# धातुकर्म

## प्राक्कथन

धातुकर्म की प्रारम्भिक काल से अपनी विशिष्ट महत्ता है। पाषाण काल के पश्चात् मनुष्य ने 5000 वर्ष पहले धात्विक युग मे प्रवेश किया। अतः मनुष्य धात्विक रसायन से बहुत समय पहले से जुड़ा है। "धातुकर्म" का अध्याय इस तथ्य पर आधारित है कि किसी अयस्क से धातु का निष्कर्षण कम अपव्यय में किस तरह किया जाता है। इस अध्याय में आप विभिन्न धातुओं की मुख्य अयस्कों के बारे में तथा धातुकर्म के विभिन्न तरीकों के बारे में जानेगें। इस अध्याय के सफलतापूर्वक अध्ययन के पश्चात् आप किसी विशिष्ट पदार्थ अथवा तत्व के बारे में जान सकेगें जो किसी यौगिक को उसकी धात्विक अवस्था में परिवर्तित करता है। किसी अयस्क से धात्विक निष्कर्षण में सर्वाधिक सुगम तरीकों के बारे में जान सकेगें। विभिन्न अयस्कों की जानकारी हासिल कर सकेगें।

यह पुस्तिका इस अध्याय में उपयोग होने वाली सभी संकल्पनात्मक (theory) तथा प्रायोगिक व्याख्याओं को सम्मिलित रखती है। प्रत्येक टॉपिक की थ्योरी के साथ उदाहरण दिये गये हैं। प्रत्येक टॉपिक के थ्योरी भाग के अन्त में सभी तरह के मिश्रित (miscellaneous) साधित (solved) उदाहरण दिये हुए हैं, जो इस अध्याय की सभी संकल्पनाओं के अनुप्रयोग को स्पष्ट करते हैं।

विद्यार्थियों को सलाह दी जाती है, कि प्रत्येक विद्यार्थी इन सभी हल किये उदाहरणों को अवश्य पढ़ें, समझें ऐसा करने से इसे सम्बन्धित टॉपिक को अच्छी तरह समझने में मदद मिलेगी।

अध्याय **धातुकर्म** में कुल प्रश्नों की संख्या है :

| | |
|---|---|
| अध्याय में उदाहरण | 12 |
| दृष्टान्तीय उदाहरण | 09 |
| **कुल प्रश्नों की संख्या** | **21** |

# धातुकर्म

## 1. परिचय ::

धातु का इसके अयस्क से निष्कर्षण की प्रक्रिया सरलतम व फायदेमन्द तरीके से करना धातुकर्म कहलाता हैं-

**(i)** **खनिज** वह पदार्थ है जिसमें धातु या तो नवजात (native) अवस्था में या संयुक्त अवस्था में उपस्थित होती है

**(ii)** **"अयस्क"** खनिज है जिससे धातु को व्यापारिक या सुविधारूप में निष्कर्षित किया जा सकता है।

**(iii)** **"आधात्री या मेट्रिक्स"** अयस्क में उपस्थित अधात्विक अशुद्धियॉ होती हैं।

## 2. धातुकर्म में सम्मिलित सामान्य पद ::

**2.1** **टुकड़े करना तथा पीसना** :

वह प्रक्रिया जिसमें क्रशर्स तथा ग्राइण्डर्स के उपयोग द्वारा बड़े आकार के पिण्ड को छोटे टुकड़ों में परिवर्तित करने के पश्चात् पदार्थ को बहुत बारीक पीसा (चूर्ण करना) जाता है।

**2.2** **अयस्क का सान्द्रण** :

वह प्रक्रिया जिसमें अयस्क से अशुद्धियों (आधात्री) को निम्न विधियों द्वारा दूर किया जाता है।

**2.2.1** **गुरूत्वीय पृथक्करण** :

**(i)** यह विधि अयस्क कणों तथा आधात्री (gangue) कणों के घनत्व के अन्तर पर आधारित हैं।

**(ii)** आधात्री कणों युक्त चूर्ण किये गये अयस्क को बहते हुए जल में डाला जाता है।

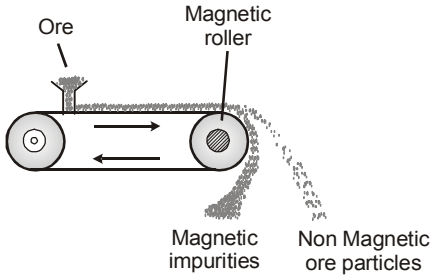
**(iii)** हल्के अशुद्ध कण जल के साथ बाहर आ जाते हैं तथा भारी अयस्क कण तल में बैठ जाते हैं।

**(iv)** सामान्यतः इसे ऑक्साइड तथा कार्बोनेट अयस्कों के लिऐ प्रयुक्त किया जाता है।

**2.2.2** **चुम्बकीय पृथक्करण** (Magnetic separation)

**(i)** यदि किसी एक में (अयस्क या आधात्री में) चुम्बकीय गुण हों तो इसके द्वारा पृथक्करण किया जाता है।

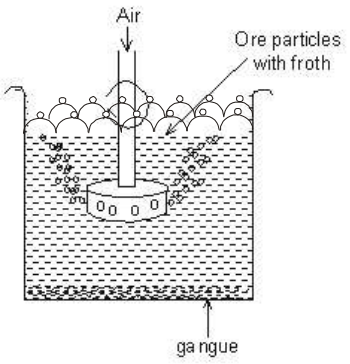
**उदाहरणः** यह प्रक्रम Fe के धातुकर्म में प्रयुक्त होता है।




**2.2.3** **झाग प्लावन विधि**

**(i)** यह विधि सामान्यतः सल्फाइड अयस्कों के लिऐ प्रयुक्त की जाती है।

**(ii)** यह अयस्क तथा आधात्री का जल व तेल के प्रति गीला होने (wetting) पर आधारित है।




**(iii)** सामान्यतः विभिन्न अभिकर्मकों के प्रयोग द्वारा अयस्क कण वायुस्नेही (aerophillic) तथा आधात्री (gangue) कण वायुविरोधी (aeropbic) बनते हैं।

**(iv)** अयस्क कण हवा के बुलबुलों के साथ सतह पर ऊपर आ जाते हैं तथा सतह से निकाल लिये जाते हैं जबकि आधात्री कण गीले हो जाते हैं तथा टेंक के तल पर बैठ जाते हैं।

**(v)** अभिकर्मक झाग कारक (चीड़ का तेल), संग्राहक (एथिल जैन्थेट तथापोटेशियम एथिल जेन्थेट) सक्रियकारक (कॉपर सल्फेट) डिप्रेसर (सोडियम सायनाइड, क्षार) के रूप में कार्य करते हैं।

**2.2.4** **लीचिंग**

**(i)** यह सान्द्रण की रासायनिक विधि है।

**(ii)** अयस्क का चयनात्मक घोलक (Selective dissolution) प्रबल अभिकर्मक है, जबकि अधात्री कण अघुलित होते हैं तथा पृथक हो जाते हैं।

