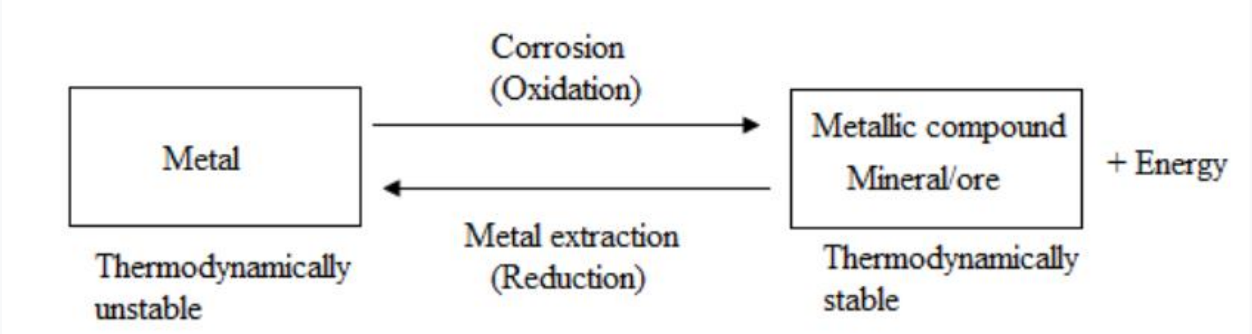
संक्षारण Corrosion

वायुमंडलीय गैसों, पानी या अन्य प्रतिक्रियाशील तरल माध्यम के संपर्क में आने पर लगभग सभी धातुओं की सतह कम या ज्यादा तेजी से क्षय होने लगती है। पर्यावरणीय हमले से धातु के क्षय होने की प्रक्रिया को संक्षारण के रूप में जाना जाता है। धातुएँ संक्षारण से गुजरती हैं और अपने ऑक्साइड, हाइड्रॉक्साइड, कार्बोनेट, सल्फाइड आदि में परिवर्तित हो जाती हैं।

- लाल भूरे रंग का जंग बनाने के लिए लोहे का क्षरण होता है [Fe2O3. xH2O]
- कॉपर क्षारीय कार्बोनेट [CuCO3+ Cu(OH)2] की एक हरी फिल्म बनाने के लिए जंग से गुजरता है।

क्षरण के कारण Cause of Corrosion

धातुएँ प्रकृति में अपने खनिजों या अयस्कों के रूप में, स्थिर संयुक्त रूपों में ऑक्साइड, क्लोराइड, सिलिकेट, कार्बोनेट, सल्फाइड आदि के रूप में मौजूद होती हैं। धातुओं के निष्कर्षण के दौरान, इन अयस्कों को काफी मात्रा में ऊर्जा की आपूर्ति करके धात्विक अवस्था में बदल दिया जाता है।इसलिए पृथक शुद्ध धातुओं को उनके संबंधित अयस्कों की तुलना में उत्तेजित अवस्था माना जाता है। इसलिए धातुओं में अपनी संयुक्त अवस्था (खनिज/अयस्क) में वापस जाने की प्राकृतिक प्रवृत्ति होती है। जब धातु वायुमंडलीय गैसों, नमी, तरल पदार्थ आदि के संपर्क में आती है, और धातु की सतह प्रतिक्रिया करती है और अधिक थर्मोडायनामिक रूप से स्थिर यौगिक बनाती है।



संक्षारण के प्रभाव Effects of Corrosion

1. धातु का उसके यौगिकों के रूप में अपव्यय। मूल्यवान धात्विक गुण जैसे चालकता, लोचनीयता, तन्यता आदि जंग के कारण नष्ट हो जाते हैं।

2. मशीनरी और फैब्रिकेशन के धातु भागों का जीवन काल और दक्षता कम हो जाती है जिससे भारी आर्थिक नुकसान होता है।

संक्षारण के सिद्धांत Theories of Corrosion

a शुष्क **संक्षारण** या रासायनिक **संक्षारण**

इस प्रकार का क्षरण मुख्यतः वायुमंडलीय गैसों जैसे O_2, हैलोजन, H_2S, SO_2, NO_2 या धातु की सतह के साथ निर्जल अकार्बनिक तरल की प्रत्यक्ष रासायनिक क्रिया के माध्यम से होता है। रासायनिक जंग तीन प्रकार की होती है:

(1) ऑक्सीकरण क्षरण (2) अन्य गैसों के कारण जंग (3) तरल धातु का क्षरण

(1) ऑक्सीकरण संक्षारण: यह नमी की अनुपस्थिति में धातुओं पर कम या उच्च तापमान पर ऑक्सीजन की सीधी क्रिया द्वारा किया जाता है। क्षार धातुएँ और क्षारीय मृदा धातुएँ कम तापमान पर तेजी से ऑक्सीकृत होती हैं। उच्च तापमान

