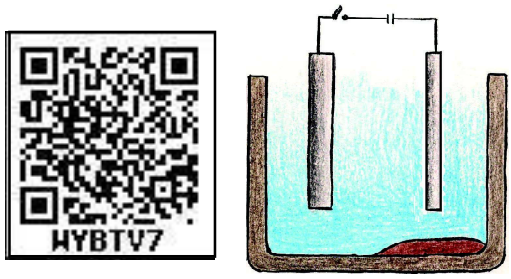
अध्याय–9

धातु एवं धातुकर्म

(METALS AND METALLURGY)



पदार्थों को शुद्ध पदार्थ तथा मिश्रण के रूप में वर्गीकृत किया जाता है। हम यह भी जानते हैं कि शुद्ध पदार्थ, तत्व या यौगिक हो सकते हैं। तत्व (सौ से अधिक) आपस में मिलकर हमारे चारों ओर पाए जाने वाले सभी पदार्थ बनाते हैं। तत्वों को पुनः धातुओं तथा अधातुओं में वर्गीकृत किया जाता है। किंतु क्या यह निश्चित करना आसान है कि कौन सा तत्व धातु है और कौन सा अधातु? इस अध्याय में हम तत्वों के उन गुणों का अध्ययन करेंगे जिनके आधार पर हम उन्हें धातु के रूप में पहचानते हैं।

9.1 धातुओं के भौतिक गुणधर्म कौन–कौन से हैं? (What are the physical properties of metals)

पिछली कक्षाओं में हमने धातुओं के भौतिक गुणों के बारे में सीखा है। हम जानते हैं कि धातुएँ चमकीली होती हैं। इन्हें पीटकर पतली चादर या पन्नी बनाई जा सकती है और इन्हें पतले तारों के रूप में भी खींचा जा सकता है। धातुएँ ऊष्मा और विद्युत की सुचालक होती हैं। धातुओं को पीटने पर आवाज उत्पन्न होती है तथा सामान्यतः सभी धातुएँ उच्च ताप पर पिघलती हैं।

आइए, हम धातुओं के गुणों का गहनता से अध्ययन करने के लिए एक क्रियाकलाप करें–

क्रियाकलाप–1

अपने आस–पास उपलब्ध कुछ धातुओं जैसे–लोहा, ऐलुमिनियम, ताँबा, जिंक के नमूने एकत्रित कीजिए। अब इन धातुओं का ध्यान से अवलोकन कर बताइए कि–

- क्या सभी धातुएँ चमकदार हैं?
- क्या सभी धातुओं को हथौड़ी से पीटकर चादर या पन्नी बनाई जा सकती है?

(निर्देश–धातुओं का चयन करते समय ध्यान रखें, आपको धातुओं का चयन करना है मिश्र धातुओं का नहीं।)

हमने देखा कि धातुओं के इन दो गुणों में समानता होते हुए भी भिन्नता है। आइए, धातुओं के अन्य गुणों के अध्ययन के लिए कुछ प्रश्नों पर विचार करें–

- अलग–अलग विद्युत उपकरणों में तार किन–किन धातुओं के बनते हैं?
- घरों में वायरिंग के लिए किस धातु का उपयोग किया जाता है?
- हाईटेंशन तार किस धातु के बनते हैं?
- भोजन पकाने के बर्तन बनाने के लिए कौन–कौन सी धातुओं का उपयोग किया जाता है और क्यों ?

हमने देखा कि हर कार्य के लिए एक विशिष्ट धातु का चयन किया जाता है। क्या कारण है कि सभी कार्यों के लिए एक ही धातु का उपयोग नहीं किया जाता? आप सोच रहे होंगे कि चयन के पीछे एक से अधिक कारण हो सकते हैं उदाहरण के लिए चाँदी विद्युत की सबसे अच्छी चालक है किन्तु इसका उपयोग तार बनाने या

उपकरणों और इमारतों की वायरिंग में नहीं किया जाता, इसके लिए आर्थिक कारण (उसका अधिक महँगा होना) प्रभावी भूमिका निभाता है।

हम जानते हैं कि धातुएँ आघातवर्ध्य, तन्य, ऊष्मा और विद्युत की सुचालक होती हैं तथा ये धात्विक ध्वनि उत्पन्न करती हैं साथ ही इनके गलनांक व क्वथनांक उच्च होते हैं। किन्तु इनमें से कुछ गुण अधातुओं में भी पाए जाते हैं जैसे कार्बन का एक अपररूप हीरा, चमकदार तथा ऊष्मा का सुचालक है। जबकि दूसरा अपररूप ग्रेफाइट धूसर रंग का तथा विद्युत का सुचालक होता है। आयोडीन अधातु है फिर भी इसके रवे चमकदार होते हैं। इसलिए किसी एक गुण के आधार पर तत्व को धातु या अधातु की श्रेणी में रखना उचित नहीं है।

9.2 धातुओं के रासायनिक गुणधर्म (Chemical properties of metals)

हमने देखा कि धातुओं के भौतिक गुणों में काफी समानताएँ तथा कुछ भिन्नताएँ हैं। क्या आपको लगता है धातुओं के रासायनिक गुणों में भी ऐसा ही होगा? धातुओं की क्रियाशीलता के विषय में और अधिक जानकारी हमें तब प्राप्त होती है जब हम उनकी ऐतिहासिक पृष्ठभूमि का अध्ययन करते हैं। हम यह जानने का प्रयास करते हैं कि कितने समय पूर्व से मनुष्य द्वारा उनका उपयोग किया जा रहा है और उनकी उपलब्धता कितनी है।

धातुओं के रासायनिक गुणों में अंतर के कारण इन्हें शुद्ध रूप में प्राप्त किए जाने वाले समय में अंतर दिखाई देता है (सारणी–1)। आइए, इसे समझने का प्रयास करते हैं, पिछली कक्षाओं में हमने विस्थापन अभिक्रियाओं का अध्ययन किया था। क्या आप बता सकते हैं कि क्यों कॉपर सल्फेट के विलयन में जिंक के टुकड़े डालने पर ताँबे का विस्थापन होता है, जबकि जिंक सल्फेट के विलयन में ताँबे की छीलन डालने पर कोई अभिक्रिया नहीं होती? आइए, इस प्रश्न का उत्तर देने से पहले कुछ और विस्थापन अभिक्रियाओं का अवलोकन करते हैं–

सारणी–1 : धातुओं की प्राप्ति की ऐतिहासिक पृष्ठभूमि

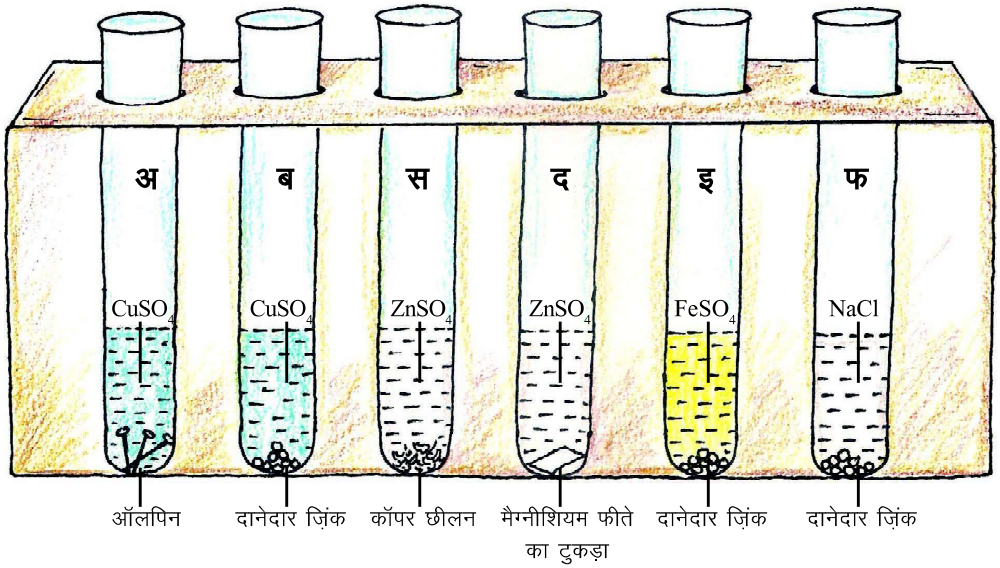
तत्व	प्राप्ति समय	भूपर्पटी में उपलब्धता
सोना	6000 ई.पू.	0.00000031%
ताँबा	4200 ई.पू.	0.0068%
चाँदी	4000 ई.पू.	0.0000079%
लेड	3500 ई.पू.	0.00099%
टिन	3000 ई.पू.	0.00022%
जिंक	2000 ई.पू.	0.0078%
आयरन	1500 ई.पू.	6.3%
मरकरी	750 ई.पू.	0.0000067%
प्लैटिनम	1735	0.0000037%
कोबाल्ट	1739	0.003%
निकैल	1751	0.0089%
टंग्स्टेन	1783	0.00011%
पोटैशियम	1807	1.5%
सोडियम	1807	2.3%
कैल्सियम	1808	5%
मैग्नीशियम	1808	2.9%
ऐलुमिनियम	1825	8.1%

क्रियाकलाप–2

*(**शिक्षकों के लिए निर्देश–** अलग–अलग बीकर में क्रमशः 2–2 g कॉपर सल्फेट, जिंक सल्फेट, आयरन सल्फेट और सोडियम क्लोराइड लेकर 100–100 mL जल में विलयन बनाइए। यह क्रियाकलाप समूहों में कराएँ।)*

- प्रत्येक समूह 6 परखनलियाँ लेकर इन्हें क्रमशः 'अ', 'ब', 'स', 'द', 'इ', 'फ' नामांकित करें।
- परखनली 'अ' तथा 'ब' में 5–5 mL कॉपर सल्फेट विलयन, परखनली 'स' तथा 'द' में 5–5 mL जिंक सल्फेट विलयन तथा परखनली 'इ' में 5 mL आयरन सल्फेट और 'फ' में 5 mL सोडियम क्लोराइड विलयन लीजिए।

- परखनली 'अ' में 2–3 लोहे की कीलें या आलपिन, परखनली 'ब' में दानेदार जिंक, परखनली 'स' में ताँबे की छीलन, परखनली 'द' में मैग्नीशियम के फीते का एक टुकड़ा, परखनली 'इ' तथा 'फ' में दानेदार जिंक डालिए (चित्र 1)।



चित्र–1 : विस्थापन अभिक्रिया द्वारा धातुओं की सक्रियता की तुलना

- पाँच–दस मिनट बाद सभी परखनलियों का अवलोकन कीजिए।
  - o क्या विलयन या धातु के रंग–रूप में कोई परिवर्तन हुआ है ?
  - o क्या कोई अवक्षेप बन रहा है ?
  - o क्या आप बता सकते हैं कि कौन सी धातु किसी अन्य धातु को उसके लवण के विलयन से विस्थापित कर रही है ?