**(iii)** यह विधि एल्युमिनियम, चॉदी, स्वर्ण इत्यादि के अयस्कों के सान्द्रण के लिए प्रयुक्त होती है।

## 2.3 सांद्रित अयस्क का कार्य

### 2.3.1 सांन्द्रित अयस्क का इसके ऑक्साइड रूप में परिवर्तन

**(a) निस्तापन :**

**(i)** अयस्क को वायु की अनुपस्थिति में जलयोजित ऑक्साइड या कार्बोनेट से क्रमशः जल या $CO_2$ हटाने के लिए गर्म किया जाता है।

**(ii)** प्रक्रिया का ताप अभिकृत अयस्क के गलनॉक से कम होता है।

**(iii)** निस्तापन के दौरान नमी, वाष्पशील अशुद्धियॉ दूर होने के कारण अयस्क छिद्रित (Porous) हो जाती है।

उदा. $Al_2O_3 . 2H_2O \longrightarrow Al_2O_3 + 2H_2O$

$2Fe_2O_3 . 3H_2O \longrightarrow 2Fe_2O_3 + 3H_2O$

$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$

$MgCO_3 \longrightarrow MgO + CO_2$

**(b) भर्जन :**

**(i)** अयस्क को अन्य पदार्थो, सामान्यतः ऑक्सीजन के साथ प्रबल गर्म किया जाता है।

**(ii)** सल्फाइड अयस्कों के लिए प्रयुक्त की जाती है।

**(iii)** प्रक्रिया ताप अभिकृत अयस्क के गलनॉक से नीचे होता है।

**(iv)** अयस्क का रासायनिक परिवर्तन होता है।

**(v)** वाष्पशील पदार्थो के रूप में कुछ अशुद्धियॉ दूर हो जाती हैं–

$S + O_2 \longrightarrow SO_2 \uparrow$

$4\ As + 3O_2 \longrightarrow 2As_2O_3 \uparrow$

$P_4 + 5O_2 \longrightarrow 2P_2O_5 \uparrow$

उदा.

**(a)** धातु सल्फाइडों का ऑक्साइडों में परिवर्तन

$2\ ZnS + 3O_2 \longrightarrow 2\ ZnO + 2SO_2$

$2\ PbS + 3O_2 \longrightarrow 2\ PbO + 2SO_2$

**(b)** धातु सल्फाइड, सल्फेट में परिवर्तित होते हैं

$PbS + 2O_2 \longrightarrow PbSO_4$

$ZnS + 2O_2 \longrightarrow ZnSO_4$

**(c)** धातु सल्फाइड, क्लोराइडों में परिवर्तित होते हैं

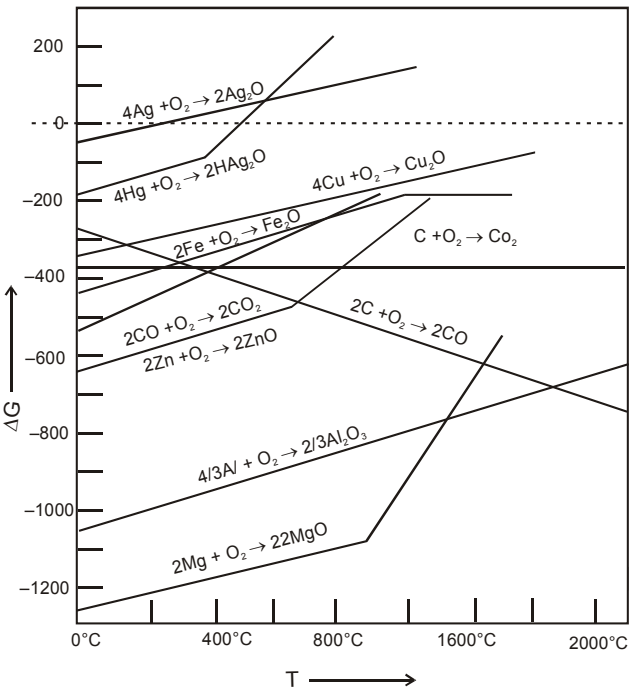
$Ag_2S + 2\ NaCl \longrightarrow 2\ AgCl + Na_2S$

**(d)** अमलगम का परिवर्तन

$AgCl + 2\ Hg \longrightarrow Ag – Hg + HgCl$

### वक्र चित्र

गिब्स ऊर्जा में जो परिवर्तन होते हैं। जब ऑक्सीजन के एक मोल को तापमान के सापेक्ष धातुओं की अभिक्रियाओं की संख्या के लिए उनके ऑक्साइडों को बनाने के लिए खींचा जाता है। जैसे वक्र की चित्र में दर्शाया गया है। इसे ऑक्साइड के लिए एलिंगम चित्र कहते है। समान रूप से हम सल्फाइड व हेलाइड के लिए एलिंगम चित्र खिंच सकते है।




### ऑक्साइड के लिए एलिंगम चित्र निम्न प्रमुख गुण दर्शाता है

(i) एलिंगम चित्र सामान्यतया तत्वों के ऑक्साइड बनाने के लिए $\Delta G°$ को T को खींचा जाता है। अर्थात् निम्न अभिक्रिया के लिए।

(ii) ग्राफ धातुओं से धातु ऑक्साइड के लिए सभी ऊपर की ओर ढलानों के लिए होता है क्योंकि गिब्स ऊर्जा में परिवर्तन तापमान बढ़ने कम ऋणात्मक हो जाता है इसका कारण अभिक्रिया के लिए $\Delta S$ ऋणात्मक होना है अतः $T\Delta S$ तापमान बढ़ने के साथ ओर अधिक ऋणात्मक हो जाता है।

(iii) प्रत्येक वक्र सरल रेखा क पालन करता है। जब तक कि अवस्था में कुछ परिवर्तन न आ जाये (जैसे ठोस या द्रव या द्रव का गैस मे) जिसके परिणामस्वरूप एण्ट्रोपी में अधिक परिवर्तन होता है व रेखा के ढाल में परिवर्तन होता है। उदाहरण के लिए 1120° C पर

Mg–MgO रेखा के लिए ढाल परिवर्तित होता है। समान रूप से गलने के कारण Zn–ZnO रेखा में अचानक परिवर्तन होता है।

(iv) जब तापमान बढ़ाया जाता है। एक बिन्दु पहुंचेगा जब रेखा $\Delta G = 0$ रेखा को पार करती है। इस तापमान के नीचे $\Delta_f G°$ का ऑक्साइड ऋणात्मक होता है अतः ऑक्साइड स्थायी है। इस ताप के ऊपर $\Delta f G°$ धनात्मक होता है अतः ऑक्साइड अस्थायी होता है व इसकी धातु व ऑक्सीजन में वियोजित हो जाता है। सैद्धांतिक रूप से सभी धातु ऑक्साइड इसकी धातु व ऑक्सीजन में वियोजित किये जा सकते है। यदि पर्याप्त उच्च तापमान लिया गया हो।

सामान्यतया पारे, सिल्वर व सोने के ऑक्साइड केवल वही ऑक्साइड होते है जो सरलता से प्राप्त तापमान पर वियोजित किये जा सकते है।

## 2.3.2 ऑक्साइड का धात्विक रूप में परिवर्तन

भर्जित निस्तापित अयस्क विभिन्न अपचायक तकनीकों के प्रयोग द्वारा अपचयन से धात्विक रूप में परिवर्तित हो जाता है जो कि अयस्क की प्रकृति पर निर्भर करेगा, कुछ विधियाँ नीचे दी गई हैं–