पर सभी धातुएं ऑक्सीकृत हो जाती हैं (एजी, एयू, पीटी को छोड़कर)।

$M \rightarrow M^{2+} + 2e^-$ (ऑक्सीकरण)

$O_2 + 2e^- \rightarrow 2O^{2-}$ (कमी)

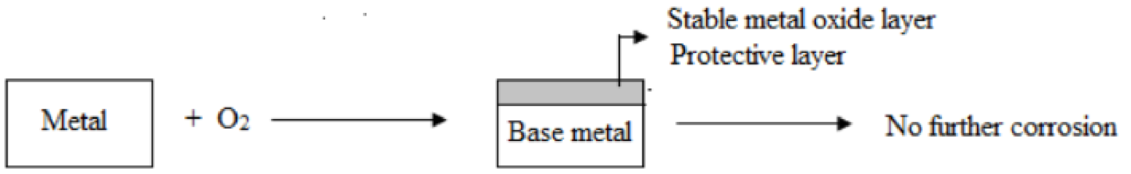
$M + O_2$ $M^{2+} + O^{2-}$ (धातु ऑक्साइड)

क्रियाविधि Mechanism

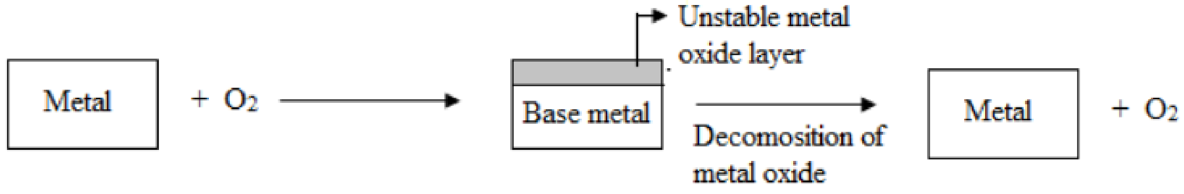
प्रारंभ में धातु की सतह ऑक्सीकरण से गुजरती है और परिणामी धातु ऑक्साइड परत एक अवरोध बनाता है जो आगे ऑक्सीकरण को प्रतिबंधित करता है। संक्षारण की मात्रा धातु ऑक्साइड की प्रकृति पर निर्भर करती है।

(ए) यदि धातु ऑक्साइड स्थिर है, तो व्यवहार में एक सुरक्षात्मक परत होती है जो आगे क्षरण को रोकती है।

उदाहरण के लिए, Al, Sn, Pb, Cu, Cr, W आदि की ऑक्साइड फिल्में स्थिर हैं और इसलिए आगे जंग निषिद्ध है।

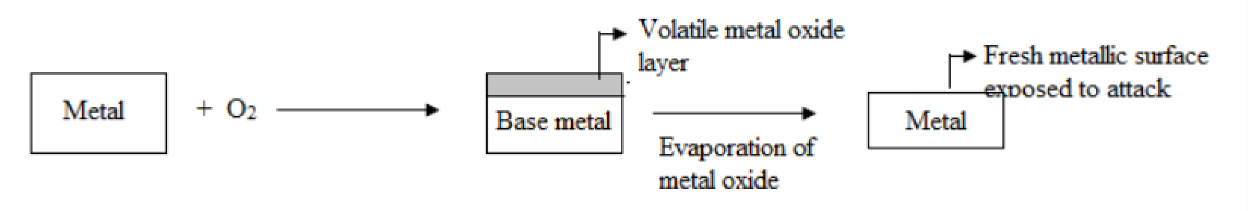


(बी) यदि धातु ऑक्साइड अस्थिर है, तो गठित ऑक्साइड परत वापस धातु और ऑक्सीजन में विघटित हो जाती है। तो, ऑक्सीकरण जंग संभव नहीं है। उदाहरण के लिए, Ag, Au और Pt ऑक्सीकरण क्षरण से नहीं गुजरते हैं।



(सी) यदि धातु ऑक्साइड परत अस्थिर है, तो ऑक्साइड परत गठन के बाद अस्थिर हो जाती है और आगे के हमले के लिए

अंतर्निहित धातु की सतह को उजागर करती है। यह निरंतर क्षरण का कारण बनता है जो मोलिब्डेनम ऑक्साइड (MoO_3) में अत्यधिक होता है।



पिलिंग–बेडवर्थ नियम: Pilling-Bedworth Rule

इसके अनुसार "एक ऑक्साइड सुरक्षात्मक या गैर–छिद्रपूर्ण होता है, यदि ऑक्साइड का आयतन कम से कम उस धातु के आयतन जितना बड़ा हो जिससे यह बनता है"।