आपने देखा कि परखनली 'अ' में आयरन, कॉपर सल्फेट विलयन से कॉपर को, 'ब' में जिंक, कॉपर सल्फेट विलयन से कॉपर को ,'द' में मैग्नीशियम, जिंक सल्फेट विलयन से जिंक को तथा 'इ' में जिंक, आयरन सल्फेट विलयन से आयरन को विस्थापित करता है। जबकि परखनली 'स' में ताँबा, जिंक सल्फेट विलयन से जिंक को और 'फ' में जिंक, सोडियम क्लोराइड विलयन से सोडियम को विस्थापित नहीं करता।

अतः वह धातु जो किसी अन्य धातु को उसके लवण के विलयन से विस्थापित कर रही है अधिक सक्रिय धातु कहलाती है। धातुओं को उनकी सक्रियता के घटते क्रम में रखने पर जो श्रेणी प्राप्त होती है, उसे सक्रियता श्रेणी (activity series) कहते हैं। कुछ धातुओं की सक्रियता सारणी–2 में दर्शाई गई है।

सारणी–2 : सक्रियता श्रेणी

Li	लिथियम (सबसे अधिक अभिक्रियाशील)
K	पोटैशियम
Na	सोडियम
Ca	कैल्सियम
Mg	मैग्नीशियम
Al	ऐलुमिनियम
Zn	जिंक
Cr	क्रोमियम
Fe	आयरन
Sn	टिन
Pb	लेड
H	हाइड्रोजन
Cu	कॉपर
Hg	मर्करी
Ag	सिल्वर
Au	गोल्ड
Pt	प्लैटिनम (सबसे कम अभिक्रियाशील)

घटती अभिक्रियाशीलता

सारणी–2 को देखने पर हमें जानकारी मिलती है कि जहाँ लिथियम सबसे ज्यादा सक्रिय धातु है वहीं प्लैटिनम सबसे कम सक्रिय धातु है। साथ ही हमें धातुओं के तुलनात्मक अध्ययन में भी सहायता मिलती है जैसे–आयरन, सिल्वर को सिल्वर के लवण से विस्थापित कर सकता है किन्तु आयरन, जिंक को जिंक के लवण से विस्थापित नहीं करेगा। सक्रियता श्रेणी में हाइड्रोजन के ऊपर आने वाली धातुएँ तनु अम्लों से अभिक्रिया कर हाइड्रोजन गैस मुक्त करती हैं।

अगर हम सक्रियता श्रेणी की धातुओं को उनके शुद्ध रूप में प्राप्त होने के समय के साथ तुलना करें तो पता चलता है कि सबसे ज्यादा अभिक्रियाशील धातुएँ जैसे– सोडियम, पोटैशियम और कैल्सियम लगभग 200 साल पहले शुद्ध तत्व के रूप में प्राप्त हुईं जबकि सबसे कम अभिक्रियाशील धातु जैसे–सोना आदि का प्राचीन सभ्यता में भी उपयोग हो रहा था। इन धातुओं को उपयोग में लाने का कारण उनका प्रकृति में तत्व रूप (शुद्ध रूप) में पाया जाना है। लोहे को उसके यौगिकों हैमेटाइट और मैग्नाटाइट से प्राप्त करने के लिए उच्च ताप की आवश्यकता होती है अतः ईंधन के रूप में लकड़ी के स्थान पर कोयला या कोक का उपयोग कर इसे प्राप्त किया गया। इतना उच्च ताप भट्टी द्वारा ही प्राप्त किया जा सकता है। इस तरह भूपर्पटी में उपलब्धता अधिक होने के बाद भी साढ़े तीन हजार वर्ष पूर्व ही इसे शुद्ध रूप में प्राप्त किया जा सका।

पारा, जस्ता और टिन ऐसी धातुएँ हैं जिन्हें उनके यौगिकों से केवल गर्म करके ही प्राप्त किया जा सकता है। लोहे से अधिक सक्रिय धातुएँ सोडियम, पोटैशियम केवल यौगिक के रूप में ही मिलती हैं जिन्हें रासायनिक रूप से अपचयित नहीं किया जा सकता।

आइए, देखें कि सक्रियता श्रेणी धातुओं की रासायनिक अभिक्रियाओं को समझने में कैसे सहायता करती है।

9.2.1 धातुओं का वायु में दहन करने से क्या होता है?

अधिक सक्रिय धातुएँ जैसे– सोडियम, पोटैशियम तथा लिथियम ऑक्सीजन के साथ शीघ्रता से क्रिया करती हैं। खुले में रखने पर ये हवा की ऑक्सीजन से अभिक्रिया कर ऑक्साइड बनाती हैं। इसलिए इनका ऑक्सीजन से सम्पर्क रोकने के लिए इन्हें किरोसिन में रखा जाता है। सोडियम तथा पोटैशियम के ऑक्साइड जल में घुलकर क्षार बनाते हैं।

$$4Na + O_2 \longrightarrow 2Na_2O$$

$$Na_2O(s) + H_2O(l) \longrightarrow 2NaOH(aq)$$

पोटैशियम के साथ होने वाली अभिक्रिया का संतुलित समीकरण लिखिए।

हम जानते हैं कि कुछ कम सक्रिय धातु जैसे–मैग्नीशियम हवा की ऑक्सीजन के साथ धीरे–धीरे क्रिया करती है तथा गर्म करने पर सफेद लौ के साथ तेजी से जलती है। इसी गुणधर्म के कारण मैग्नीशियम का उपयोग आतिशबाजी में किया जाता है।

क्रियाकलाप–3

निर्देश : मैग्नीशियम के फीते के दहन से उत्पन्न चमक तथा धुआँ आँखों के लिए हानिकारक होता है अतः सावधानी रखें।

- मैग्नीशियम फीते का 3–4 इंच लम्बा टुकड़ा लीजिए।
- यदि उस पर सफेद रंग की परत जमी हो तो उसे तनु HCl में डुबोकर सफेद परत (मैग्नीशियम ऑक्साइड) हटा लें।
- ध्यान रखें कि मैग्नीशियम को तनु HCl में डुबाकर तुरंत निकाल लें नहीं तो सफेद परत के अलावा मैग्नीशियम भी अम्ल से अभिक्रिया करने लगेगा।

- उसके पश्चात् उसे फिल्टर पेपर से सुखाएं और चिमटी से पकड़कर स्पिरिट लैंप की सहायता से गर्म करें (चित्र–2)।
- मैग्नीशियम फीते के जलने पर बने सफेद रंग के धुएँ (मैग्नीशियम ऑक्साइड) के समीप गीला लिटमस पेपर रख कर उसकी प्रकृति की जाँच कीजिए।

मैग्नीशियम ऑक्साइड की प्रकृति अम्लीय है अथवा क्षारीय?

सामान्य ताप पर जिंक, लेड और ऐलुमिनियम धातुएँ भी वायु की ऑक्सीजन से अभिक्रिया कर ऑक्साइड बनाती हैं जो इन धातुओं की सतह पर पतली परत बनाता है। यह परत धातु को और ऑक्सीकृत नहीं होने देती।

चित्र–2 : मैग्नीशियम का दहन

$$2Zn + O_2 \longrightarrow 2ZnO$$

$$4Al + 3O_2 \longrightarrow 2Al_2O_3$$

अधिकतर धात्विक ऑक्साइड क्षारीय प्रकृति के होते हैं, कुछ ऑक्साइड जैसे–जिंक ऑक्साइड तथा ऐलुमिनियम ऑक्साइड उभयधर्मी होते हैं। ये ऑक्साइड अम्ल तथा क्षार दोनों के साथ क्रिया कर लवण तथा पानी बनाते हैं।

$$Al_2O_3 + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2O$$

$$Al_2O_3 + 2NaOH \longrightarrow \underset{\text{सोडियम ऐलुमिनेट}}{2NaAlO_2} + H_2O$$

कॉपर का दहन नहीं होता लेकिन धातु पर कॉपर ऑक्साइड की काले रंग की परत चढ़ जाती है। चाँदी तथा सोना धातुएँ उच्च ताप पर भी ऑक्सीजन से अभिक्रिया नहीं करतीं।

प्रश्न

1. हवा में खुला छोड़ने पर धातुओं की चमक कम क्यों हो जाती है?
2. सोना और प्लैटिनम का उपयोग गहने बनाने में क्यों किया जाता है?
3. लेड, मैग्नीशियम, ऐलुमिनियम धातुओं की ऑक्सीजन से अभिक्रिया का समीकरण लिखिए।

हमने देखा कि पोटैशियम, सोडियम तथा लिथियम धातुएँ अधिक क्रियाशील हैं। मैग्नीशियम धीमी गति से अभिक्रिया करता है। आइए, अन्य धातुओं की क्रियाशीलता का क्रम देखने के लिए कुछ और अभिक्रियाएँ देखते हैं।

9.2.2 क्या होता है जब धातुएँ जल से अभिक्रिया करती हैं?

अधिक अभिक्रियाशील धातुएँ सोडियम, पोटैशियम तथा लिथियम ठंडे जल से अभिक्रिया करके धात्विक हाइड्रॉक्साइड, हाइड्रोजन गैस और अत्यधिक मात्रा में ऊष्मा उत्पन्न करती हैं अर्थात् यहाँ ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया होती है।

$$2Na(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow 2NaOH(aq) + H_2\uparrow + \text{ऊष्मा}$$

सोडियम जल सोडियम हाइड्रॉक्साइड हाइड्रोजन

मैग्नीशियम जैसी कम अभिक्रियाशील धातु ठंडे जल के साथ मंद अभिक्रिया करती है, परंतु गर्म जल या जल वाष्प के साथ तेजी से अभिक्रिया करती है और मैग्नीशियम हाइड्रॉक्साइड तथा हाइड्रोजन गैस बनाती है। बनी हुई हाइड्रोजन गैस के बुलबुले बची हुई धातु की सतह से चिपक जाते हैं अतः धातु तैरना आरंभ कर देती है।

$$Mg(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow Mg(OH)_2(aq) + H_2\uparrow$$

ऐलुमिनियम, जिंक और लोहे जैसी धातुएँ न तो ठंडे जल से अभिक्रिया करती हैं और न ही गर्म जल के साथ। लेकिन जल वाष्प के साथ अभिक्रिया करके धातु ऑक्साइड तथा हाइड्रोजन गैस बनाती हैं।

$$2Al(s) + 3H_2O(g) \longrightarrow Al_2O_3(s) + 3H_2\uparrow$$

$$2Fe(s) + 3H_2O(g) \longrightarrow Fe_2O_3(s) + 3H_2\uparrow$$

सामान्य तापमान पर ताँबा, चाँदी, सोना आदि धातुएँ जल के साथ अभिक्रिया नहीं करतीं।

9.2.3 क्या होता है जब धातुएँ अम्लों से अभिक्रिया करती हैं?