### ऊष्मा गतिकीय सिद्धांत

ऑक्साइड बनाने के लिए निम्न अभिक्रिया को लेने पर–

$2M(s) + O_2(g) \longrightarrow 2MO(s)$

इस अभिक्रिया में निकाय की परिवर्तनशीलता, (Randomness) घटती है। क्योंकि जैसे ठोसों की तुलना में अधिक परिवर्तनशील होती है। अतः अभिक्रिया के $\Delta S$ ऋणात्मक होती है। अतः यदि तापमान बढ़ाया जाये $T\Delta S$ और अधिक ऋणात्मक हो जाता है चुंकि $T\Delta S$ को समीकरण से घटाया जाता है, अतः $\Delta G$ कम ऋणात्मक हो जाता है। एक ओर, यदि $\Delta S$ धनात्मक है। तापमान बढ़ाने पर $\Delta G$ का मान घटता है। तथा अधिक ऋणात्मक हो जाता है। उदाहरण के लिए अभिक्रिया

$2C(s) + O_2(g) \longrightarrow 2CO(g)$ के लिए $\Delta S$ धनात्मक होता है तथा $\Delta G$ घटता है। वह T घटने के साथ अधिक ऋणात्मक हो जाता है–

**(a) कार्बन द्वारा अपचयन (प्रगलन)**

कम विद्युतधनी धातुओं जैसे Pb, Zn, Fe, Sn, Cu इत्यादि के ऑक्साइड कोल या कोयले के साथ प्रबल गर्म करने पर अपचयित हो जाते हैं।

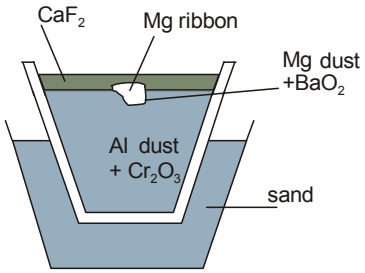
**(i)** ऑक्साइड का कार्बन के साथ उच्च ताप पर अपचयन प्रगलन कहलाता है।

**(ii)** प्रगलन के दौरान गालक (flux) मिलाया जाता है, जो कि अशुद्धियों के गलनॉक को घटाता है आसान fusible पदार्थ बनाता है जिसे **धातुमल** (slag) कहते हैं तथा इसके निम्न घनत्व के कारण इसे आसानी से अलग किया जा सकता है।

**(iii)** गालक ( flux) का चयन उपस्थित अशुद्धि की प्रकृति पर निर्भर करता है। यदि अशुद्धि अम्लीय है तो क्षारीय गालक प्रयुक्त किया जाता है तथा क्षारीय अशुद्धि होगी तो अम्लीय गालक प्रयुक्त किया जाएगा।

**(iv)** प्रगलन को सामान्यतः वात्या भट्टी (blast furnace) या परावर्तनी भट्टी (Reverberatory furnace) में करवाया जाता है।

**(b) एलुमिनियम द्वारा अपचयन (**एल्युमिनो– थर्मिक अपचयन**)**




**(i)** एल्युमिनियम इसकी उच्च विद्युतधनी प्रकृति के कारण अपचायक की भॉति कार्य करता है।

**(ii)** $Cr_2O_3$, $Mn_3O_4$ प्रकार के ऑक्साइड इस विधि द्वारा अपचयित होते हैं क्योंकि कार्बन या CO सफलतापूर्वक अपचयित नहीं होते ।

**(iii)** यह प्रक्रिया **"**गोल्डस्मिट थर्माइट प्रक्रिया**"** के नाम से जानी जाती है।

**(c) वायु में गर्म करने द्वारा अपचयन** (स्वतः अपचयन)

**(i)** इसे कम सक्रिय धातुओं जैसे Hg, Cu तथा Pb के लिए प्रयुक्त किया जाता है।

**(ii)** उच्च ताप पर ऑक्साइडों में अस्थाई प्रकृति के कारण, इनके अपचयन के लिए किसी अपचायक की आवश्यकता नहीं होती।

**उदा. :** $HgS + O_2 \xrightarrow{\Delta} Hg + SO_2 \uparrow$

$2Cu_2S + 3O_2 \xrightarrow{\Delta} 2Cu_2O + 2SO_2$ (भंजन)

$2Cu_2O + Cu_2S \xrightarrow{\Delta} 6Cu + SO_2$ (स्वतः अपचयन)

**(d) विद्युत अपघटनीय अपचयन** (इलेक्ट्रो मेटलर्जी)

**(i)** इसे उच्च विद्युतधनी धातुओं जैसे Na, K, Ca, Mg, Al इत्यादि के लिए प्रयुक्त किया जाता है।

**(ii)** इन धातुओं का निष्कर्षण, संगलित (fused) अवस्था में इनके ऑक्साइडों, हाइड्रॉक्साइडों या क्लोराइडों के विद्युत अपघटन द्वारा किया जाता है।

**उदा.:**

संगलन पर : NaCl $Na^+ + Cl^-$ (आयन चल हो जाते हैं) विद्युत अपघटन पर:

कैथोड पर $Na^+ + e^- \longrightarrow Na$

एनोड पर : $Cl^- \longrightarrow Cl + e^-$

$Cl + Cl \longrightarrow Cl_2$

**(iii)** एल्युमिनियम को विद्युत अपघट्य जो कि एल्युमिना, क्रायोलाइट तथा केल्शियम फ्लोराइड के मिश्रण से बना होता है, के विद्युत अपघटन द्वारा प्राप्त किया जाता है। (होल–हेरॉल्ट प्रक्रम)

**(e) अन्य विधियॉ हैं–**

**(i)** कार्बन मोनो आक्साइड द्वारा अपचयन (आयरन (iii) ऑक्साइड के लिये प्रयुक्त)

**(ii)** जल गैस द्वारा अपचयन (निकल ऑक्साइड के लिये प्रयुक्त)

**(iii)** अमलगमन विधि (नोबल धातुओं के लिये प्रयुक्त)

### 2.3.3 हाइड्रोमेटलर्जी (अवक्षेपण द्वारा अपचयन)

**(i)** वह प्रक्रिया जिसमें लवण विलयन से अधिक विद्युतधनी धातुऐं कम विद्युतधनी धातुओं को विस्थापित करती है।

**(ii)** सर्वप्रथम सांद्रित अयस्क प्रबल अभिकर्मक में घुल जाता है तथा अघुलनशील अवक्षेप दूर हो जाता है।

**(iii)** अब धातु का अधिक विद्युत धनी के योग द्वारा अवक्षेपण किया जाता है।

**उदा. :** सोडियम सायनाइड में सिल्वर सल्फाइड घुल जाता है जो कि विलेयशील संकुल बनाता है, फिर सिल्वर का अवक्षेपण जिंक चूर्ण के योग द्वारा किया जाता है।

$Ag_2S + 4\ NaCN \longrightarrow 2\ Na\ [Ag\ (CN)_2] + Na_2S$

सोडियम डाईसायनोअर्जेन्टेट (I)

