_{A_0}}^{C_A} = K [t]_0^t$$

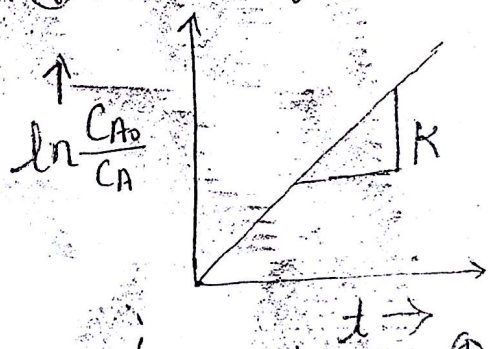
$$-[\ln C_A - \ln C_{A_0}] = Kt$$

$$-\ln \frac{C_A}{C_{A_0}} = Kt$$

$$\ln \frac{C_A}{C_{A_0}} = Kt$$

$$\boxed{\ln \frac{C_{A_0}}{C_A} = Kt} \quad \text{—— (4)}$$

from equation (4) we plot a graph b/w concentration & time



slope = K

Now in terms of conversion equ-(4) written as $\left\{ \because X = 1 - \frac{C_A}{C_{A_0}} \right.$

$$C_A = C_{A_0}(1-X)$$

$$\ln \left[\frac{C_{A_0}(1-X)}{C_{A_0}} \right] = -Kt$$

$$\boxed{\ln[1-X] = -Kt}$$

2nd order reaction → [n = 2]

$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = kC_A^2 \quad [n=2]$$

$$-\frac{dC_A}{dt} = kC_A^2$$

$$-\frac{dC_A}{C_A^2} = k\,dt$$

On integrating with in limits –

at $t = 0$, $C = C_{A0}$

at $t = t$, $C = C_A$

$$\int_{C_{A0}}^{C_A} \frac{dC_A}{C_A^2} = \int_0^t k\,dt$$

$$\left[\frac{1}{C_A}\right]_{C_{A0}}^{C_A} = kt$$

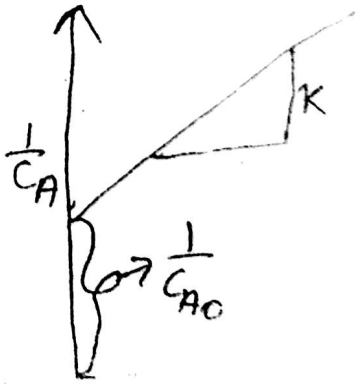
$$\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} = kt \qquad \left[\frac{1}{C_A} = \frac{1}{C_{A0}} + kt\right.$$

$$\left. y = c + mx \right.$$

$$\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} = kt$$

$$\frac{1}{C_{A0}(1-X)} - \frac{1}{C_{A0}} = kt$$

$$\frac{1}{C_{A0}}\left[\frac{1}{1-X} - 1\right] = kt$$



[X = C_{A0} kt]

[illegible] of rate constant (K) for any order reaction

[illegible] order = n

$$\text{unit of } (K) = [\text{conc}]^{(1-n)} [\text{Time}]^{-1}$$

$$K = [C]^{1-n} [t]^{-1}$$

For 1st order – unit $n = 1$

$$K = [C]^{1-1} [t^{-1}]$$

$$K = [t]^{-1} = \sec^{-1} = \min^{-1} = h^{-1}$$

For 2nd order – $n = 2$

$$K = [C]^{1-2} [t]^{-1}$$

$$K = [C]^{-1} [t]^{-1}$$

$$\frac{n}{V} = \frac{mol}{l} = \frac{mol}{cm^3} = \frac{mol}{m^3} = \frac{gm\,mol}{l} = \frac{kg\,mol}{cm^3}$$

$$K = \frac{l}{mol \cdot min}$$

Half life Method → The half life is define as the time required for concentration of the reactant to drop to half of it's initial value, it means $t = t_{\frac{1}{2}}$ and $C_A = \frac{C_{A0}}{2}$

For 1st order reaction – $n = 1$

we know that $\ln \frac{C_{A0}}{C_A} = kt$

for 3rd order → [n = 3]   N.C.