हम जानते हैं कि धातुएँ तनु अम्लों के साथ अभिक्रिया करके संगत लवण तथा हाइड्रोजन गैस उत्पन्न करती हैं।

मैग्नीशियम, जिंक और लोहे की तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से अभिक्रिया का समीकरण लिखिए।

क्या सभी धातुएँ इसी प्रकार अभिक्रिया करती हैं? सक्रियता श्रेणी में अधिक सक्रिय धातु से कम सक्रिय धातु की ओर जाने पर अम्ल के साथ क्रियाशीलता कम होती जाती है। कम क्रियाशील धातुएँ जैसे– सोना और प्लैटिनम तनु अम्ल के साथ अभिक्रिया नहीं करती हैं।

ताँबा, सांद्र नाइट्रिक अम्ल से क्रिया कर कॉपर नाइट्रेट, नाइट्रोजन डाइऑक्साइड गैस और पानी बनाता है।

$$Cu(s) + 4HNO_3(aq) \longrightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$$

सोना और प्लैटिनम धातुएँ सिर्फ अम्लराज (aqua regia) (3 भाग सान्द्र HCl तथा 1 भाग सान्द्र HNO_3) से ही क्रिया करती हैं।

प्रश्न

1. इन अभिक्रियाओं के लिए समीकरण लिखिए–

   (क) कैल्सियम की जल के साथ अभिक्रिया

   (ख) लोहे की जल वाष्प के साथ अभिक्रिया

2. ऐलुमिनियम धातु की तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से अभिक्रिया के पश्चात कौन सी गैस बनती है? अभिक्रिया का समीकरण लिखिए।

3. अम्लराज किसे कहते हैं?

अब हम देखेंगे विभिन्न धातुओं को कैसे प्राप्त किया जाता है, उन्हें वातावरण के प्रभाव से कैसे बचाया जा सकता है, साथ ही उन्हें अन्य धातुओं के साथ मिश्रित कर कैसे अधिक उपयोगी बनाया जा सकता है।

9.3 धातुओं की प्राप्ति (Occurrence of metals)

धातुएँ मुख्यतः भूपर्पटी में उपस्थित रहती हैं। कुछ धातुएँ प्रकृति में मुक्त अवस्था और कुछ संयुक्त अवस्था में पाई जाती हैं। सामान्यतः सक्रियता श्रेणी में नीचे आने वाली धातुएँ मुक्त अवस्था में मिलती हैं जैसे–सोना एवं प्लैटिनम। जबकि अधिकांश सक्रिय धातुएँ अन्य तत्वों से क्रिया कर यौगिक बनाकर संयुक्त अवस्था में पाई जाती हैं। भूपर्पटी में प्राकृतिक रूप से पाए जाने वाले ठोस अकार्बनिक पदार्थ जिनका रासायनिक संघटन निश्चित होता है और इनके भौतिक गुणों का अनुमान लगाया जा सकता है, खनिज (mineral) कहलाते हैं, धातुओं का निष्कर्षण इन्हीं खनिजों से किया जाता है। ऐसे खनिज जिनमें धातु की मात्रा अधिक और अशुद्धियाँ कम होती हैं तथा जिनसे धातुओं का निष्कर्षण कम खर्च में और सुविधाजनक तरीके से किया जाता है अयस्क (ore) कहलाते हैं। सामान्यतः खनिज अलग–अलग प्रकार की चट्टानों में पाए जाते हैं। सभी अयस्क खनिज होते हैं किन्तु सभी खनिज अयस्क नहीं होते।

सारणी–3 : धातुओं के अयस्क

क्रमांक	अयस्क का प्रकार	अयस्क का नाम	अयस्क का सूत्र
1	ऑक्साइड	हैमेटाइट	Fe_2O_3
		मैग्नाटाइट	Fe_3O_4
		बॉक्साइट	$Al_2O_3.2H_2O$
		कैसिटेराइट	SnO_2
2	कार्बोनेट	डोलोमाइट	$MgCO_3.CaCO_3$
		लाइमस्टोन (चूना पत्थर)	$CaCO_3$
		कैलामाइन	$ZnCO_3$
3	सल्फाइड	आयरन पाइराइट	FeS_2
		कॉपर पाइराइटीज	$CuFeS_2$
4.	सल्फेट	जिप्सम	$CaSO_4.2H_2O$

9.3.1 छत्तीसगढ़ के प्रमुख खनिज एवं उनका वितरण (Important minerals and their distribution in Chhattisgarh)

छत्तीसगढ़ खनिज संपदा की दृष्टि से संपन्न राज्य है। राष्ट्रीय खनिज उत्पादन में छत्तीसगढ़ का देश में महत्वपूर्ण स्थान है। यहाँ कुल मिलाकर 28 प्रकार के खनिज उपलब्ध हैं। सामरिक महत्व के खनिज टिन के अयस्क का यह एक मात्र उत्पादक राज्य है। छत्तीसगढ़ के प्रमुख खनिज सारणी–4 में दर्शाए गए हैं।

सारणी–4 : छत्तीसगढ़ के प्रमुख खनिज

क्र.	खनिज का नाम	जिला जहाँ खनिज पाया जाता है
1	हैमेटाइट	दंतेवाड़ा, बस्तर, कांकेर, नारायणपुर, रायपुर, कबीरधाम
2	बॉक्साइट	सरगुजा, कोरबा, जशपुर, कांकेर, बस्तर, कबीरधाम
3	लाइमस्टोन	रायपुर, रायगढ़, जांजगीर–चांपा, कबीरधाम, बस्तर, बिलासपुर, दुर्ग, राजनांदगांव
4	डोलोमाइट	दुर्ग, कबीरधाम, बिलासपुर, जांजगीर–चांपा
5	अलेक्जेंड्राइट (क्राइसोबेराइल)	रायपुर (देवभोग)
6	कैसिटेराइट	दंतेवाड़ा, बस्तर
7	कोरण्डम	दंतेवाड़ा
8	सोना	रायपुर, कांकेर, रायगढ़, महासमुन्द, बस्तर
9	अभ्रक	रायपुर, बस्तर, सरगुजा, जशपुर

HYKPHU

9.4 धातुकर्म (Metallurgy)

अयस्क से धातु प्राप्त करने की प्रक्रिया धातुकर्म (metallurgy) या धातु का निष्कर्षण कहलाती है। धातुकर्म के तीन चरण होते हैं–

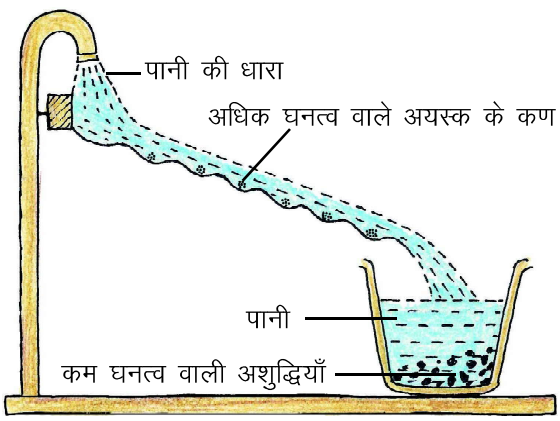
1. अयस्क का सांद्रण (concentration of ore) 2. धातु का निष्कर्षण (extraction of metal)
3. धातु का शुद्धिकरण (purification of metal)

भिन्न–भिन्न धातुओं के अयस्कों से धातु प्राप्त करने के लिए अलग–अलग विधियों का उपयोग किया जाता है। आइए, इसे समझें–

9.4.1 अयस्क का सांद्रण (Concentration of ore)

खदानों से प्राप्त अयस्क में अत्यधिक मात्रा में मिट्टी, रेत, पत्थर तथा अन्य अशुद्धियाँ पाई जाती हैं जिसे आधात्री या गैंग (gangue) कहते हैं। अयस्क से धातु प्राप्त करने के लिए इन अशुद्धियों को अलग करना आवश्यक है, इसे अयस्क का सांद्रण कहते हैं। आइए, अयस्क के सांद्रण की कुछ सामान्य विधियों के बारे में जानें–

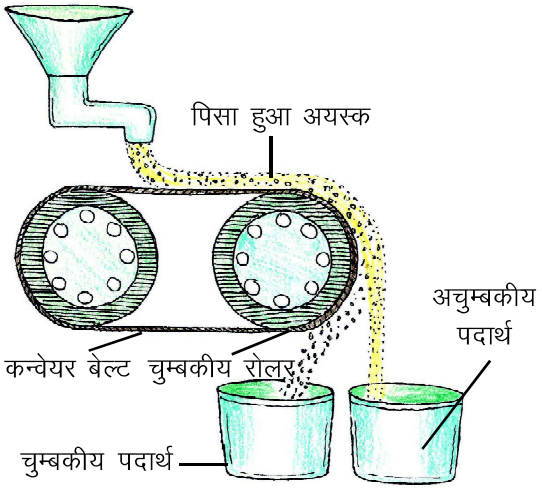
(i) गुरुत्व पृथक्करण विधि (Gravity separation method)– जब अयस्क तथा आधात्री के आपेक्षिक घनत्वों में अन्तर होता है तब अयस्क के सांद्रण के लिए इस विधि का उपयोग किया जाता है। इस विधि में अयस्क को बारीक पीसकर पानी की धारा प्रवाहित कर हिलाया जाता है। जिससे अयस्क के भारी कण नीचे बैठ जाते हैं एवं अशुद्धियाँ ऊपर तैरने लगती हैं जिन्हें अलग कर लिया जाता है अथवा ये पानी की धारा के साथ बहकर अलग हो जाती हैं (चित्र–3)। प्रायः कार्बोनेट तथा ऑक्साइड अयस्कों के सांद्रण के लिए इस विधि का प्रयोग किया जाता है, हैमेटाइट अयस्क का सांद्रण इस विधि से किया जाता है।