$2\ Na\ [Ag\ (CN)_2] + Zn \longrightarrow Na_2\ [Zn\ (CN)_4] + 2\ Ag \downarrow$

**टिप्पणी :** इस प्रकार की अवक्षेपण प्रक्रिया **सीमेन्टेशन** कहलाती है।

### 2.4 शोधन :

**(i)** अपचयन प्रक्रिया में धातुओं में कई अशुद्धियॉ होती हैं, जैसे Si, P, धातुमल (slag), ऑक्साइड ,अन्य धातुऐं इत्यादि।

**(ii)** शुद्ध धातु प्राप्त करने के लिए इन सभी अशुद्धियों को दूर करना शोधन कहलाता है।

**(iii)** शोधन की विधियॉ निम्नानुसार हैं–

### 2.4.1 द्रवण द्वारा :

**(i)** यह विधि धातु तथा अशुद्धि के गलनॉक में अन्तर पर आधारित है।

**(ii)** इसे निम्न गलनॉक वाली धातुऐं जैसे Pb, Sn इत्यादि के शोधन के लिये प्रयुक्त किया जाता है।

### 2.4.2 आसवन प्रक्रिया :

**(i)** यह विधि धातुओं तथा अशुद्धियों के क्वथनांकों में अंतर पर आधारित है।

**(ii)** इसे निम्न क्वथनॉक वाली धातुओं जैसे Zn, Hg इत्यादि के लिऐ प्रयुक्त किया जाता है।

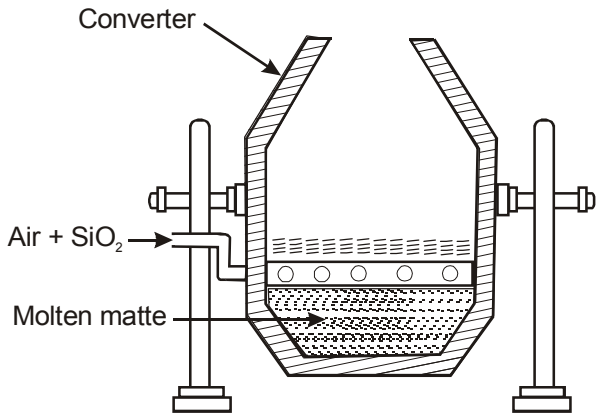
### 2.4.3 ऑक्सीकरण प्रक्रिया :

**(i)** यह चयनात्मक ऑक्सीकरण विधि है।

**(ii)** इस विधि को उन धातुओं के लिए प्रयुक्त किया जाता है जिनमें स्वयं धातुओं की अपेक्षा अशुद्धियों के ऑक्सीकृत होने की प्रवृत्ति उच्च होती है।

**(iii)** अशुद्धियॉ ऑक्साइडों में परिवर्तित हो जाती हैं तथा धातु से मलाई की तरह उतार कर निकाल ली जाती है।

**(iv)** विभिन्न धातुओं के लिऐ विभिन्न नामोंयुक्त भिन्न ऑक्सीकरण प्रक्रियाऐं प्रयुक्त की जाती हैं, उदा.दण्ड विलोडन (Poling) पुडिंग (pudding), बेसेमरीकरण तथा खर्परण (cupellation) ( Ag के लिये)




**Bessemer converter of copper**

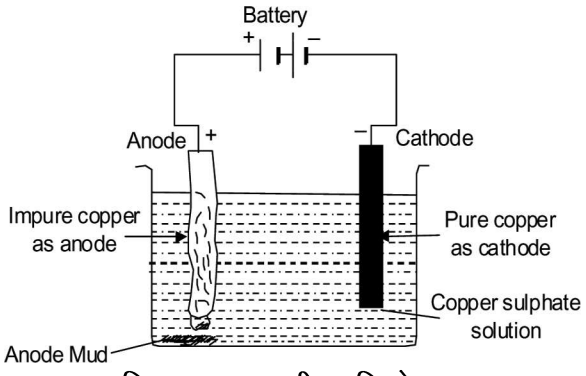
### 2.4.4 वैद्युत शोधन :

**(i)** इसे उच्च विद्युत धनी धातुओं जैसे Al, Cu, Ag, Zn, Sn, Pb, Cr तथा Ni के शोधन के लिये प्रयुक्त किया जाता है।

**(ii)** अशुद्ध धातु एनोड के रूप में बना होता है, पतली शुद्ध धातु की चादर को केथोड के रूप में रखा जाता है तथा विद्युत अपघट्य धातु के विलेय लवण विलयन का बना होता है।

**(iii)** विद्युत धारा प्रवाहित करने पर, एनोड से शुद्ध धातु घुल जाती है तथा केथोड पर जमा हो जाती है।

**(iv)** विलेयशील अशुद्धियॉ विलयन में चली जाती हैं (शोधन के पूर्ण होने पर विलयन में रह जाती हैं) जबकि अघुलनशील अशुद्धियॉ एनोड के नीचे "एनोड मड " के रूप में बैठ जाती है।




**विद्युत अपघटनी परिशोधन**

### 2.4.5 वॉन - आर्केल प्रक्रिया :

**(i)** इसे कम मात्राओं की बहुत शुद्ध रूप में धातु प्राप्त करने के लिये प्रयुक्त किया जाता है।

**(ii)** इस विधि में, धातु वाष्पशील अस्थायी यौगिक (जैसे आयोडाइड) में परिवर्तित हो जाती है तथा अशुद्धियॉ यौगिक निर्माण के दौरान प्रभावित नहीं होती है।

**(iii)** इस प्रकार प्राप्त यौगिक का शुद्ध धातु प्राप्त करने के लिए अपघटन किया जाता है।

**(iv)** इस विधि को टाइटेनियम तथा जर्कोनियम जैसी ध ातुओं के शोधन में प्रयुक्त किया जाता है।

$$Ti(s) + 2I_2(g) \xrightarrow{523\ k} Ti\ I_4(g)$$

अशुद्ध

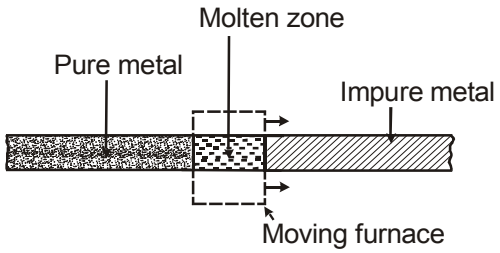
$$TiI_4(g) \xrightarrow{1700\ k} Ti\ (s) + 2I_2(g)$$

### 2.4.6 क्षेत्र परिष्करण :

**(i)** इस विधि को उन धातुओं के लिये प्रयुक्त किया जाता है जो कि अर्द्धचालकों की भॉति बहुत उच्च शुद्धता में आवश्यक होती है।

**(ii)** यह विधि इस सिद्धान्त पर आधारित है कि एक अशुद्ध धातु ठोसीकरण (solidification) पर शुद्ध धातु के क्रिस्टल जमाएगी तथा अशुद्धियॉ धातु के पिघले भाग में शेष रहेगी।