For n^{th} order → order = n

$$-r_A = K C_A^n \quad —(1)$$

$$-\frac{dC_A}{dt} = K C_A^n$$

$$-\frac{dC_A}{C_A^n} = K dt$$

On integrating the above equation with in limits

$$-\int_{C_{A0}}^{C_A} \frac{dC_A}{C_A^n} = K \int_0^t dt$$

$$\frac{-\left(C_A^{-n+1}\right)_{C_{A0}}^{C_A}}{-(n-1)} = Kt$$

$$\frac{C_A^{1-n} - C_{A0}^{1-n}}{n-1} = Kt$$

$$\boxed{C_A^{1-n} - C_{A0}^{1-n} = (n-1)Kt} \quad —(A)$$

Equation A is valid for all order reaction except 1st order.

n is the order of reaction

Controlling step / rate determining step ⇒ जैसा कि हम जानते है कि complex reaction (non elementary) complex reaction सदैव एक से अधिक step में होती है, जिस कारण उनका rate expression ($-r_A$) लिखना आसान नहीं होता है।

" हम complex reaction का rate expression लिखने के लिए ~~only way~~ एक practical की सहायता से slowest step खोजते है और उसके आधार पर rate expression लिखते है।

Complex multiple reaction का rate expression, slowest step के आधार पर सदैव इसलिए लिखा जाता है, क्योंकि इस step के कारण पूरी reaction की गति धीमी हो जाती है, अर्थात पूरी Reaction की गति slowest step पर निर्भर करती है, जिस कारण उसे Rate controlling या rate determining step कहते है।

" complex multiple reaction का slowest step ही rate controlling या rate determining step कहलाती है।

For Example - The reaction, $2NO + Br_2 \longrightarrow 2NOBr$ process by the following mechanism :-

(i) $NO + Br_2 \underset{k_2}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} NOBr_2$ (Fast)

(ii) $NOBr_2 + NO \xrightarrow{k_3} 2NOBr$ (Slow)

Suggest a rate expression consistent with the mechanism.

Solution ⇒ As the slowest step is rate determining step, so the rate equation by rate law is

$r_3 = k_3 [NOBr_2][NO]$ — (1) (slowest)

$r_1 = k_1 [NO][Br_2]$ —— (2)

$r_2 = k_2 [NOBr_2]$ —— (3)

at equilibrium condition ($r_1 = r_2$)

$$\ln \frac{C_{A0}}{\frac{C_{A0}}{2}} = k\, t_{1/2}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

$$\boxed{t_{1/2} = \frac{.693}{k}}$$

$n = 2$

$$t_{1/2} = \frac{1}{C_{A0}\, k}$$

$n = 0$

$$t_{1/2} = \frac{2k}{C_{A0}}$$

For n^{th} order –

we know that:

$$\boxed{\frac{1}{[C_A]^{n-1}} - \frac{1}{[C_{A0}]^{n-1}} = (n-1)\, k\, t}$$

$t_{1/2}$

for half life $C_A = \frac{C_{A0}}{2}$,

on putting the values in equation

$$\frac{1}{\frac{C_{A0}^{\,n-1}}{2^{n-1}}} - \frac{1}{C_{A0}^{\,n-1}} = (n-1)\, k\, t_{1/2}$$

$$\frac{2^{n-1}}{C_{A0}^{\,n-1}} - \frac{1}{C_{A0}^{\,n-1}} = (n-1)\, k\, t_{1/2}$$

$$\boxed{t_{1/2} = \frac{1}{C_{A0}^{\,n-1}} \left[\frac{2^{n-1} - 1}{(n-1)\, k} \right]}$$

Here $n \neq 1$ and valid for all order except 1st order

At e

o

$r_3 = k_3 [O_3][O]$ slowest step ——— ①

At equilibrium $r_1 = r_2$

$$k_1 [O_3] = k_2 [O_2][O]$$

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{[O_2][O]}{[O_3]} \Rightarrow$$

$$K = \frac{[O_2][O]}{[O_3]} \quad \text{——— ②}$$

$$\frac{K[O_3]}{[O_2]} = [O] \quad \text{——— ③}$$

on putting the value of eqn ③ in eqn ①

$$r_3 = k_3 \cdot K[O_3]\frac{[O_3]}{[O_2]}$$

$$\boxed{r_3 = K'[O_3]^2[O_2]^{-1}}$$

जहाँ $K' = k_3 \cdot K$

Hindi Tech Notes
Www.hinditechnotes.com

Scanned by CamScanner

$k_1[NO][Br_2] = k_2[NOBr_2]$

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{[NOBr_2]}{[NO][Br_2]} \Rightarrow K = \frac{[NOBr_2]}{[NO][Br_2]}$$

where, K – equilibrium constant

from eqn (4), we can write

$$[NOBr_2] = K[NO][Br_2] \quad \text{——(5)}$$

On putting the value of $[NOBr_2]$ in equation (1) from equation (5), we get

$$r_3 = k_3 \cdot K [NO][NO][Br_2]$$

$$\boxed{r_3 = k_0 [NO]^2 [Br_2]}$$

Order = 2+1   where – $[k_0 = k_3 \cdot K]$

n = 3

Note – Rate equation of a multiple reaction can he... be written on the basis of intermediate product

(1.25) Gaseous – Experiment analysis show that the homogeneous decomposition of ozone process with a rate

$$-r_{O_3} = k[O_3]^2[O_2]^{-1}$$

(i) Suggest a two step mechanism to explain this rate

(ii) What is the overall order of reaction?