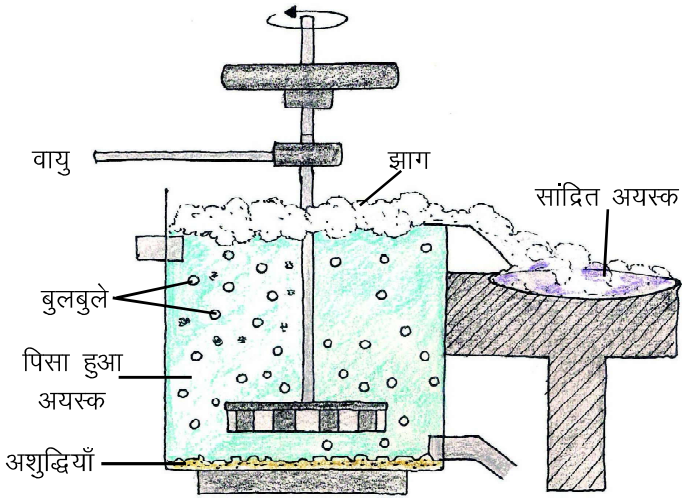
चित्र–3 : गुरुत्व पृथक्करण विधि

(ii) चुम्बकीय पृथक्करण विधि (Magnetic separation method)

अयस्क में चुम्बकीय पदार्थ उपस्थित होने पर इस विधि का उपयोग किया जाता है। इस विधि में अयस्क को बारीक पीसकर चुम्बक पर चलने वाले रबर के पट्टे (कन्वेयर बेल्ट) पर डाला जाता है। अचुम्बकीय पदार्थ पट्टे के उर्ध्वाधर होते ही गिर जाते हैं परंतु चुम्बकीय पदार्थ पट्टे पर तब तक चिपके रहते हैं जब तक कि वह चुम्बक के प्रभाव से बाहर नहीं हो जाते। इस प्रकार दो ढेर मिलते हैं एक चुम्बकीय पदार्थ का और दूसरा अचुम्बकीय पदार्थ का (चित्र–4)। इस विधि का उपयोग टिन के अयस्क (SnO_2) में उपस्थित चुम्बकीय अशुद्धियों को पृथक करने हेतु किया जाता है।



चित्र–4 : चुम्बकीय पृथक्करण विधि



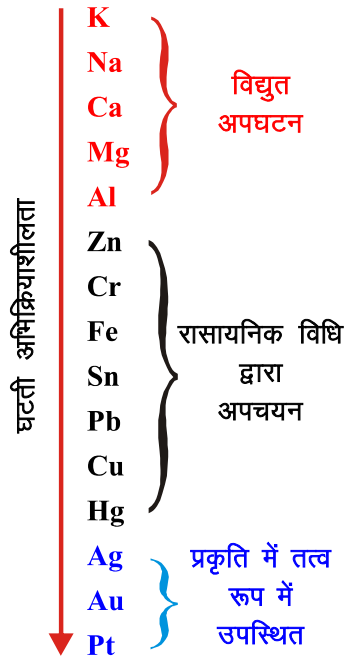
चित्र–5 : झाग उत्प्लावन विधि

(iii) झाग उत्प्लावन विधि (Froth floatation process)

सल्फाइड अयस्क के सांद्रण के लिए इस विधि का उपयोग किया जाता है। इस विधि में बारीक पिसे सल्फाइड अयस्क में पाइन तेल तथा जल मिलाकर उसमें अधिक दाब पर वायु प्रवाहित की जाती है जिस कारण झाग उत्पन्न होती है। सल्फाइड अयस्क के कणों पर तेल की एक परत बन जाती है जिसके कारण हवा के बुलबुले इससे चिपक जाते हैं। इस प्रकार यह कण हल्के होकर झाग के साथ ऊपर आते हैं जबकि मिट्टी, कंकड़, पत्थर जैसी अशुद्धियाँ तली में बैठ जाती हैं (चित्र–5)।

छत्तीसगढ़ में अधिक मात्रा में लौह अयस्क उपस्थित हैं, पता कीजिए इन अयस्कों का सांद्रण किस प्रकार किया जाता है?

सारणी–5 : सक्रियता श्रेणी एवं संबंधित धातुकर्म



9.4.2 धातु का निष्कर्षण (Extraction of metal)

धातु के निष्कर्षण की विधि धातु की सक्रियता तथा अयस्क की प्रकृति पर निर्भर करती है।

(क) हम जानते हैं कि अधिक क्रियाशील धातुओं सोडियम, पोटैशियम और कैल्सियम आदि को उनके यौगिकों से तत्व के रूप में प्राप्त करना कठिन है। इन यौगिकों में विद्युत धारा प्रवाहित करने पर धनायन (cation), ऋण आयन (anion) से अलग होकर कैथोड पर जाकर अपचयित हो जाते हैं तथा धातु प्राप्त होती है। इस प्रक्रिया को विद्युत अपघटन (electrolysis) कहते हैं। ऐलुमिनियम को भी इसी विधि द्वारा प्राप्त किया जाता है (सारणी–5)।

(ख) मध्यम और निम्न क्रियाशील धातुओं को उनके ऑक्साइड, सल्फाइड या कार्बोनेट अयस्कों से रासायनिक अपचयन विधि द्वारा प्राप्त किया जाता है। कुछ कम या निम्न सक्रिय धातु जैसे–पारा को उसके ऑक्साइड या सल्फाइड से केवल गर्म करके प्राप्त किया जा सकता है।

अन्य धातुओं के सल्फाइड, ऑक्साइड तथा कार्बोनेट के लिए दो प्रमुख पदों का उपयोग किया जाता है जिससे अयस्क से धातु का अपचयन सरलता से हो सके।

9.4.2.1 धातुओं के सल्फाइड या कार्बोनेट अयस्क का ऑक्साइड में परिवर्तन

धातुओं के सल्फाइड या कार्बोनेट अयस्क को ऑक्साइड में परिवर्तित करने की विधियाँ उसमें उपस्थित अशुद्धियों पर निर्भर करती हैं।

(i) सान्द्रित सल्फाइड अयस्क को जब वायु या ऑक्सीजन की उपस्थिति में उसके गलनांक से कम तापक्रम तक गर्म किया जाता है तब यह प्रक्रिया भर्जन (roasting) कहलाती है। इस क्रिया में अशुद्धियाँ वाष्पित हो जाती हैं जिस कारण धातु के यौगिक के अपचयन में सरलता होती है। भर्जन मुख्यतः सल्फाइड अयस्कों का किया जाता है।

$$2ZnS + 3O_2 \xrightarrow{\Delta} 2ZnO + 2SO_2\uparrow$$

(ii) सान्द्रित अयस्क को जब वायु की अनुपस्थिति में उसके गलनांक से कम ताप तक गर्म किया जाता है तो इस प्रक्रिया को निस्तापन (calcination) कहते हैं। यह विधि कार्बोनेट अयस्क के लिए प्रयुक्त की जाती है।

$$ZnCO_3 \xrightarrow{\Delta} ZnO + CO_2\uparrow$$

कार्बोनेट अयस्कों को गर्म करने पर वे विघटित होकर कार्बन डाइऑक्साइड गैस मुक्त करते हैं तथा धातु का ऑक्साइड प्राप्त होता है।

9.4.2.2 धातुओं के ऑक्साइड का धातुओं में अपचयन

अयस्कों के ऑक्साइड में परिवर्तन के पश्चात् धातुओं के ऑक्साइड का अपचयन किया जाता है। धातु ऑक्साइड को अपचायक तथा गालक के साथ मिलाकर गर्म किया जाता है तब धातु द्रव अवस्था में प्राप्त होती है। इस प्रक्रिया को प्रगलन (smelting) कहते हैं। गालक सरलता से न पिघलने वाली अशुद्धियों को हटाने में सहायता करते हैं। प्रगलन प्रक्रिया दो प्रकार से की जाती है।

(i) कार्बन अपचयन विधि (Carbon reduction method)– भर्जित या निस्तापित अयस्क को कोक या कार्बन के साथ वात्या भट्टी (blast furnace) में उच्च ताप (700°C-1800°C) तक गर्म किया जाता है। जिससे धातु अपचयित होकर पिघली अवस्था में प्राप्त होती है।

$$ZnO + C \xrightarrow{\Delta} Zn + CO\uparrow$$

(ii) रासायनिक अपचयन विधि (Chemical reduction method)– सक्रियता श्रेणी में ऊपर स्थित धातु अपने से नीचे स्थित धातु को उसके लवण के विलयन से विस्थापित कर देती है। इस सिद्धांत का उपयोग कर विस्थापन विधि द्वारा धातु को पृथक किया जाता है। हमने पूर्व में देखा है कि कॉपर सल्फेट के विलयन में आयरन या जिंक चूर्ण डालने पर कॉपर विस्थापित हो जाता है।

$$CuSO_4 + Fe \longrightarrow FeSO_4 + Cu$$

$$CuSO_4 + Zn \longrightarrow ZnSO_4 + Cu$$

क्या आप जानते हैं इस विधि द्वारा किन–किन धातुओं का निष्कर्षण किया जा सकता है?