**(iii)** इस विधि को सिलिकॉन , जर्मेनियम जैसे तत्वों के शोधन के लिये प्रयुक्त किया जाता है।




**Zone refining**

### 2.4.7 मोन्ड की प्रक्रिया :

**(i)** निकिल को CO गैस के प्रयोग द्वारा शोधित किया जाता है। इसमें निकिल टेट्राकार्बोनिल का निर्माण सम्मिलित है।

$$\underset{\text{Impure nickel}}{Ni} + 4CO \xrightarrow{330-350K} Ni(CO)_4$$

$$Ni(CO)_4 \xrightarrow{450-470K} \underset{\text{Pure nickel}}{Ni} + 4CO$$

Example based on **धातुकर्म में सम्मिलित सामान्य पदों पर आधारित**

**उदा.1** एक पदार्थ अधात्री (gangue) से क्रिया करके संगलित (fusible) पदार्थ बनाता है, कहलाता है–

(A) गालक (B) उत्प्रेरक

(C) अयस्क (D) धातुमल

**हल** **(A)**

गालक, अधात्री से संयुक्त होकर निम्न गलनॉक वाला पदार्थ धातुमल (slag) बनाता है।

**उदा.2** निम्न में से कौनसी सान्द्रण तकनीक नहीं है–

(A) लेविगेशन (B) झाग प्लावन

(C) लीचिंग (D) निस्तापन

**हल** **(D)**

निस्तापन निष्कर्षण की विधि है।

**उदा.3** अयस्क जिसको कि प्लावन विधि द्वारा सांद्रित किया जाता है–

(A) कार्बोनेट (B) सल्फाइड

(C) ऑक्साइड (D) फॉस्फेट

**हल** **(B)**

प्लावन विधि में , अयस्क कण आधात्री कणों की तुलना है वायुस्नेही (aerophillic) होने चाहिए। सल्फाइड अयस्क में यह लक्षण होता है।

**उदा.4** निस्तापन वह प्रक्रिया है, जिसमें –

(A) अयस्क को वायु की उपस्थिति में गर्मकिया जाता है

(B) अयस्क को सल्फर की उपस्थिति में गर्म किया जाता है

(C) अयस्क को वायु की अनुपस्थिति में गर्म किया जाता है

(D) अयस्क को क्लोरीन की उपस्थिति में गर्म किया जाता है

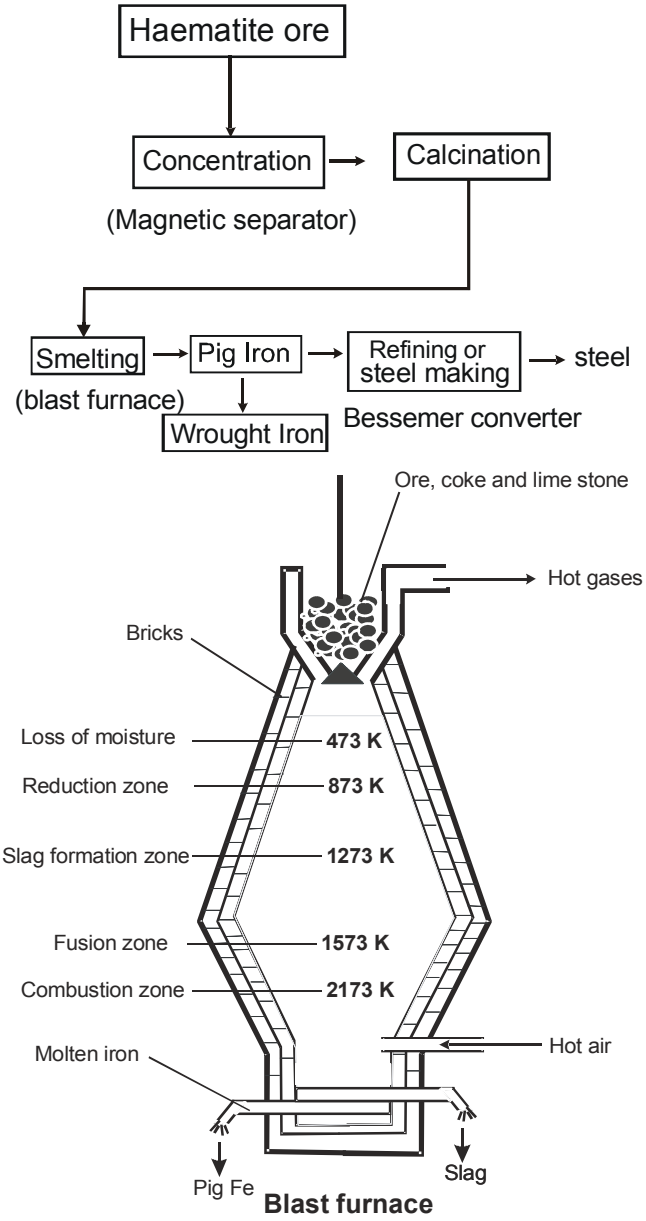
**हल** **(C)**

निस्तापन वह प्रक्रिया है जिसमें नमी तथा वाष्पशील अशुद्धियों को दूर किया जाता है तथा प्रक्रिया को वायु की अनुपस्थिति में करवाया जाता है।

## 3. लौह अयस्क का निष्कर्षण

**(a) अयस्क :** हेमेटाइट – $Fe_2O_3$ ; लिमोनाइट– $2Fe_2O_3 . 3H_2O$ ; सिडेराइट $FeCO_3$ ; मेग्नेटाइट– $Fe_3O_4$, पायराइट- $FeS_2$.

**(b) प्रक्रम**




**(c) अभिक्रियाऐं :**

**(i) भर्जन :** प्रगलन के दौरान लौह की हानि से सुरक्षा के लिऐ FeO , $Fe_2O_3$ में परिवर्तित हो जाता है।

$$4FeO + O_2 \longrightarrow 2Fe_2O_3$$

**(ii) प्रगलन :**

अपचयन क्षेत्र में : -

400°C पर $3Fe_2O_3 + CO \longrightarrow 2Fe_3O_4 + CO_2 \uparrow$

$Fe_3O_4 + CO \longrightarrow 3FeO + CO_2 \uparrow$

600°C पर $FeO + CO \longrightarrow Fe + CO_2 \uparrow$

$Ca\ CO_3 \longrightarrow CaO + CO_2 \uparrow$

केन्द्रीय क्षेत्रा में :

$FeO + CO \longrightarrow CO_2 + C + Fe$

(900 – 1200°C) यहाँ पर Fe उत्प्रेरक की भाँति कार्य करता है तथा 'C' बनता है जो कि Fe में घुल जाता है।

$CaO + SiO_2 \longrightarrow CaSiO_3$

(गालक) (अशुद्धि) (धातुमल)

संगलित क्षेत्र में

$CO_2 + C \longrightarrow 2CO, \Delta H = + ve$

(1100 – 1200°C) लोहा पिघलता है

दहन क्षेत्रा में $C + O_2 \longrightarrow 2CO, \Delta H = - ve$

(1500 – 1600ºC)