Solution.– The two-step mechanism, consistent with the rate, suggested is

Step-1 $\quad O_3 \underset{k_2}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} O_2 + O \quad$ (fast)

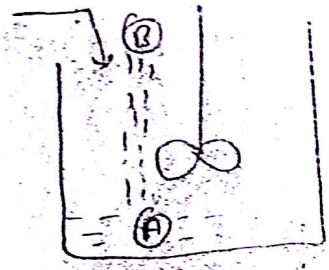
$\quad O + O_3 \xrightarrow{k_3} 2O_2 \quad$ (slow)

$\quad 2O_3 \longrightarrow 3O_2$

$r_1 = k_1[O_3]$, $r_2 = k_2[O_2][O]$

Semi batch reactor ⇒ ~~Batch reactor को~~ semi batch reactor ~~जा कहा जाता है~~

Semi batch reactor भी batch reactor का प्रकार है- लेकिन Semi batch reactor को इस्तेमाल करने की शर्त यह है कि एक batch reactor (A) को इस्तेमाल करने की शर्त यह है कि एक Reactant (A) reactor के अन्दर डाल दिया जाता है और दूसरा Reactant (B) लगातार धीरे-2 Reactor में एक निश्चित समय तक डाला जाता है, जब Reactant डालने की प्रक्रिया पूरी हो जाती है तो Reactor को कुछ समय को Reaction करने लिए छोड़ दिया जाता है।



Semi batch reactor

Semi batch reactor में reaction के सभी parameters (जैसे कि Reaction rate, temperature) पर अच्छा पूरी तरह controll होता है, क्योंकि reaction जब भी आगे बढ़ती है जब हम reactant (B) को reactor में डालते है। इसलिए जब कभी भी Heat of reaction अधिक होती है। हम उसे controll कर सकते है, reactant B के addition द्वारा ~~सकते है reactant~~ ~~शेष~~ semi batch reactor की शेष विशेषताएं batch reactor की समान होती है।

except continuous addition of reactant की

Hindi Tech Notes
Www.hinditechnotes.com

Scanned by CamScanner

Vivek verma
9968723655

UNIT-4 IDEAL REACTORS (15)

Hemant Pathak 9058562699

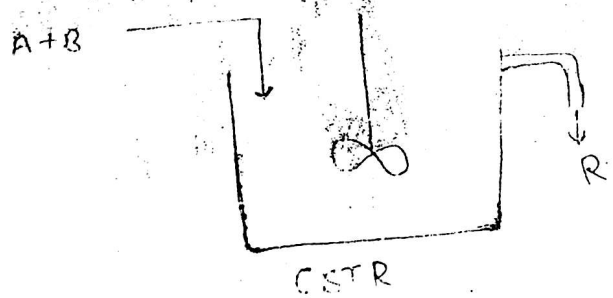
* Design eqn of Reactor

Reactors

- Batch reactor
  [No input and No output during the reaction]
- Flow reactors
  (i) CSTR
  (ii) PFR
  [at steady state accumulation = 0]

* **Flow Reactors** ⇒ flow reactors वह reactors होते है, जिनमे ① Reactant का input ② chemical reactions ③ product का output सभी एक समय पर होता है। दूसरा कारण यह flow reactor कहलाते है। इनका output batch reactor की तुलना मे सदैव अधिक होता है। इनकी Labour व operating cost कम होती है, यह एक समान Quality का output देते है, At constant condition.

CSTR (Continuous Stirred Tank Reactors) ⇒



CSTR को MFR (mixed flow reactor) व BMR (Back mixed reactor) के नाम से भी जाना जाता है, इस Reactor मे लगातार Input दिया जाता है और दूसरी तरफ output मिलता है। ... के अनुसार इसको continuous ... पर ...