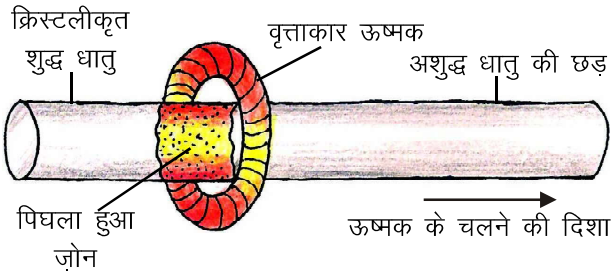
9.4.3 धातुओं का शोधन (Purification of metals)

अपचयन से प्राप्त धातु में अशुद्धियाँ होती हैं, इस धातु को अशुद्ध या अपरिष्कृत धातु (impure metal) कहते हैं। धातु को शुद्ध रूप में प्राप्त करने की प्रक्रिया धातु शोधन या धातु परिष्करण कहलाती है। धातु शोधन मुख्यतः दो विधियों द्वारा किया जाता है।

(i) **भौतिक विधियाँ (Physical methods)**–इसके अंतर्गत मुख्यतः द्रवण तथा प्रभाजी क्रिस्टलन द्वारा शुद्ध धातु प्राप्त की जाती है।

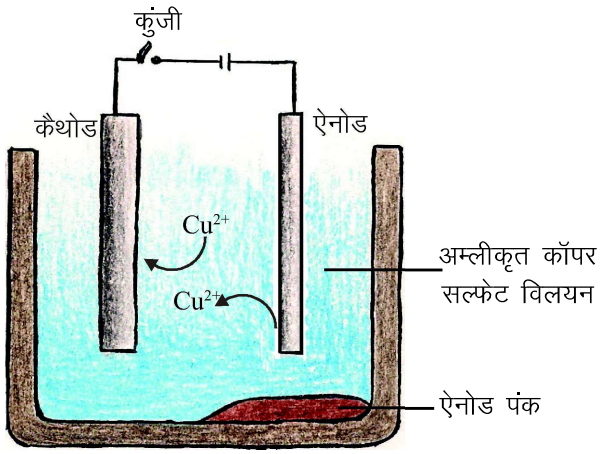
(क) द्रवण (Liquification)–शीघ्र पिघलने वाली धातु जैसे–टिन, लेड आदि को ढलान वाली परावर्तक भट्टी में गर्म किया जाता है। धातु पिघलकर नीचे बह जाती है और अशुद्धियाँ वहीं रह जाती हैं।

(ख) ज़ोन शोधन या प्रभाजी क्रिस्टलीकरण (Zone refining or Fractional crystallisation)– धातु में अशुद्धियों के कारण उसका गलनांक कम हो जाता है। ज़ोन शोधन इस सिद्धान्त पर आधारित है कि अशुद्धियाँ धातु की ठोस अवस्था की अपेक्षा द्रव अवस्था में अधिक विलेय होती हैं। इस विधि से गोल्ड, सिल्वर तथा प्लैटिनम को शुद्ध किया जाता है।



चित्र–6 : ज़ोन शोधन

इस विधि में अशुद्ध धातु की छड़ बनाकर उसके एक सिरे को वृत्ताकार ऊष्मक से पिघलने तक गर्म करते हुए धीरे–धीरे छड़ के दूसरे सिरे की ओर खिसकाते जाते हैं। ऊष्मक द्वारा धातु का एक भाग पिघल जाता है तथा वह अपने साथ अशुद्धियों को लेते हुए और ठोस होती हुई शुद्ध धातु को पीछे छोड़ते हुए दूसरे सिरे की ओर बढ़ता जाता है। इस प्रकार दूसरे सिरे पर अधिक अशुद्धियाँ पहुँच जाती हैं तथा बचा हुआ भाग शुद्ध हो जाता है। इस प्रकिया को बार–बार दोहराने से अति शुद्ध धातु प्राप्त होती है। अशुद्धि युक्त दूसरे सिरे को काट कर पृथक कर दिया जाता है।

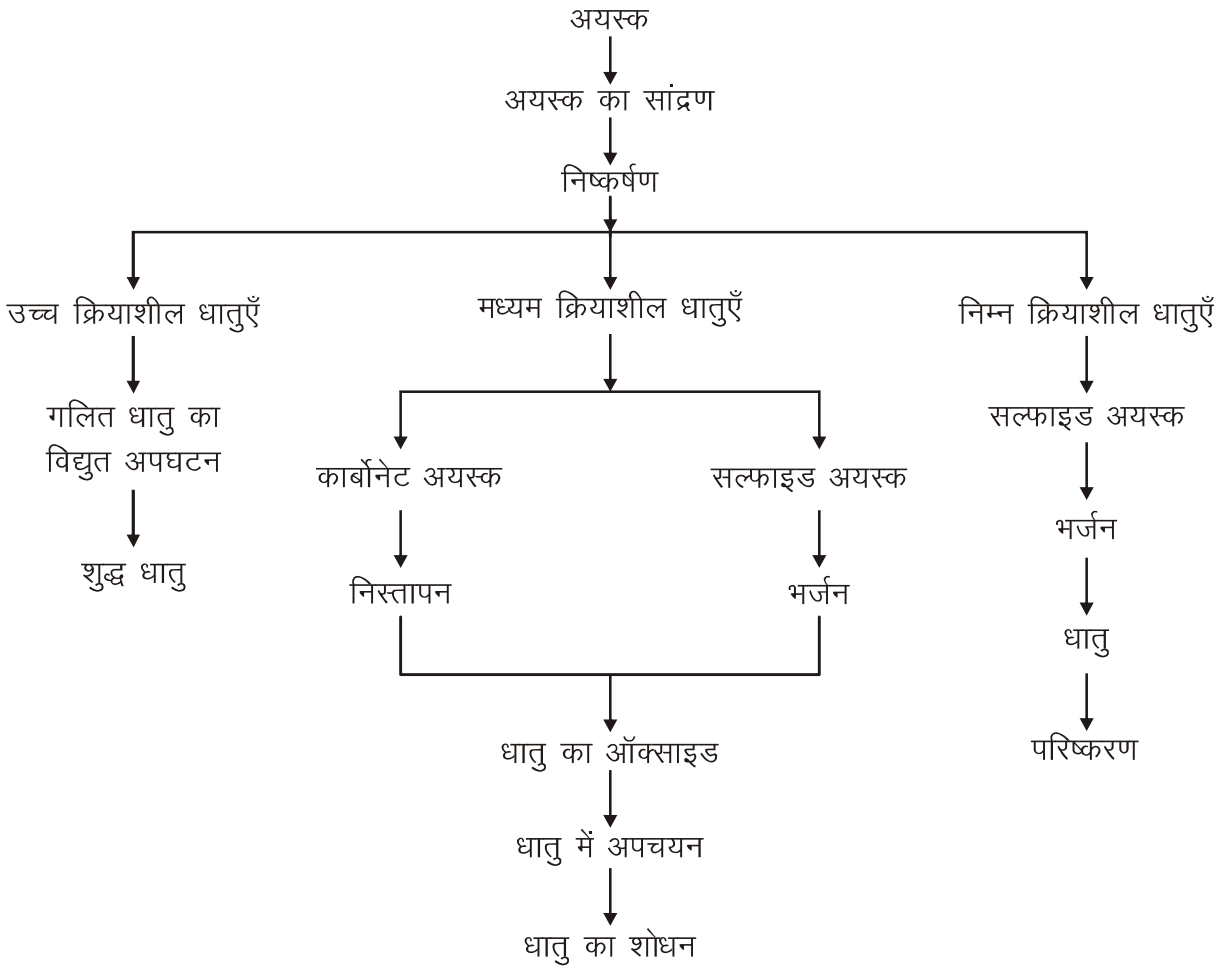


चित्र –7 : धातु का विद्युत अपघटनी परिष्करण

(ii) **रासायनिक विधियाँ (Chemical methods)**–कुछ धातुओं का रासायनिक विधियों द्वारा भी शोधन किया जाता है। अधिक शुद्ध

धातु प्राप्त करने के लिए विद्युत अपघटन विधि का प्रयोग किया जाता है। अशुद्ध धातु की मोटी छड़ धन इलेक्ट्रोड तथा शुद्ध धातु की पतली छड़ ऋण इलेक्ट्रोड के रूप में प्रयुक्त की जाती है। इसी धातु के लवण के घोल को विद्युत अपघट्य के रूप में प्रयुक्त किया जाता है।

जब विद्युत अपघट्य में विद्युत धारा प्रवाहित की जाती है तब विलयन में उपस्थित धन आयन (धातु आयन) ऋण इलेक्ट्रोड की ओर जाकर धातु के रूप में अपचयित हो जाते हैं। धन इलेक्ट्रोड से धातु के परमाणु ऑक्सीकृत होकर विलयन में घुलते जाते हैं। विलयन में घुलने के बाद यह आयन भी कैथोड की ओर चले जाते हैं। ऐनोड में धातु के साथ मिली हुई अशुद्धियाँ प्रायः अघुलनशील होती हैं जैसे–जैसे ऐनोड से धातु के परमाणु विलयन में प्रवेश करते हैं वैसे–वैसे ऐनोड का पदार्थ कम होता जाता है तथा अशुद्धियाँ ऐनोड के नीचे तल पर एकत्रित हो जाती हैं जिसे ऐनोड पंक या कीचड़ (anode mud) कहते हैं (चित्र–7)। इस विधि का प्रयोग क्रोमियम, निकैल, कॉपर, जिंक आदि धातुओं के शोधन हेतु किया जाता है।



प्रवाह आरेख–1 : धातुकर्म

क्रियाकलाप–4

ताँबे की दो अलग–अलग मोटाई के तार लीजिए, दोनों तारों पर यदि कोई पर्त हो तो उसे रेगमाल पेपर से रगड़ कर साफ कर लीजिए। मोटे तार को एक सेल के धन सिरे से तथा पतले तार को ऋण सिरे से जोड़

दीजिए। दोनों तारों को कॉपर सल्फेट के विलयन में डुबोकर रख दीजिए। ध्यान रहे कि विलयन के अंदर ये तार एक दूसरे के संपर्क में न रहें। कुछ देर बाद अवलोकन कर निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए–

- क्या ताँबा एक इलेक्ट्रोड से दूसरे इलेक्ट्रोड की ओर गया ?
- किस इलेक्ट्रोड में ताँबे की मात्रा में कमी हुई और किसमें वृद्धि?

इसी प्रकार जब धातु का विद्युत अपघटनी परिष्करण किया जाता है तब धातु ऋण इलेक्ट्रोड पर प्राप्त होती है।

प्रश्न

1. आयरन के ऑक्साइड अयस्कों के नाम तथा सूत्र लिखिए।
2. सल्फाइड अयस्कों को किस विधि द्वारा सांद्रित किया जाता है?
3. Na, K तथा Ca धातुओं को उनके यौगिकों से विद्युत अपघटन द्वारा प्राप्त किया जाता है क्यों?