**(d) कच्चा लोहा :** C ≈ 3.1 – 4.5%, कुछ मात्रा में Si, S, P की ; कठोर तथा भंगुर, वात्या भट्टी से प्राप्त किया जाता है।

**(e) पिटवां लोहा :** C ≈ 0.15 – 0.28%, शुद्धतम रूप ; आघातवर्धनीय; (malleable) , रेशामय (fibrous)

**(f) इस्पात :** C ≈ 0.15 – 1.5%, उच्च सामर्थ्य होता है।

Example based on

## लोहे पर आधारित

**उदा.5** चुम्बकीय पृथककरण का उपयोग निम्न का सान्द्रण बढ़ाने के लिऐ किया जाता है –

(A) हॉर्न सिल्वर (B) केलसाइट

(C) हेमेटाइट (D) मेग्नेसाइट

**हल** **(C)** हेमेटाइट अयस्क में चुम्बकीय गुण होता है, तथा इसे चुम्बकीय पृथ्थकरण द्वारा पृथक किया जा सकता है।

**उदा.6** वात्या भट्टी में, आयरन ऑक्साइड का अपचयन किसके द्वारा होता है–

(A) सिलिका (B) CO

(C) C (D) लाइमस्टोन

**हल** **(B)** $FeO + CO \longrightarrow Fe + CO_2$

**उदा.7** इस्पात में ..... प्रतिशत कार्बन होता है –

(A) 3.1 – 4.5% (B) 2.2 – 3.1%

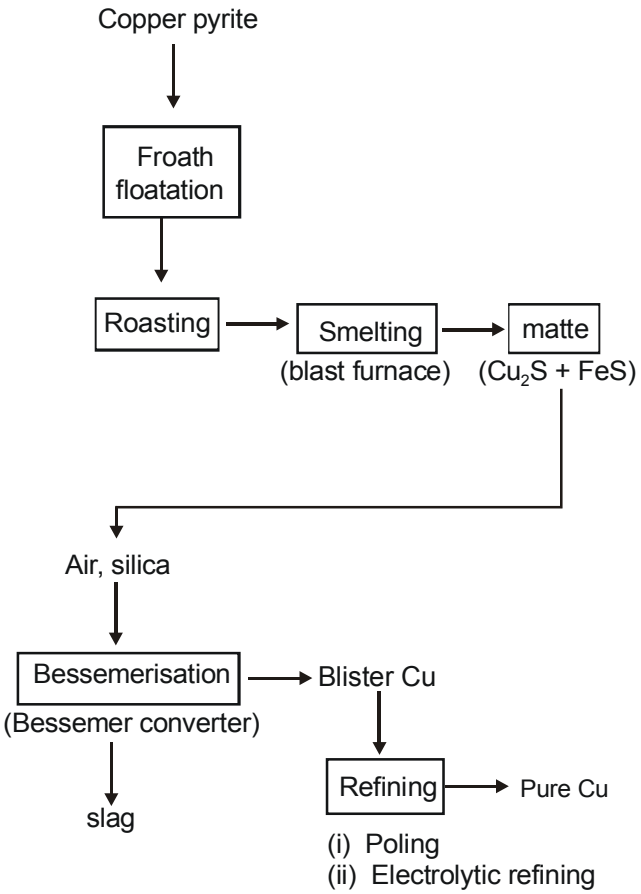
(C) 0.15 – 0.28% (D) 0.15 – 1.5%

**हल** **(D)**

## 4. ताम्र का निष्कर्षण

**(a) अयस्क :** कॉपर पायराइटीज $CuFeS_2$ (मुख्य) ; क्यूप्राइट या रूबी कॉपर $Cu_2O$ ; कॉपर ग्लान्स $Cu_2S$ ; मेलेकाइट $Cu(OH)_2 . CuCO_3$ ; एजुराइट $Cu(OH)_2 . 2CuCO_3$.

**(b) प्रक्रम :**




**(c) अभिक्रियाऐं:**

**(i) भर्जन :**

$2CuFeS_2 + O_2 \longrightarrow Cu_2S + 2FeS + SO_2$

$2FeS + 3O_2 \longrightarrow 2FeO + 2SO_2$

$2Cu_2S + 3O_2 \longrightarrow 2Cu_2O + 2SO_2$

**(ii) प्रगलन :**

$Cu_2O + FeS \longrightarrow Cu_2S + FeO$

$FeO + SiO_2 \longrightarrow FeSiO_3$

**(iii) बेसेमरीकरण:**

$2FeS + 3O_2 \longrightarrow 2FeO + 2SO_2$

$FeO + SiO_2 \longrightarrow FeSiO_3$

$2Cu_2S + 3O_2 \longrightarrow 2CuO + 2SO_2$

$Cu_2S + 2Cu_2O \longrightarrow 6Cu^2 + SO_2$

(self re duction)

**(iv) दण्ड विलोडन :** Cu में उपस्थित किसी भी कॉपर ऑक्साइड का अपचयन करने के लिऐ गलित Cu की हरी लकड़ी के दण्ड द्वारा हिलाया जाता है।

**(v) विद्युत अपघटनीय शोधन :** एनोड – अशुद्ध Cu ; केथोड– शुद्ध Cu ; विद्युत अपघट्य $CuSO_4 + H_2SO_4$.

**टिप्पणी :** ताम्र (Copper) को हाइड्रोमेटेलर्जीकल प्रक्रिया द्वारा भी निष्कर्षित किया जा सकता है।.

Example based on **ताम्र (Copper) पर आधारित**

**उदा.8** मेट को इस पद के बाद प्राप्त किया जाता है–

(A) झाग प्लवन (B) भर्जन

(C) प्रगलन (D) शोधन

**हल** **(C)** $Cu_2S$ व FeS मेट होता है जो भट्टी के क्षार से प्राप्त किया जाता है।

## 5. एल्युमिनियम का निष्कर्षण ::

**(a) अयस्क :**

(i) **ऑक्साइड** :

बॉक्साइट $Al_2O_3.\ 2H_2O$ ; डायस्पोर $Al_2O_3.H_2O$ ; कॉरन्डम $Al_2O_3$.

(ii) **सिलिकेट** :

फेल्सपार KAl $Si_3O_8$; माइका $K_2O.\ 3Al_2O_3.\ 6SiO_2.2H_2O$ ; केओलिनाइट $Al_2O_3.\ 2SiO_2.2H_2O$

(iii) **फ्लोराइड** :

क्रायोलाइट $Na_3$ Al $F_6$

(iv) **सल्फेट** :

एलूनाइट $K_2\ SO_4.\ Al_2(SO_4)_3.4Al\ (OH)_3$

(v) **फॉस्फेट** :

टरकॉइज $AlPO_4.\ Al(OH)_3.H_2O$

**(b) प्रक्रम :**

**(i) बॉक्साइट का शोधन :**

**(x) बेयर की विधि**

यदि $Fe_2O_3$ मुख्य अशुद्धि है - लाल बॉक्साइट - अयस्क का फेरस ऑक्साइड का फेरिक ऑक्साइड में परिवर्तन के लिए भर्जित किया जाता है।

$- Al_2O_3.2H_2O + 2NaOH \xrightarrow{150°C} 2NaAlO_2 + 3H_2O$ ($Fe_2O_3$ अघुलित)

$- NaAlO_2 + 2H_2O \longrightarrow NaOH + Al(OH)_3$ श्वेत अवक्षेपण

$- 2Al(OH)_3 \xrightarrow{\Delta} Al_2O_3 + 3H_2O$

**(y) हॉल की विधि**

यदि $Fe_2O_3$ मुख्य अशुद्धि है – लाल बॉक्साइट - बॉक्साइट अयस्क को $Na_2CO_3$के साथ संगलित किया जाता है।