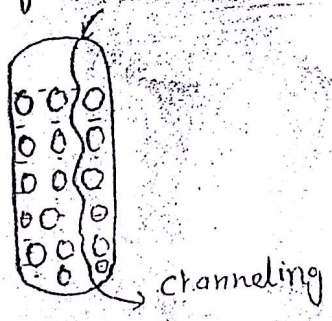
Hindi Tech Notes
Www.hinditechnotes.com

(इसका अर्थ है- Accumulation = 0)
CSTR में feed का composition uniform रहता है। जिसकी वजह से Reactor से निकलने वाली exit stream व Reactor के अन्दर का composition uniform रहता है, CSTR को Flow reactor इसलिए कहा जाता है क्योंकि इसमें Reactant व product का continuous flow होता है।

* Advantage and disadvantage ⇒

Advantage ⇒ (i) Continuous operation होने के कारण out put अधिक मिलता है।
(ii) आसानी से Two phase system के लिए इस्तेमाल किया जा सकता है।
(iii) Reaction parameter (Temperature) आसानी से control किया जा सकता है।
(iv) Labour cost कम होती है।
(v) CSTR को साफ करना आसान है।
(vi) इसको इस्तेमाल करना व बनाना भी आसान है।

* Disadvantage ⇒ (i) Conversion (X) बहुत कम होता है अन्य reactor की तुलना में।
(ii) Channeling or dead zone की probability अधिक है।



* PFR (Plug flow reactors) ⇒

Plug flow reactors (PFR)

Scanned by CamScanner

Hindi Tech Notes
Www.hinditechnotes.com

[illegible] है, इस Reactor [illegible]
इस Reactor को tubular reactor भी [illegible] Reactant व product का continuous flow होता है. जिस [illegible] Reactant व product का continuous flow होता है। इसका [illegible] हम steady state पर flow reactor कहलाता है। इसका [illegible] हम steady state पर करते है (जिसका अर्थ accumulation = 0)

PFR Reactor में fluid की composition हर point पर बदलता रहता है, Along the flow path जिसके कारण Reaction rate भी हर point पर बदलता रहता है।

* **Advantage and disadvantage** =

Advantage → (I) PFR में High Conversion रहता है।

(II) Labour व operating cost कम है।

(III) Continuous flow reactor होने के कारण production अधिक होता है।

(IV) Gaseous Reactant को आसानी से Handle करता है।

Disadvantage ⇒ (I) Shut down व cleaning महंगी होती है।

(II) Temperature control अच्छा नहीं होता है।

* **Design equation for reactors** ⇒ Material balance की सहायता से Reactors के लिए design equation निम्न लिखित है —

$$\boxed{\text{input} = \text{output} + \text{disappearance} + \text{accumulation}}$$

mole balance लगाने पर किसी भी specie j के लिए at time t पर design होगी —

$$\begin{bmatrix}\text{Rate of flow} \\ \text{of } j \text{ into the} \\ \text{system} \\ \text{mole/t}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}\text{Rate of disappearance} \\ \text{of } j \text{ by chemical} \\ \text{reaction within} \\ \text{the system, mole/t}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}\text{Rate of flow} \\ \text{of } j \text{ out of} \\ \text{the system} \\ \text{mole/t}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\text{Rate of accumulation} \\ \text{of } j \text{ within the} \\ \text{system} \\ \text{mole/t}\end{bmatrix}$$

$$\boxed{F_{jin} - G_{j} - F_j = \frac{dN_j}{dt}}$$

जहाँ पर N_j – j के moles की संख्या at time t पर

Scanned by CamScanner

G_j = j के ... की दर $\left\{ G_j = r_j \times V \right.$
यहाँ पर,
r_j = Reaction rate
V = volume of reactors$\}$

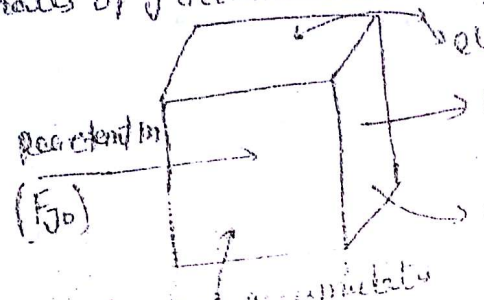
F_{j0} = j का input molar flow rate

F_j = j का out put molar flow rate

$\frac{dN_j}{dt}$ = moles of j accumulated (j के मोल जोकि इकट्ठे हुए reactor में)

$[F_{j0} = C_{j0} \times V_0]$
$[F_j = C_j \times V_0]$

$$F_{j0} - F_j - (-r_j)V = \frac{dN_j}{dt}$$



Design equation for batch reactor ⟹ Reaction के दौरान ...