9.5 लोहा (Iron)

लोहा मानव सभ्यता का एक प्रमुख हिस्सा रहा है और लौह युग सबसे लम्बा चलने वाला ऐतिहासिक काल भी था। लोहा एक सक्रिय धातु है तथा यह प्रकृति में अन्य तत्वों के साथ संयुक्त अवस्था में पाया जाता है। लोहे के प्रमुख अयस्क हैं– हैमेटाइट (Fe_2O_3), मैग्नाटाइट (Fe_3O_4), सिडेराइट ($FeCO_3$), आयरन पाइराइट (FeS_2) इत्यादि।

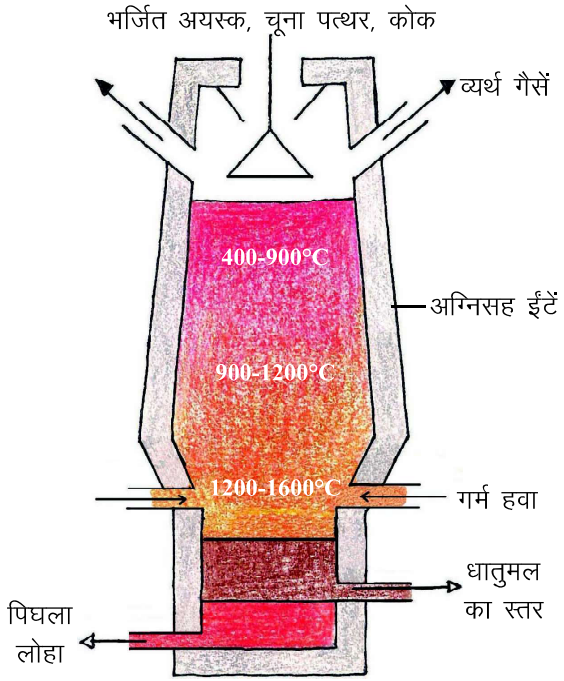
9.5.1 लोहे का धातुकर्म (Metallurgy of Iron)

छत्तीसगढ़ में पाया जाने वाला लोहे का प्रमुख अयस्क हैमेटाइट (Fe_2O_3) है। अयस्क को खदानों से प्राप्त करने के पश्चात् उसे कूटकर (क्रशर या स्टैम्प मिल द्वारा) महीन चूर्ण में बदला जाता है तथा गुरुत्व पृथक्करण विधि द्वारा उसका सांद्रण किया जाता है।

सांद्रण के पश्चात् अयस्क का भर्जन करते हैं जिससे अयस्क में उपस्थित आर्सेनिक और सल्फर की अशुद्धियाँ वाष्पशील ऑक्साइड बनाकर दूर हो जाती हैं। अयस्क रंध्रमय हो जाता है जिससे उसका धातु में अपचयन सुविधाजनक हो जाता है।

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

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2\uparrow$$



चित्र–8 : वात्या भट्टी

अयस्क में मुख्यतः रेत अशुद्धि के रूप में पायी जाती है जिसे प्रगलन के समय चूना पत्थर (कैल्सियम कार्बोनेट) की सहायता से हटाया जाता है। लोहे के ऑक्साइड का अपचयन, कार्बन (कोक या ऐन्थ्रासाइट) द्वारा किया जाता है। इस प्रक्रिया में अधिक तापमान (लगभग 1800°C) की आवश्यकता होती है। अगर यह प्रक्रिया रुक–रुक कर की जाए तो मिश्रण को बार–बार गर्म करने से ऊष्मा का अपव्यय होता है इसलिए प्रगलन एक बड़ी वात्या भट्टी (blast furnace) में निरंतर किया जाता है (चित्र–8)।

वात्या भट्टी इस्पात की बनी बेलनाकार भट्टी होती है और इसकी भीतरी सतह पर अग्निसह ईंटों का अस्तर लगा होता है। बीच के चौड़े स्थान पर नलियाँ होती हैं, जिसके द्वारा भट्टी में गर्म हवा (700-800°C) भेजी जाती है। भट्टी के ऊपरी सिरे से अभिक्रिया में बनी गैसें निकलने का मार्ग होता है। निचले भाग में दो छिद्र होते हैं, जिनमें से ऊपरी छिद्र से धातुमल तथा निचले छिद्र से पिघली धातु निकाली जाती है।

भर्जित अयस्क को चूना पत्थर तथा कोक के साथ मिलाकर वात्या भट्टी में ऊपर से डाला जाता है और नीचे से गर्म हवा भेजी जाती है। वात्या भट्टी में तापमान एक समान नहीं रहता जैसे–जैसे अयस्क, चूना पत्थर तथा कोक नीचे की ओर जाते हैं उन्हें तापमान के विभिन्न क्षेत्रों से होकर गुजरना पड़ता है, वात्या भट्टी में निम्नलिखित अभिक्रियाएँ होती हैं–

कोक, ऑक्सीजन से अभिक्रिया कर कार्बन डाइऑक्साइड गैस बनाता है। चूंकि कोक अधिक मात्रा में डाला जाता है अतः बचा हुआ कोक बनी हुए कार्बन डाइऑक्साइड से पुनः क्रिया कर कार्बन मोनोऑक्साइड गैस बनाता है। कोक की कुछ मात्रा ऑक्सीजन की अपर्याप्त मात्रा से अभिक्रिया कर कार्बन मोनोऑक्साइड गैस बनाती है। इस प्रक्रिया से भट्टी में उच्च ताप (400ºC-900ºC) बना रहता है।

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2\uparrow$$
$$CO_2 + C \longrightarrow 2CO\uparrow$$
$$2C + O_2 \longrightarrow 2CO\uparrow$$

ऑक्साइड अयस्क, कार्बन मोनोऑक्साइड से क्रिया कर आयरन और कार्बन डाइऑक्साइड बनाता है। यह अभिक्रिया ऊष्माक्षेपी होती है।

$$Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2\uparrow$$

इस अभिक्रिया के कारण भट्टी का ताप उच्च बना रहता है अतः कार्बन डाइऑक्साइड को बाहर नहीं जाने दिया जाता और पुनः भट्टी में भेज दिया जाता है। यह कार्बन डाइऑक्साइड कोक से पुनः क्रिया करती है। कुछ मात्रा में हैमेटाइट भी कोक के साथ अभिक्रिया करके लोहा और कार्बन मोनोऑक्साइड में परिवर्तित हो जाता है।

$$Fe_2O_3 + 3C \longrightarrow 2Fe + 3CO\uparrow$$

भट्टी में उच्च ताप (900ºC-1200ºC) पर चूना पत्थर का विघटन होता है और वह अनबुझा चूना (कैल्सियम ऑक्साइड) तथा कार्बन डाइऑक्साइड में परिवर्तित हो जाता है। यह एक ऊष्माशोषी अभिक्रिया है इसलिए चूना पत्थर की सीमित मात्रा ही भट्टी में डाली जाती है। अधिक मात्रा में उपयोग से ऊष्मा की हानि होती है। इस अभिक्रिया में बनने वाला अनबुझा चूना, अयस्क की अशुद्धियाँ दूर करने के लिए प्रयुक्त होता है इसे गालक (flux) कहते हैं। यह सिलिका से अभिक्रिया कर कैल्सियम सिलिकेट बनाता है, जिसे धातुमल (slag) कहते हैं।

$$CaCO_3 \xrightarrow{\triangle} CaO + CO_2$$
$$CaO + SiO_2 \xrightarrow{\triangle} CaSiO_3$$
गालक + अशुद्धि → धातुमल

भट्टी का ताप 1200ºC से 1600ºC होने के कारण लोहा तथा कैल्सियम सिलिकेट पिघली हुई अवस्था में ही रहते हैं। दोनों के घनत्वों में अंतर होने के कारण यह भट्टी की तली में दो पर्तों के रूप में एकत्रित होते जाते हैं। जिन्हें समय–समय पर अलग–अलग तलों पर स्थित निकास द्वार से निकाला जाता है।

वात्या भट्टी से प्राप्त इस लोहे में काफी मात्रा में कार्बन मिला होता है जिसे कच्चा लोहा (pig iron) कहते हैं। इसे अलग–अलग प्रक्रियाओं द्वारा शुद्ध किया जाता है और भिन्न–भिन्न ग्रेड के लोहे का निर्माण किया जाता है जैसे–ढलवाँ लोहा (cast iron) तथा पिटवाँ लोहा (wrought iron)।

छत्तीसगढ़ का धातु शिल्प

छत्तीसगढ़ की पारंपरिक शिल्प कला में लौह शिल्प का प्रमुख स्थान है। प्राचीन काल में लौहयुक्त पत्थरों को तोड़कर, कोयले के साथ मिलाकर छाना भट्टी में गलाकर लोहा बनाया जाता था। आज भी कहीं–कहीं विशेष प्रकार के पत्थर से लोहा निकालकर कलाकृतियाँ बनाने का कार्य किया जाता है। अधिकांशतः अब बाजार से ही लोहा खरीदकर एवं कटिंग कर भट्टी में गर्म किया जाता है तथा उससे घर में उपयोग आने वाली तथा सजावटी वस्तुएँ जैसे–छुरी, चिमटा, चाकू, कुल्हाड़ी, कजरौती के लिए दीप स्तंभ, घोड़ा, हिरण, फूलदान आदि बनाए जाते हैं। बस्तर के लौह शिल्प में देवी देवताओं की पूजा अर्चना के लिए पारंपरिक रूप से कलात्मक कृतियों का निर्माण किया जाता है। लौह शिल्प से दरवाजे, खिड़कियाँ, झूले आदि बनाए जाते हैं।

ढोकरा शिल्प में शिल्पी द्वारा कलाकृतियों को मोम पर तैयार कर उसमें मिट्टी का लेप लगाया जाता है तथा इसे भट्टी में पकाकर उसमें पिघली हुई पीतल धातु डाली जाती है। पीतल मोम का स्थान ले लेती है और उस पर आकृति तैयार हो जाती है। इससे देवी–देवता, हाथी–घोड़े, बैल आदि सजावटी सामग्री तैयार की जाती है। ढोकरा शिल्प रायगढ़, कोंडागाँव, बस्तर आदि क्षेत्रों में तैयार किया जाता है। इससे गौर का सींग, मुकुट, दरवाजे के हैंडल आदि भी बनाए जाते हैं।

चित्र–धातु शिल्प

प्रश्न

1. वात्याभट्टी में तापक्रम उच्च बनाए रखने हेतु कौन सी अभिक्रियाएँ सहायक होती हैं?
2. लोहे के निष्कर्षण हेतु वात्याभट्टी में गालक के रूप में कौन से पदार्थ का उपयोग किया जाता है?