$- Al_2O_3.2H_2O + Na_2CO_3 \xrightarrow{Fuse} 2NaAlO_2 + CO_2\uparrow + 2H_2O$

$- 2NaAlO_2 + 3H_2O + CO_2 \xrightarrow{50°C} 2Al(OH)_3\downarrow + Na_2CO_3$

$- 2Al(OH)_3 \xrightarrow{\Delta} Al_2O_3 + 3H_2O$

**(z) सरपेक की विधि :**

यदि $SiO_2$ मुख्य अशुद्धि है - सफेद बॉक्साइट

$- Al_2O_3 + 3C + N_2 \xrightarrow{1000°C} 2AlN + 3CO$

$- AlN + 3H_2O \xrightarrow{digest} Al(OH)_3 + NH_3$

$- SiO_2 + 2CO \longrightarrow 2CO_2\uparrow + Si$

$- 2Al(OH)_3 \xrightarrow{\Delta} Al_2O_3 + 3H_2O$

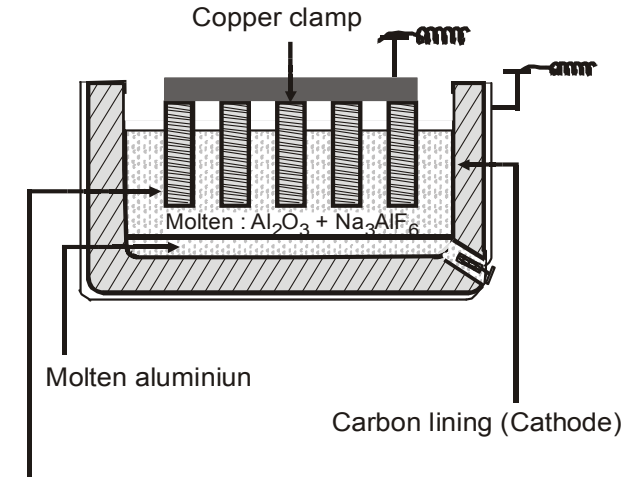
(ii) संगलित एलुमिना का विद्युत अपघटन

केथोड : कार्बन ईटों से स्तरित लौह टंकी

एनोड : कार्बन छड़ें

वैद्युत अपघट्य : संगलित [$Al_2O_3$ (5%) $Na_3$ $AlF_6$ (85%) + $CaF_2$(5%) + $AlF_3$(5%) ]

एनोड पर $O_2$ मुक्त होती है तथा Al का तल से संग्रह किया जाता है।




**Hall Heroult process**

(iii) अभिक्रियाएं : $Na_3Al\ F_6 \longrightarrow 3NaF + AlF_3$

$AlF_3 \qquad Al^{3+} + 3F^-$

एनोड पर : $Al_2O_3 + 6F^- \rightarrow 2Al\ F_3 + 3/2\ O_2 + 6e^-$

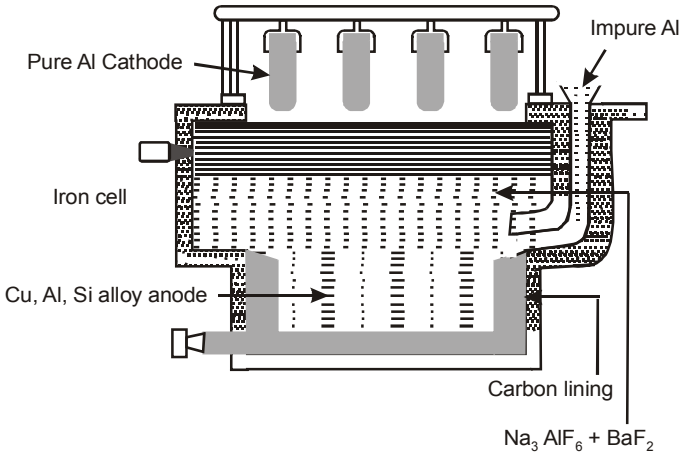
केथोड पर : $2Al^{3+} + 6e^- \longrightarrow 2Al$

(iv) वैद्युत अपघटनीय शोधन (हूप का प्रक्रम), त्रिस्तरीय प्रक्रम

केथोड : कार्बन इलेक्ट्रॉड्स

एनोड : Fe टेंक जो कार्बन ईटों से स्तरित हो

**वैद्युत अपघट्य :**




**Hoope's process for purification of aluminium**

तल की परत : पिघली हुई अवस्था में अशुद्ध एल्युमिनियम में Cu, Si इत्यादि होते हैं।

मध्य की परत : Na, Ba, Al तथा $Al_2O_3$ के फ्लोराइडों का पिघला हुआ मिश्रण

ऊपरी परत : द्रवित शुद्ध एल्युमिनियम धारा प्रवाहित करने पर, मध्य परत से Al कैथोड पर जमा हो जाते हैं तथा Al की तुल्य मात्रा निचली परत से अशुद्धियां छोड़ते हुऐ मध्य परत में आ जाती है।

Example based on **एलुमिनियम पर आधारित**

**उदा.9** $Al_2O_3$ से एल्युमिनियम को इस विधि से प्राप्त किया जाता है–

(A) तापीय अपचयन

(B) हाइड्रोमेटलर्जीकल विधि

(C) विद्युत अपघटनीय अपचयन

(D) लौह द्वारा अपचयन

**हल** **(C)** सभी धातु जो उच्च विद्युतधनी प्रकृति के होते हैं, विद्युत अपघटनीय अपचयन सबसे उपयुक्त विधि है।

**उदा.10** यदि बॉक्साइट में $SiO_2$ अशुद्धि के रूप में हो तो यह प्रक्रम प्रयुक्त किया जाता है–

(A) हॉल का प्रक्रम (B) बेयर का प्रक्रम

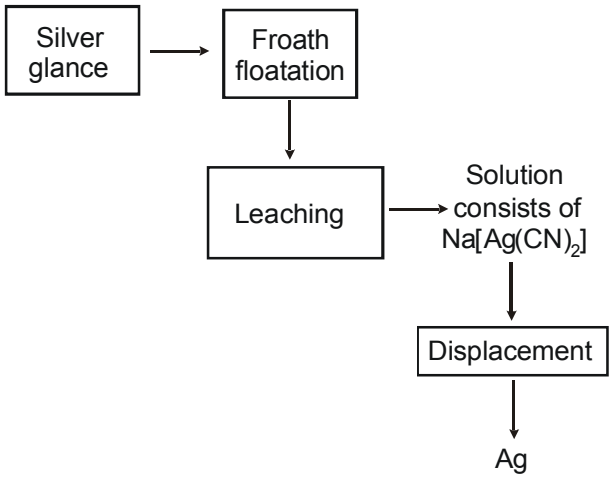
(C) हूप का प्रक्रम (D) सरपेक का प्रक्रम

**हल** **(D)** बेयर और हॉल विधि को प्रयुक्त किया जाता है जब $Fe_2O_3$ मुख्य अशुद्धि होती है। हूप विधि परिशोधन विधि है।

## 6. रजत का निष्कर्षण ::

**(a) अयस्क :** सिल्वर ग्लांस या अर्जेन्टाइट $Ag_2S$, रूबी रजत (Silver) $Ag_2S.\ Sb_2\ S_3$, हॉर्न रजत (Silver) AgCl.

**(b) प्रक्रम :** साइनाइडेशन या मेक -आर्थर-फॉरेस्ट प्रक्रम



**(c) अभिक्रियाऐं:**

$Ag_2S + 4\ NaCN \qquad 2Na\ [Ag(CN)_2] + Na_2S$

; वायु प्रवाहित करने पर $Na_2S$ का ऑक्सीकरण होता है, तथा अग्र अभिक्रिया होती है।

$4Na_2S + 2H_2O + 5O_2 \longrightarrow 2Na_2SO_4 + 4NaOH + 2\ S$

$2Na\ [Ag(CN)_2] + Zn \longrightarrow Na_2[Zn(CN)_4] + 2Ag \downarrow$

सोडियम अर्जेन्टो सायनाइड  सोडियम जिन्को सायनाइड

अवक्षेपित रजत को बोरेक्स या $KNO_3$ के साथ संगलन (fusion) द्वारा पृथक तथा शोधन करने से शुद्ध रजत प्राप्त की जाती है।

वैद्युत अपघटनीय शोधन : एनोड : अशुद्ध Ag

कैथोड : शुद्ध Ag

वैद्युत अपघट्य : $AgNO_3(aq.) + HNO_3$.