and no out put होने के कारण -

$$F_{j0} = F_j = 0$$

$$F_{j0} - F_j - (-r_j)V = \frac{dN_j}{dt}$$

$\left\{ N_A = N_{A0}(1 - X_A) \right.$
$\left. dN_A = -N_{A0}\, dX_A \right\}$

$A \longrightarrow R$

$$-(-r_A \cdot V) = -N_{A0} \frac{dX_A}{dt}$$

$$\int_0^t dt = N_{A0} \int_0^X \frac{dX_A}{-r_A \cdot V}$$

$$t = N_{A0} \int_0^X \frac{dX_A}{(-r_A) \cdot V}$$

Hindi Tech Notes
www.hinditechnotes.com

* Space time and Space velocity ⇒

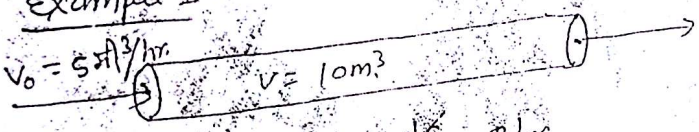
* Space time ⇒ Space time वह Time होता है, जो कि एक Reactor volume of fluid को process करने में लगता है, At given condition इसको 'τ' की से दर्शाया जाता है।

$$\tau = \frac{\text{Reactor का volume}}{\text{fluid reactant का entering volume of Volumetric flow rate}}$$

$$\tau\ (\text{टाऊ}) = \frac{V}{V_0}$$

इसकी इकाई Time होती है।

Space time को Holding time व mean residence time के नाम से भी जाना जाता है।



Example 1

$$\tau = \frac{V}{V_0} = \frac{10}{5} = 2\ hr.$$

* Space velocity ⇒ Space velocity space time की Reciprocal (व्युत्क्रम) होती है।

$$SV = \frac{1}{\tau}$$

इसकी इकाई time^{-1} होता है

* Space velocity को निम्न प्रकार से परिभाषित कर सकते हैं — जो एक AT given condition. feed की reactor volume की संख्या, जो एक समय में processes की जा सकती है।

Hindi Tech Notes
Www.hinditechnotes.com

Example –

Example (1) के अनुसार $\tau = 2hr$

$$SV = \frac{1}{2} = 0.5\,hr^{-1}$$

Space velocity $5\,hr^{-1}$ का अर्थ है, कि प्रति hours में volume feed की Reactor में डालकर दी जाती है।

*** Design equation for CSTR** → माना कि reactant A का initial concentration C_{A0} है, and Reactor के अन्दर किसी Time t पर concentration C_A है।

Steady state पर होने के कारण Reactor के अन्दर व बाहर का concentration समान होगा, । व steady state accumulation = 0 होता है।

Reactor की design equation द्वारा—

$$F_{A0} - F_A - (-r_A)V = 0$$

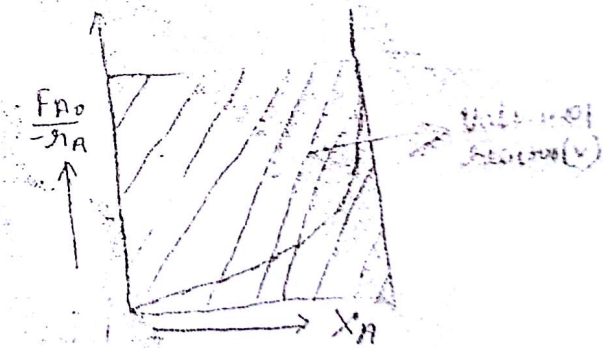
$$F_{A0} - F_A = (-r_A)V$$

$$V = \frac{F_{A0} - F_A}{(-r_A)_{exit}} \quad \text{—— (1)}$$

क्योंकि $X_A = \frac{F_{A0} - F_A}{F_{A0}}$ होता है CSTR के लिए–

तो $F_{A0} - F_A = F_{A0} X_A$

equation (1) से



$$V = \frac{F_{A0} X_A}{(-r_A)_{exit}}$$

Space time for CSTR –

जैसा कि हम जानते है

$$V = \frac{F_{A0} X_A}{-r_A} \quad \text{—— (II)}$$ होता है।

Hindi Tech Notes
Www.hinditechnotes.com

$F_{A_0} = C_{A_0} \cdot v_0$

समीकरण (11) में F_{A_0} का मान रखने पर –

$$V = \frac{C_{A_0} \cdot V_0 \cdot X_A}{-r_A}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{C_{A_0} \cdot X_A}{(-r_A)}$$