(2) अन्य गैसों के कारण जंग:

इस प्रकार का क्षरण SO_2, CO_2, Cl_2, H_2S, F_2 आदि गैसों के कारण होता है।

इस जंग में, संक्षारक प्रभाव की सीमा मुख्य रूप से धातु और शामिल गैस के बीच रासायनिक संबंध पर निर्भर करती है। हमले की डिग्री धातु की सतह पर सुरक्षात्मक या गैर सुरक्षात्मक फिल्मों के निर्माण पर निर्भर करती है जिसे पिलिंग–बेडवर्थ नियम के आधार पर समझाया गया है। इस नियम के अनुसार;

(i) यदि बनाई गई जंग फिल्म की मात्रा अंतर्निहित धातु से अधिक है, तो यह दृढ़ता से चिपकने वाला, गैर–छिद्रपूर्ण है, इस प्रकार संक्षारक गैसों के प्रवेश की अनुमति नहीं देता है, सुरक्षात्मक।

$2Al + 3O_2 \rightarrow Al_2O_3$ (सुरक्षात्मक फिल्म)

(ii) यदि बनाई गई जंग फिल्म की मात्रा अंतर्निहित धातु से कम है, तो यह छिद्र / दरारें बनाती है और संक्षारक गैसों के प्रवेश की अनुमति देती है जिससे अंतर्निहित धातु का क्षरण होता है, इस प्रकार, गैर–सुरक्षात्मक।

पेट्रोलियम उद्योग में, उच्च तापमान पर H_2S गैस स्टील के साथ प्रतिक्रिया करके FeS स्केल बनाती है।

Fe (स्टील) + $H_2S \rightarrow$ FeS (छिद्रपूर्ण, गैर–सुरक्षात्मक) + H_2

(3.) तरल धातु संक्षारण: Liquid Metal Corrosion

यह जंग ठोस धातु या मिश्र धातु पर उच्च तापमान पर बहने वाली तरल धातु की रासायनिक क्रिया के कारण होती है। जंग की प्रतिक्रिया में या तो एक तरल धातु द्वारा ठोस धातु का विघटन होता है या ठोस धातु में तरल धातु का आंतरिक प्रवेश होता है। उदा. शीतलक (सोडियम धातु) से परमाणु रिएक्टरों में कैडमियम का क्षरण होता है।

बी गीला जंग या विद्युत रासायनिक जंग।

इस प्रकार का संक्षारण तब होता है जब एक संवाहक तरल धातु के संपर्क में होता है। यह जंग अलग–अलग एनोडिक और कैथोडिक भागों के अस्तित्व के कारण होता है, जिसके बीच में प्रवाहकीय समाधान के माध्यम से प्रवाह होता है। एनोडिक क्षेत्र में, ऑक्सीकरण प्रतिक्रिया होती है जिससे एनोडिक धातु या तो विघटन या यौगिकों के गठन से नष्ट हो जाती है। इसलिए क्षरण हमेशा एनोडिक भागों में होता है।

तंत्र:

इलेक्ट्रोकेमिकल जंग में एनोड और कैथोड के बीच इलेक्ट्रॉनों का प्रवाह शामिल होता है।

एनोडिक प्रतिक्रिया में मुक्त इलेक्ट्रॉनों को मुक्त करने वाली धातु का विघटन शामिल है।

$M \rightarrow M^{n+} + ne^{-}$

कैथोडिक प्रतिक्रिया हाइड्रोजन के निष्कासन या अवशोषण के साथ इलेक्ट्रॉनों का उपभोग करती है

ऑक्सीजन जो संक्षारक वातावरण की प्रकृति पर निर्भर करती है।

1 हाइड्रोजन निष्कासन सिद्धांत Hydrogen Evolution Theory

इस प्रकार का क्षरण अम्लीय माध्यम में होता है। जैसे धातु Fe को ध्यान में रखते हुए, एनोडिक प्रतिक्रिया इलेक्ट्रॉनों की मुक्ति के साथ लौह आयनों के रूप में लोहे का विघटन है।

एनोड: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$ (ऑक्सीकरण)

इलेक्ट्रॉन धातु के माध्यम से एनोड से कैथोड में प्रवाहित होते हैं, जबकि अम्लीय घोल के H^+ आयन हाइड्रोजन गैस के रूप में समाप्त हो जाते हैं।

कैथोड: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$

समग्र प्रतिक्रिया है: $Fe + 2H^+ \rightarrow Fe^{2+} + H_2$

इस प्रकार के क्षरण के कारण धातु आयनों द्वारा विलयन से हाइड्रोजन आयनों का विस्थापन होता है। इलेक्ट्रोकेमिकल श्रेणी में हाइड्रोजन से ऊपर की सभी धातुओं में H_2 गैस के एक साथ निष्कासन के साथ अम्लीय घोल में घुलने की प्रवृत्ति होती है।