9.6 संक्षारण (Corrosion)

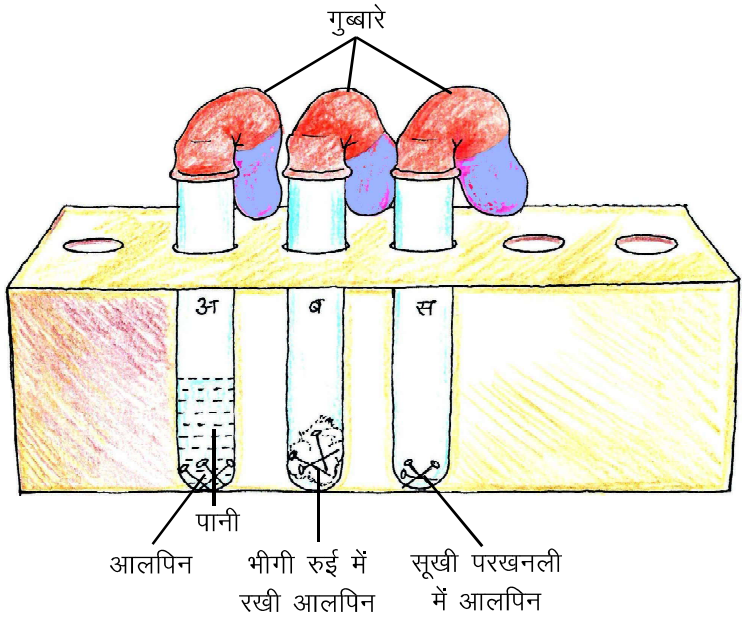
हम जानते हैं क्रियाशील धातुएँ जैसे–जिंक, ऐलुमिनियम शीघ्र ही ऑक्सीजन तथा नमी से क्रिया करती हैं और उनके यौगिकों में परिवर्तित हो जाती हैं यह क्रिया संक्षारण कहलाती है। लोहे की ऑक्सीजन और जल से क्रिया को जंग लगना (corrosion) कहते हैं। यहाँ हम जंग लगने की प्रक्रिया तथा उनसे बचने के तरीकों का अध्ययन करेंगे।

HYUKYH

क्रियाकलाप–5

(नोट– इस क्रियाकलाप को गर्मी या सर्दी के मौसम में किया जाना चाहिए, वर्षा ऋतु में नमी अधिक होने के कारण परिणाम प्राप्त करना कठिन होता है।)

- तीन परखनलियाँ लीजिए तथा इन्हें क्रमशः 'अ', 'ब' तथा 'स' नामांकित कीजिए।
- प्रत्येक परखनली में 3–4 आलपिन डाल दीजिए। परखनली 'अ' में इतना पानी डालें कि आलपिन डूब जाएँ।
- परखनली 'ब' में रुई गीली कर नीचे तक फँसा दें।
- परखनली 'स' में रखे आलपिन को ऐसे ही रहने दें।
- अब तीनों परखनलियों के मुँह पर गुब्बारा लगाकर वायुरोधी कर दें। तीनों परखनलियों को स्टैंड में रखकर गर्म जगह (धूप) में रख दें तथा 3–4 घंटे बाद अवलोकन करें (चित्र–9)। ठंड में क्रिया की गति धीमी होती है।
- क्या तीनों परखनलियों में रखे आलपिन में जंग लगा है?
- क्या जंग लगने की मात्रा समान है?
- क्या परखनलियों में लगे गुब्बारों की स्थिति में कुछ परिवर्तन हुआ है?
- यह परिवर्तन किस गैस के बनने अथवा खर्च होने के कारण हुआ है?
- किस परखनली ('अ', 'ब' तथा 'स') में अधिक परिवर्तन हुए?



चित्र–9 : जंग लगने की किया पर वायु तथा नमी का प्रभाव

लोहे पर जंग लगने के लिए ऑक्सीजन और नमी का होना आवश्यक है, लेकिन जंग लगने पर अन्य कारकों का भी प्रभाव पड़ता है जैसे–लवण या अम्लों की उपस्थिति। इनकी उपस्थिति में जंग अधिक शीघ्रता से लगता है। इसलिए समुद्र के पास के इलाकों में लोहे पर जंग जल्दी लगता है।

धातु की प्रकृति भी संक्षारण (धातु की सतह पर ऑक्साइड की पर्त जमना) लगने की दर को प्रभावित करती है, अधिक क्रियाशील धातु पर संक्षारण शीघ्र होता है। वायुमंडल में अशुद्धियों, धातुओं की प्रकृति तथा परिवेश के pH मान में परिवर्तन से भी धातुओं के संक्षारण दर में परिवर्तन होता है।

9.6.1 जंग लगने को नियंत्रित करना

हमने क्रियाकलाप–5 में देखा कि हवा और पानी की उपस्थिति में लोहे पर जंग लगता है इसलिए अधिकांश जंगरोधी विधियों में धातु का हवा और पानी से संपर्क रोका जाता है। लोहे तथा वायुमंडल के मध्य जंगरोधी परत लगाने की क्रिया रोधिका रक्षण (barrier protection) कहलाती है, जिसमें लोहे पर पेंट या ग्रीस लगाया जाता है। विद्युत लेपन द्वारा भी लोहे के ऊपर टिन, निकैल, क्रोमियम जैसी धातु की पर्त चढ़ायी जाती है।

क्रियाकलाप– 6

- अपने विद्यालय और घर में उपयोग की जाने वाली लोहे की बनी वस्तुओं की सूची बनाइए और नोट कीजिए कि इनमें से किन–किन वस्तुओं पर पेंट लगा है तथा किन पर ग्रीस।

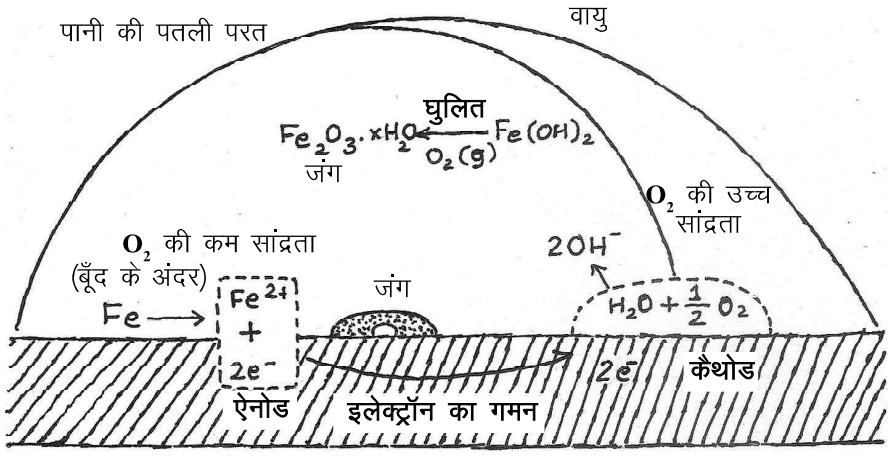
- इन दोनों उपायों में से किसी एक के चयन का आधार क्या है?

अधिक सक्रिय धातुओं का उपयोग करके भी धातु को संक्षारण से बचाया जा सकता है। यह प्रक्रिया उत्सर्ग रक्षण (sacrificial protection) कहलाती है। आपने गैल्वेनाइज्ड लोहे के बारे में सुना होगा, इसमें लोहे की वस्तु के ऊपर जिंक की पतली परत चढ़ायी जाती है। जिंक, लोहे से ज्यादा क्रियाशील है, इसलिए वह ज्यादा आसानी से ऑक्सीजन से क्रिया करता है तथा मोटी परत (ZnO) के रूप में रहता है अतः लोहा, जंग लगने से बच जाता है।

- कुछ धातुओं में जंगरोधी विलयन लगाकर भी संक्षारण से बचाव किया जाता है। इस विधि में क्षारीय क्रोमेट या क्षारीय फॉस्फेट विलयन का जंगरोधी विलयन के रूप में उपयोग किया जाता है।
- कभी–कभी लोहे को अन्य धातुओं के साथ मिलाकर मिश्र धातुएँ बनाई जाती हैं जिन पर जंग बहुत कम या नहीं लगता है।

9.6.2 लोहे पर जंग लगने का रासायनिक सिद्धांत (Chemical theory of rusting)

संक्षारण की क्रिया विद्युत रासायनिक अभिक्रियाओं के द्वारा सम्पन्न होती है। जब धातु जैसे–लोहे को वायु और नमी युक्त वातावरण में रखा जाता है तब धातु की सतह पर धनात्मक और ऋणात्मक क्षेत्र निर्मित हो जाने के कारण सतह विद्युत रासायनिक सेल की भांति व्यवहार करने लगती है।



चित्र–10 : लोहे में जंग लगने की रासायनिक अभिक्रिया

ऐनोड पर– Fe, Fe^{2+} के रूप में विलयन में चला जाता है–

$$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^-$$

कैथोड पर– ऑक्सीजन की उपस्थिति में ये इलेक्ट्रॉन जल के अणुओं द्वारा ले लिए जाते हैं तथा OH^- आयन बनाते हैं–

$$2H_2O + O_2 + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$$

ऐनोड पर बने Fe^{2+} आयन OH^- आयनों से क्रिया करके $Fe(OH)_2(s)$ बनाते हैं। यह आयरन हाइड्रॉक्साइड वायुमण्डल की ऑक्सीजन द्वारा नमी की उपस्थिति में हाइड्रेटेड आयरन ऑक्साइड बनाता है–

$$2Fe(OH)_2 + \tfrac{1}{2}\, O_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow Fe_2O_3.xH_2O(s)$$

यही हाइड्रेटेड आयरन ऑक्साइड जंग (rust) कहलाता है।

9.7 मिश्र धातु (Alloys)

किसी धातु के गुणधर्मों को बेहतर बनाने के लिए मिश्र धातु बनाना एक प्रचलित विधि है। ऐसा समांगी मिश्रण जिसका मुख्य अवयव एक धातु हो मिश्र धातु कहलाता है। इसे ठोस विलयन भी कहते हैं। मानव द्वारा प्रागैतिहासिक काल से अनेक मिश्र धातुओं का निर्माण एवं उपयोग किया जा रहा है। मिश्र धातु बनाने का मुख्य कारण धातु की गुणवत्ता बढ़ाना, उसे कठोर बनाना तथा धातु के गलनांक को कम करना है। मिश्र धातु आसानी से ढाली जा सकती है तथा इसका विभिन्न क्षेत्रों में उपयोग किया जाता है।

मिश्र धातु बनाने के लिए एक धातु को पिघलाकर उसमें अन्य धातु या अधातु तत्व का निश्चित अनुपात मिलाया जाता है। बाद में इसे ठंडा कर मिश्र धातु प्राप्त की जाती है। इसे बनाते समय धातुओं (या अन्य तत्वों) का चयन उनके विशेष गुणों के आधार पर किया जाता है ताकि मिश्र धातुओं में हम वांछित गुण प्राप्त कर सकें।

लोहा सर्वाधिक उपयोगी धातु है लेकिन इसका शुद्ध अवस्था में उपयोग नहीं किया जा सकता क्योंकि यह अपेक्षाकृत नर्म होता है। जब इसमें थोड़ा कार्बन मिला दिया जाता है तब यह कठोर हो जाता है। स्टेनलेस स्टील, लोहे की एक मिश्र धातु है जिसमें कार्बन के अतिरिक्त निकैल और क्रोमियम मिलाया जाता है। क्रोमियम लोहे को जंग लगने से बचाता है, जिससे लोहे की उपयोगिता बढ़ जाती है।