$$\boxed{\tau = \frac{V}{V_0}}$$

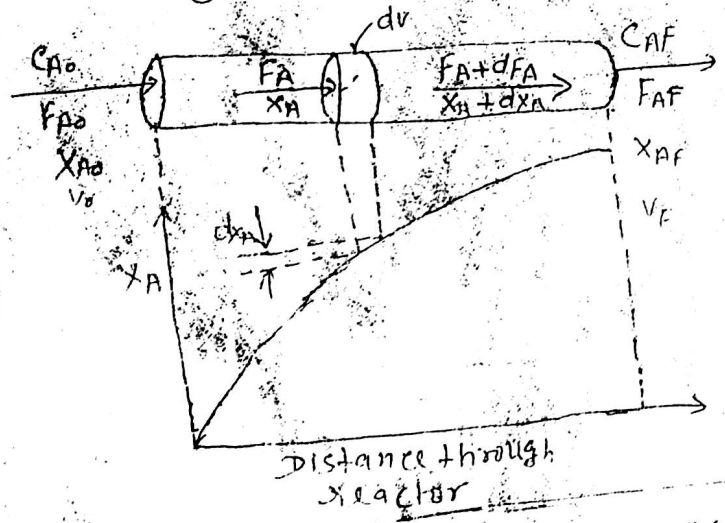
$$\boxed{\tau = \frac{C_{A_0} \cdot X_A}{-r_A}}$$

∝ Design equation plug flow reactor ⇒ (at steady state accumulation = 0)

क्योंकि plug flow reactor में हर बिन्दु पर composition बदलता रहता है, reactor के अन्दर जिस कारण हम इसकी design equation reactor के एक छोटे element (टुकड़ा) dv का अध्ययन करेंगे –

$$\boxed{\text{input} = \text{output} + \text{Disappearance} + \text{accumulation}}$$

$$F_A = (F_A + dF_A) + (-r_A)\,dV$$



unknown input, output, disapp.

$F_A = F_{A_0}(1 - X_A)$

$dF_A = d[F_{A_0}(1 - X_A)] = -F_{A_0} \cdot dX_A$

$F_A = F_A + dF_A + (-r_A)\,dV$

$F_A = F_A - F_{A0}\,dX_A + (-r_A)\,dV$

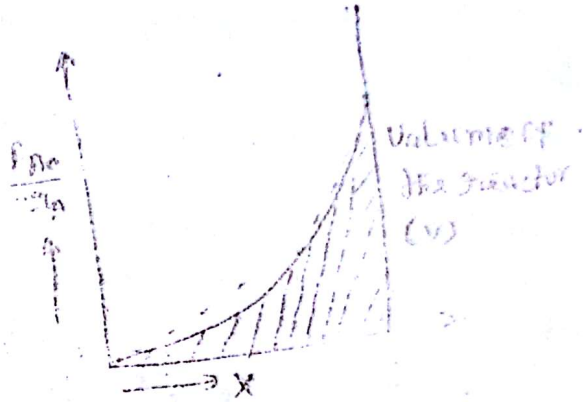
$F_{A0}\,dX_A = (-r_A)\,dV$

लिखे हुए समीकरण को हल करने पर, समाकलन करने पर

$$\int_0^V \frac{dV}{F_{A0}} = \int_0^{X_{Af}} \frac{dX_A}{(-r_A)}$$

$$\frac{V}{F_{A0}} = \int_0^{X_{Af}} \frac{dX_A}{(-r_A)}$$

$$\boxed{V = F_{A0} \int_0^{X_{Af}} \frac{dX_A}{(-r_A)_{exit}}}$$



* Space time of PFR

हम जानते हैं कि

$$V = F_{A0} \int_0^{X_{Af}} \frac{dX_A}{(-r_A)} \quad \text{--- (i)}$$

समी० (i) में F_{A0} का मान रखने पर

$\boxed{F_{A0} = C_{A0} \cdot V_0}$

$$V = C_{A0} \cdot V_0 \int_0^{X_{Af}} \frac{dX_A}{(-r_A)}$$

$$\frac{V}{V_0} = C_{A0} \int_0^{X_{Af}} \frac{dX_A}{(-r_A)}$$

$$\boxed{\tau = C_{A0} \int_0^{X_{Af}} \frac{dX_A}{(-r_A)_{exit}}}$$

Hindi Tech Notes
www.hinditechnotes.com

Scanned by CamScanner

Vivek verma

INTRODUTION TO HETROGENEOUS REACTION SYSTEMS

Hemant Pathak mb. 9058562699

Reactant or product, catalyst के Phase के आधार पर kinetics of a reaction को दो भागों में बाँटा गया है।

1. Chemical kinetic of homogeneous reaction
2. Chemical kinetics of heterogeneous reaction.

1. Chemical kinetics of homogeneous reaction ⇒

$A(g) \longrightarrow R(g)$

जैसा कि हम पहले पढ़ चुके है, कि जब reactant or product or catalyst समान Phase में हो, वह "homogeneous reaction" कहलाती है। Homogeneous reaction का kinetics निम्न लिखित factors पर निर्भर करता है—