Example based on **रजत पर आधारित**

**उदा.11** विक्षालन (Leaching) को कौनसे सल्फाइड अयस्क के लिए प्रयुक्त किया जाता है–

(A) गेलेना  (B) अर्जेन्टाइट

(C) स्फेलेराइट  (D) सिनेबार

**हल. (B)**

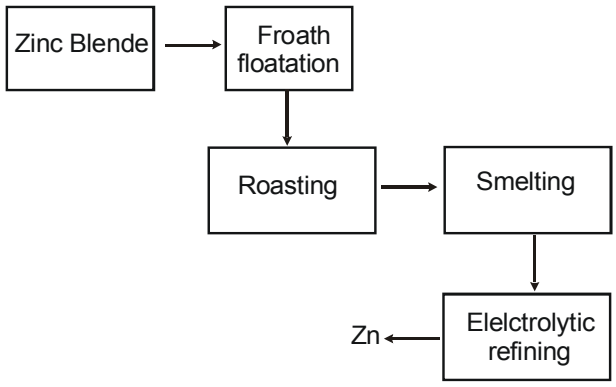
अर्जेन्टाइट का विक्षालन (Leaching) NaCN अभिकर्मक से किया जाता है–

## 7. जिन्क का निष्कर्षण

**प्राप्ति :** जिंक सामान्यतः संयुक्त अवस्था में पाया जाता है यद्यपि इस धातु के ट्रेस (traces) मेलबोर्न (ऑस्ट्रेलिया) से ज्ञात किये गये हैं। इसके मुख्य अयस्क हैं :

1. जिन्क ब्लेन्ड, ZnS
2. केलामाइन या स्फेलेराइट, $ZnCO_3$
3. जिंकाइट, ZnO

**1. निष्कर्षण प्रक्रिया :** इसके अन्तर्गत निम्नलिखित पद होते हैं :




**(ii) भर्जन अभिक्रियाऐं :**

$2ZnS + 3O_2 \longrightarrow 2ZnO + 2SO_2$

$ZnS + 2O_2 \longrightarrow ZnSO_4$

$2ZnSO_4 \longrightarrow 2ZnO + 2SO_2 + O_2$

जब अयस्क केलामाइन होती है तो यह कार्बन डाईऑक्साइड के निष्कासन के साथ ऑक्साइड में विघटित होगी (निस्तापन किया जाता है)।

$ZnCO_3 \longrightarrow ZnO + CO_2$

भर्जन के लिए परावर्तनी भट्टी काम में ली जा सकती है।

**(iii) अपचयन : प्रगलन**

$ZnO + C \longrightarrow Zn + CO$

Example based on **जिंक**

**उदा.12 केलामिन को किससे सान्द्रित किया जाता है?**

(A) चुम्बकीय पृथक्करण विधि

(B) झाग प्लवन

(C) साइनाइड विधि

(D) गुरूत्व पृथक्करण विधि

**हल.(D)** कार्बोनेट अयस्कों को गुरूत्व पृथक्करण विधि द्वारा सान्द्रित किया जाता है।

# दृष्टान्तीय उदाहरण

**उदा.1** निम्न में से किसका उपयोग एल्युमिनियम के निष्कर्षण में नहीं किया जाता –

(A) वॉन– आर्केल प्रक्रम
(B) सरपेक प्रक्रम
(C) बेयर का प्रक्रम
(D) हॉल–हेरॉल्ट का प्रक्रम

**हल** **(A)**

वॉन आर्केल ही वह शोधन प्रक्रिया है जिससे अतिशुद्ध धातु प्राप्त की जाती है। इस प्रक्रम में अशुद्ध धातु को वाष्पशील आयोडाइड में परिवर्तित किया जाता है, जो कि दोबारा वियोजित होकर शुद्ध धातु देती है।

**उदा.2** अयस्क को वायु की अनुपस्थिति में इसके गलनांक से नीचे गर्म करना कहलाता है–

(A) विक्षालन (B) भर्जन
(C) प्रगलन (D) निस्तापन

**हल** **(D)**

वायु की उपस्थिति में गर्म करना भर्जन कहलाता है।

**उदा.3** कार्नेलाइट किसका अयस्क है–

(A) सोडियम (B) पोटेशियम
(C) मेंगनीज (D) एल्युमिनियम

**हल** **(B)**

कार्नेलाइट $KCl.MgCl_2.6H_2O$ है।

**उदा.4** जिंक ब्लेण्ड का भर्जन वायु में करने पर देता है –

(A) जिंक कार्बोनेट (B) $SO_2$ और ZnO
(C) ZnS और $ZnSO_4$ (D) $CO_2$ और ZnO

**हल** **(B)**

$$ZnS + O_2 \longrightarrow ZnO + SO_2$$

**उदा.5** सायनाइड विधि में प्रयुक्त अभिकर्मक है –

(A) NaOH (B) NaCN
(C) $Na_2CO_3$ (D) $NaNO_3$

**हल (B)** यह सोने व रजत को सान्द्रित करने में प्रयुक्त होता है।

**उदा.6** एल्युमिनों तापी विधि में, एल्युमिनियम को किसके रूप में प्रयुक्त किया जाता है–

(A) ऑक्सीजन (B) गालक
(C) अपचायक (D) सोलडर

**हल** **(C)**

Al की Cr व Mn के ऑक्साइड को अपचायित करने में प्रयुक्त किया जाता है।

**उदा.7** निम्न में से कौनसी सान्द्रण तकनीक नहीं है–

(A) गुरूत्व पृथक्करण (B) झाग प्लावन
(C) लीचिंग (D) निस्तापन

**हल** **(D)**

सान्द्रण वह विधि है जिसमें यांत्रिक पृथ्क्करण द्वारा आधात्री (gangue) पदार्थों को हटाने के लिये प्रयुक्त किया जाता है। निस्तापन में, वाष्पशील अशुद्धियों को हटाया जाता है।

**उदा.8** सेजिटेराइट किसका अयस्क है?

(A) Mn (B) Ni (C) Sb (D) Sn

**हल** **(D)**

सेजिटेराइट $SnO_2$ है।

**उदा.9** सेजिटेराइट की किससे सान्द्रित किया जाता है–

(A) गुरूत्व पृथक्करण विधि
(B) विद्युत चुम्बकीय पृथक्करण
(C) प्लवन
(D) द्रवीकरण

**हल** **(B)**

इसमें लौह अशुद्धियां होती है।