सारणी–6 : महत्वपूर्ण मिश्र धातुएँ

क्र.	मिश्र धातु	अवयव एवं प्रतिशत	उपयोग
1.	पीतल	Cu - 60 से 80%, Zn - 40 से 20%	बर्तन एवं घरेलू सामान बनाने में
2.	काँसा	Cu - 75 से 90%, Sn - 25 से 10%	सिक्के, बर्तन, मूर्तियाँ बनाने में
3.	जर्मन सिल्वर	Cu - 50%, Zn- 25%, Ni - 25%	बर्तन, सिक्के, आभूषण बनाने में
4.	मैग्नैलियम	Mg - 5% , Al - 95%	वायुयान ढांचा निर्माण में
5.	बेल मेटल	Cu - 80% , Sn - 20%	घंटियाँ बनाने में
6.	गन मेटल	Cu - 87% , Zn - 3%, Sn -10%	इंजीनियरिंग सामान बनाने में
7.	सोल्डर (रांगा)	Sn - 50% से 75%, Pb - 50 से 25%	धातुओं के तारों को जोड़ने में (सोल्डरिंग)
8.	डूरैलूमिन	Al-95%, Cu-4%, Mg-0.5% Mn-0.5%	वायुयान, हेलीकॉप्टर, जेट विमान निर्माण में
9.	स्टेनलेस स्टील	Cr-11.5%, Ni- 2 %, C- अल्पमात्रा, शेष-Fe	भोजन पकाने के बर्तन, चाकू इत्यादि बनाने में
10.	एल्निको	Al-12 %, Co-5 %, Ni-20%, शेष– Fe	स्थायी चुम्बक बनाने में

क्रियाकलाप–7

- अपने घर और विद्यालय में उपयोग की जाने वाली धातुओं की सभी वस्तुओं की सूची बनाइए।
- इनमें से कौन–कौन सी वस्तुएँ शुद्ध धातु से बनी हैं तथा कौन सी मिश्र धातु से उसे नोट कीजिए। इन्हें धातु या मिश्र धातु से बनाए जाने के कारणों पर विचार कीजिए।

छत्तीसगढ़ लौह अयस्क का प्रमुख स्त्रोत है, यहाँ कई इस्पात संयंत्र भी हैं। छत्तीसगढ़ में लौह कार्य का एक प्राचीन इतिहास है और अलग–अलग क्षेत्रों में लोहे की कारीगरी की तरह–तरह की परंपराएँ भी हैं। हमारे पूर्वजों ने न सिर्फ लोहे के अयस्कों से निष्कर्षण की विधियाँ ढूँढीं बल्कि लोहे को अन्य धातुओं के साथ मिलाकर अनेक मिश्र धातुएँ भी तैयार की हैं।

प्रश्न

1. अधिक लवणयुक्त जल में संक्षारण की दर किस प्रकार प्रभावित होगी?
2. मिश्र धातुएँ क्यों बनाई जाती हैं?
3. गैल्वेनाइज़ेशन किसे कहते हैं?

मुख्य शब्द (Keywords)

खनिज, अयस्क, धातुकर्म, निष्कर्षण, भर्जन, निस्तापन, गुरुत्व पृथक्करण विधि, झाग उत्प्लावन विधि, चुम्बकीय पृथक्करण विधि, द्रवण, प्रगलन, गालक, धातुमल, वात्या भट्टी, परिष्करण, संक्षारण, रोधिका रक्षण, उत्सर्ग रक्षण, मिश्र धातु

हमने सीखा

- धातुओं में धात्विक चमक, तन्यता, आघातवर्ध्यता तथा ध्वनिकता होती है तथा ये ऊष्मा और विद्युत की सुचालक होती हैं।
- धातुओं को उनकी सक्रियता के घटते क्रम में व्यवस्थित करने पर सक्रियता श्रेणी प्राप्त होती है।
- अधिक क्रियाशील धातु कम क्रियाशील धातुओं को उनके लवण के विलयन से विस्थापित कर देती है।
- धातुएँ ऑक्सीजन से क्रिया कर ऑक्साइड बनाती हैं जिनकी प्रकृति क्षारीय अथवा उभयधर्मी हो सकती है।
- धातुएँ जल से क्रिया कर हाइड्रोजन गैस मुक्त करती हैं।
- धातुएँ अम्लों से क्रिया कर संगत लवण तथा हाइड्रोजन बनाती हैं।
- धातुएँ प्रकृति में मुक्त अथवा संयुक्त रूप में उपस्थित रहती हैं।
- धातुओं को उनके अयस्कों से पृथक करने की विधि धातुकर्म कहलाती है। धातुकर्म के तीन चरण हैं– 1. अयस्क का सांद्रण 2. धातु का निष्कर्षण 3. धातु का शुद्धिकरण
- धातु के अयस्क की प्रकृति के आधार पर उसके सांद्रण की विधि का चयन किया जाता है।
- सांद्रण मुख्यतः गुरुत्व पृथक्करण विधि, झाग उत्प्लावन विधि तथा चुम्बकीय पृथक्करण विधि से किया जाता है।
- सान्द्रित अयस्क को वायु या ऑक्सीजन की उपस्थिति में उसके गलनांक से कम ताप तक गर्म करना भर्जन (roasting) कहलाता है। सान्द्रित अयस्क को वायु या ऑक्सीजन की अनुपस्थिति में उसके गलनांक से कम ताप तक गर्म करना निस्तापन (calcination) कहलाता है।
- धातु के ऑक्साइड का धातु में अपचयन मुख्यतः कोयला अथवा कोक से करते हैं।
- अयस्क में उपस्थित अशुद्धियों को पिघले रूप में हटाने के लिए मिलाए गए पदार्थ को गालक (flux) कहते हैं। गालक, अशुद्धियों के साथ क्रिया कर धातुमल (slag) बनाते हैं।
- क्रियाशील धातुएँ ऑक्सीजन तथा नमी से क्रिया करती हैं तथा उनके यौगिक (मुख्यतः ऑक्साइड) में परिवर्तित हो जाती हैं यह क्रिया संक्षारण कहलाती है।
- धातुओं को अन्य धातुओं अथवा अधातुओं के साथ मिश्रित कर मिश्र धातु बनायी जाती है।

अभ्यास

1. सही विकल्प चुनिए –

(i) निम्नलिखित धातुओं में से सबसे सक्रिय धातु है–

(अ) Mg (ब) Al

(स) Na (द) Zn

(ii) बॉक्साइट अयस्क का सूत्र है –

(अ) $MgCO_3$ (ब) $Al_2O_3.2H_2O$

(स) Fe_2O_3 (द) SnO_2

(iii) आयरन पाइराइट के सांद्रण के लिए निम्नलिखित में से कौन सी विधि प्रयुक्त की जाती है–

(अ) चुम्बकीय पृथक्करण (ब) गुरुत्व पृथक्करण

(स) झाग उत्प्लावन (द) विद्युत अपघटन

(iv) कैल्सियम सिलिकेट है–

(अ) मिश्र धातु (ब) गैंग

(स) धातुमल (द) गालक

(v) स्टेनलेस स्टील की अवयवी धातुएँ हैं –

(अ) कॉपर, जिंक तथा टिन (ब) आयरन, क्रोमियम तथा निकैल

(स) कॉपर, आयरन तथा जिंक (द) आयरन, टिन तथा ऐलुमिनियम

2. रिक्त स्थान की पूर्ति कीजिए–

(i) अधिक सक्रिय धातु द्वारा कम सक्रिय धातु को उसके लवण के विलयन से हटाने की क्रिया ..... कहलाती है। (विस्थापन/अवक्षेपण)

(ii) छत्तीसगढ़ में पाए जाने वाला लोहे का प्रमुख अयस्क ..... है। (हैमेटाइट/मैग्नाटाइट)

(iii) मिश्र धातु दो या दो से अधिक धातु अथवा धातु एवं अधातु का ..... मिश्रण होता है। (समांगी/विषमांगी)

(iv) अयस्क को वायु की अनुपस्थिति में उसके गलनांक से कम ताप तक गर्म करने की प्रक्रिया ..... कहलाती है। (भर्जन/निस्तापन)

3. निम्नलिखित को समझाइए –

(i) अयस्क (ii) खनिज (iii) धातुमल (iv) गालक

4. निम्नलिखित अभिक्रियाओं के लिए संतुलित समीकरण दीजिए –

(i) ऐलुमिनियम धातु की जल वाष्प से अभिक्रिया।

(ii) जिंक ऑक्साइड की सोडियम हाइड्रॉक्साइड से अभिक्रिया।

(iii) कैल्सियम कार्बोनेट को गर्म करने पर अभिक्रिया।

(iv) सोडियम की ऑक्सीजन से अभिक्रिया।

5. धात्विक ऑक्साइड से धातु के अपचयन की रासायनिक प्रक्रिया समझाइए।
6. संक्षारण से बचने के विभिन्न उपायों को लिखिए।
7. किसी धातु (M) के विद्युत अपघटनी शुद्धीकरण के लिए ऐनोड, कैथोड तथा विद्युत अपघट्य क्या होंगे उदाहरण द्वारा समझाइए।
8. अयस्कों के सांद्रण की निम्नलिखित विधियों को समझाइए।
   (i) गुरुत्व पृथक्करण विधि
   (ii) झाग उत्प्लावन विधि
   (iii) चुंबकीय पृथक्करण विधि
9. हैमेटाइट से लोहे के निष्कर्षण को निम्नलिखित पदों के आधार पर समझाइए–
   (i) अयस्क का सांद्रण
   (ii) ऑक्साइड का धातु में अपचयन (रासायनिक समीकरण सहित)
   (iii) वात्या भट्टी का चित्र
10. जंग लगने के विद्युत रासायनिक सिद्धांत को समझाइए।
11. कारण बताइए–
   (i) आभूषण बनाने के लिए सोना, चाँदी तथा प्लैटिनम धातुओं का उपयोग किया जाता है।
   (ii) सोडियम, पोटैशियम तथा लिथियम धातु को किरोसिन में डुबाकर रखा जाता है।
   (iii) ऐलुमिनियम एक सक्रिय धातु है फिर भी इसका उपयोग बर्तन बनाने में किया जाता है।
   (iv) कार्बोनेट तथा सल्फाइड अयस्क से धातु के निष्कर्षण के लिए उसे ऑक्साइड में परिवर्तित किया जाता है।