(i) Concentration of the reactant ($r_A = k[C_A]^n$)

(ii) Temperature of the reacting mixture ($r_A = k_0 e^{-E/RT}[C_A]^n$)

2. Chemical kinetics of heterogeneous reaction ⇒

$A(g) + B(l) \longrightarrow R(l)$

Heterogeneous reaction वह Reaction होती है जिसमें कि Reactant, product or catalyst एक से अधिक phase में होते है।

Heterogeneous reaction का kinetics निम्नलिखित factor पर निर्भर करता है।

(i) Concentraction of the reactant

(ii) Temperature of the reacting mixture ✓

(iii) Rate of mass transfer ✓

(iv) Rate of heat transfer ✓

Heterogeneous Reaction multiple step में होने के कारण उनकी Rate equation भी एक से अधिक होती है, [जैसे कि पहले step के लिए R_1 और दूसरे के लिए R_2 और तीसरे के लिए R_3 ------]

और इन Rate equation को योग R_{Total} उस Heterogeneous का Rate कहलाता है।

(i) यदि Heterogeneous Reaction के सभी steps parrallel में है तो R_{total} को मान —— $R_{total} = r_1 + r_2 + r_3 ---- r_n$

$$R_{Total} = \sum_{i=1}^{n} r_i$$

यहाँ पर i = Number of steps

(ii) Example — How to write Rate equation, ?

$$A(g) + B(s) \longrightarrow R(g)$$

इस Reaction की Rate equation को दो Step में लिखा जायेगा +—

(i) Rate of mass transfer by diffusion —— $[R_{A_1}]$

(ii) Rate equation for chemical reaction. $[R_{A_2}]$

$$-R_A = k_g(C_{Ag} - C_{As}) \text{ ——— (1)}$$

जहाँ पर

k_g — Gas phase को mass transfer का coefficient

C_{Ag} = A की सान्द्रता gas phase में

C_{As} = A की सान्द्रता solid की surface पर

$$-R_{A_2} = k_2 [C_{As}] \text{ ------ (2)}$$

[जहाँ पर n ...]

(V) contacting patterns of the reacting phases.

Non catalytic heterogeneous reaction के उदाहरण —

(I) Gas solid reaction → Coal का जलना, Roasting of Sulphide ore

(II) Gas liquid reactions ⇒ । Separation of CO_2 gas by using acquous पोटेशियम कार्बोनेट solution की सहायता से occur

(III) Liquid-liquid reaction ⇒ क्लोरीनेशन of liquid बेन्जीन

penicillin is extracted from the fermenter by using an ester like butyl acetate

(IV)

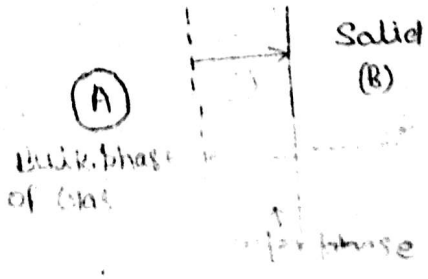
(IV) Liquid solid reaction - production of acetylene by using water on surface of calcium carbide.

RATE EQUATION for HETEROGENEOUS REACTIONS

Heterogeneous reaction सदैव एक से अधिक Number of chemical steps में होती है।

$A(g) + B(s) \longrightarrow R(g)$

Heterogeneous Reaction के लिए mass का Transfer एक phase से दूसरे phase में होना जरूरी होता है। अर्थात A का concentration उसके bulk में अधिक होता है; Interphase की तुलना में जिससे कि mass transfer प्रक्रिया शुरू हो जाती है. Diffusion के द्वारा।



क्योंकि यहाँ दोनो steps (Mass transfer and reaction step) series में है, तो $-R_{A1} = -R_{A2}$ होगा, —— (3)

R_{A1} व R_{A2} का मान समी॰ (1) में रखने पर

$$k_g(C_{Ag} - C_{As}) = k_2 C_{As}$$

$$k_g C_{Ag} - k_g C_{As} = k_2 C_{As}$$

$$k_g C_{Ag} = (k_2 + k_g) C_{As}$$

$$C_{As} = \frac{k_g}{k_2 + k_g} C_{Ag}$$

C_{As} का मान समी॰ (2) में रखने पर

$$-R_{A2} = k_2 C_{As}$$

$$-R_{A2} = k_2 \frac{k_g}{k_2 + k_g} C_{Ag}$$

$$-R_{total} = -R_{A1} = -R_{A2}$$

$$-R_{total} = \left(\frac{1}{\frac{1}{k_g} + \frac{1}{k_2}} \right) C_{Ag}$$

(II) यदि Heterogeneous Reaction सभी steps series में है तो -

$$R_{total} = -R_1 = -R_2 = -R_3 = -R_n$$

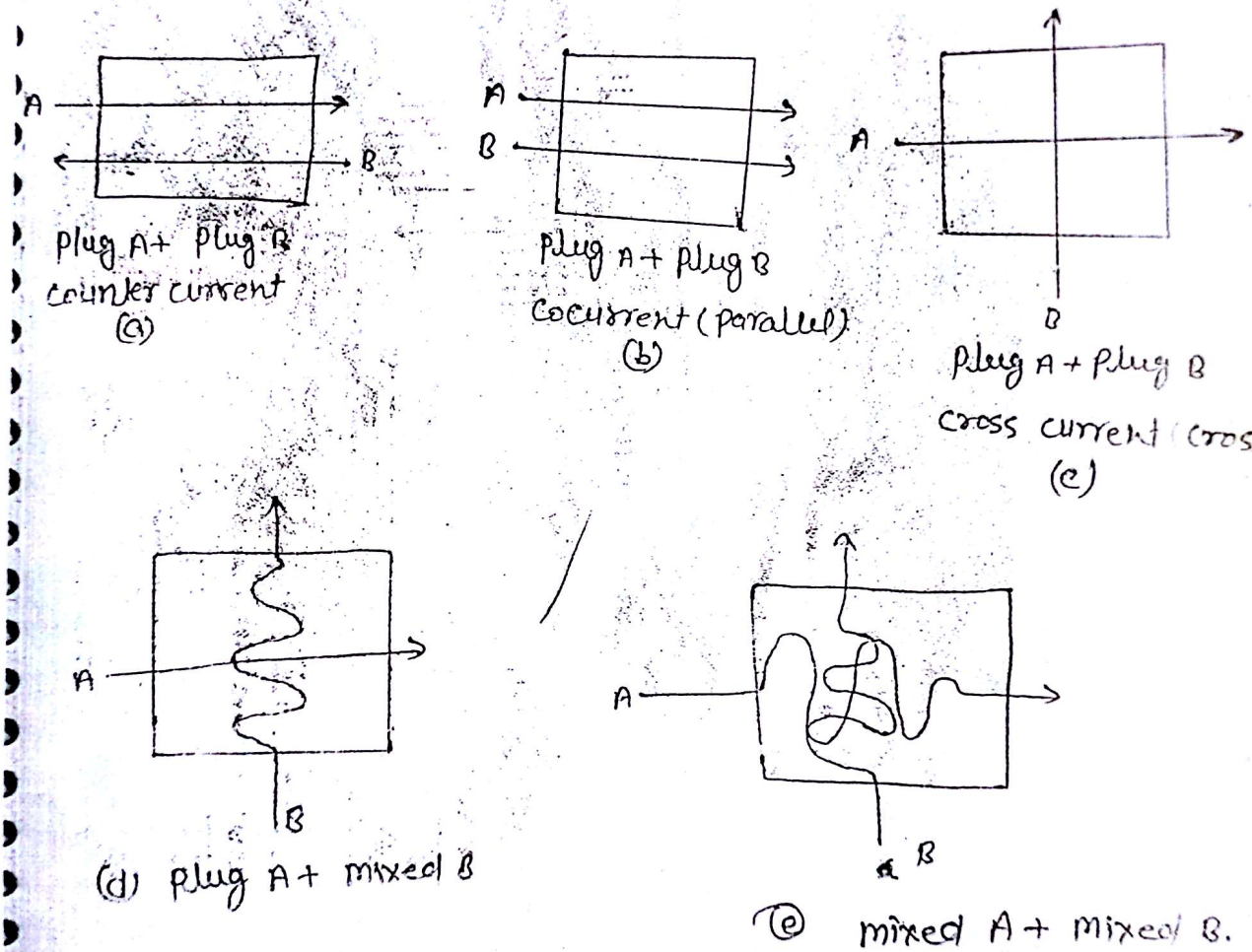
Hindi Tech Notes
Www.hinditechnotes.com

Scanned by CamScanner

Contacting Patterns for two phase system →

Ideal condition में दो phase के एक-दूसरे के सम्पर्क में आने के कई से तरीके (design) होते है और हर design के लिए अलग-2 Rate equation होती है। जबकि वास्तविकता में Real flow, Ideal flow से अलग होते है।

अधिकतर Real reactor में यह contacting patterns संयुक्त Result देते आये है और यह pattern निम्न है।



Hindi Tech Notes
Www.hinditechnotes.com

Scanned by CamScanner