2 ऑक्सीजन अवशोषण सिद्धांत

उदाहरण के लिए, वायुमंडलीय ऑक्सीजन की उपस्थिति में इलेक्ट्रोलाइट्स के तटस्थ जलीय घोल में लोहे की जंग लगना,

आमतौर पर लोहे की सतह पर आयरन ऑक्साइड की एक पतली परत का लेप लगाया जाता है। यदि परत में दरारें आ जाती हैं, तो सतह पर एनोडिक क्षेत्र बन जाते हैं और आसपास कैथोड बन जाता है। यह दर्शाता है कि एनोड छोटे क्षेत्र हैं, जबकि आसपास का वातावरण बड़े कैथोड बनाता है। जारी किए गए इलेक्ट्रॉन लौह धातु के माध्यम से एनोड से कैथोड तक प्रवाहित होते हैं।

एनोड पर: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$ (ऑक्सीकरण)

कैथोड पर: $\frac{1}{2} O_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^-$ (कमी)

समग्र प्रतिक्रिया: $Fe^{2+} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2$

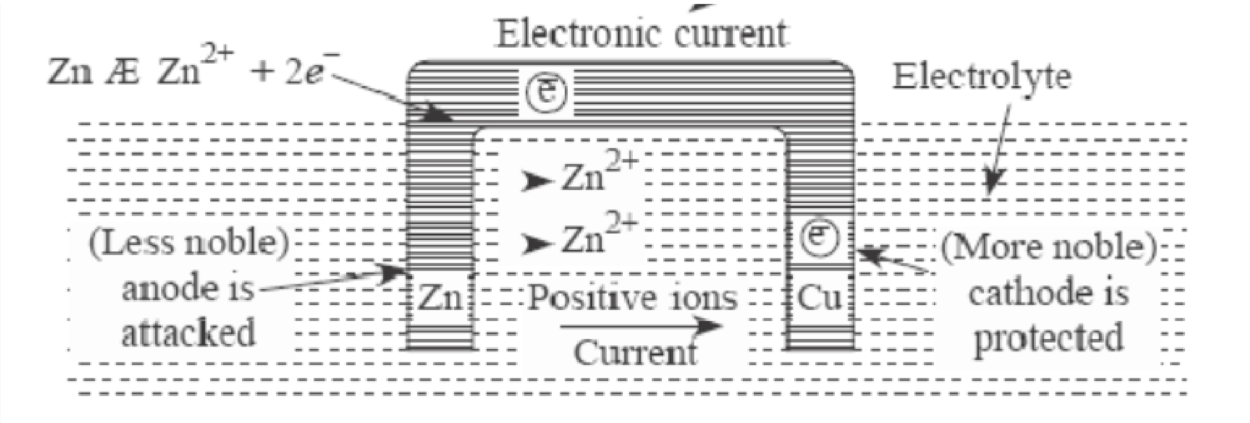
यदि ऑक्सीजन अधिक है, तो फेरस हाइड्रॉक्साइड आसानी से फेरिक हाइड्रॉक्साइड में ऑक्सीकृत हो जाता है।

$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3$ जंग $Fe_2O_3 . 3H_2O$ (लाल–भूरा) है। ।

संक्षारण के प्रकार Types of Corrosion

1. गैल्वनीय संक्षारण Galvanic Corrosion

जब दो असमान धातुएं विद्युत रूप से जुड़ी होती हैं और इलेक्ट्रोलाइट के संपर्क में आती हैं, तो इलेक्ट्रोकेमिकल श्रृंखला में उच्च धातु जंग से गुजरती है और इलेक्ट्रोकेमिकल श्रृंखला में कम धातु सुरक्षित होती है। इस प्रकार के जंग को गैल्वेनिक संक्षारण कहा जाता है। जैसे जब Zn और Cu जुड़े होते हैं और संक्षारक वातावरण के संपर्क में आते हैं, तो जिंक (विद्युत रासायनिक श्रृंखला में उच्च) एनोड बनाता है; ऑक्सीकरण से गुजरता है और संक्षारक हो जाता है। Cu (विद्युत रासायनिक श्रेणी में निचला) कैथोड के रूप में कार्य करता है;



2. **सांद्रता सेल संक्षारण Concentration Cell Corrosion**

इस प्रकार का क्षरण अलग–अलग सांद्रता के इलेक्ट्रोलाइट के संपर्क में आने वाली धातु की सतह के विद्युत रासायनिक हमले के कारण होता है। इस प्रकार का क्षरण निम्न कारण होता है

i) धातु आयनों की सांद्रता में अंतर।

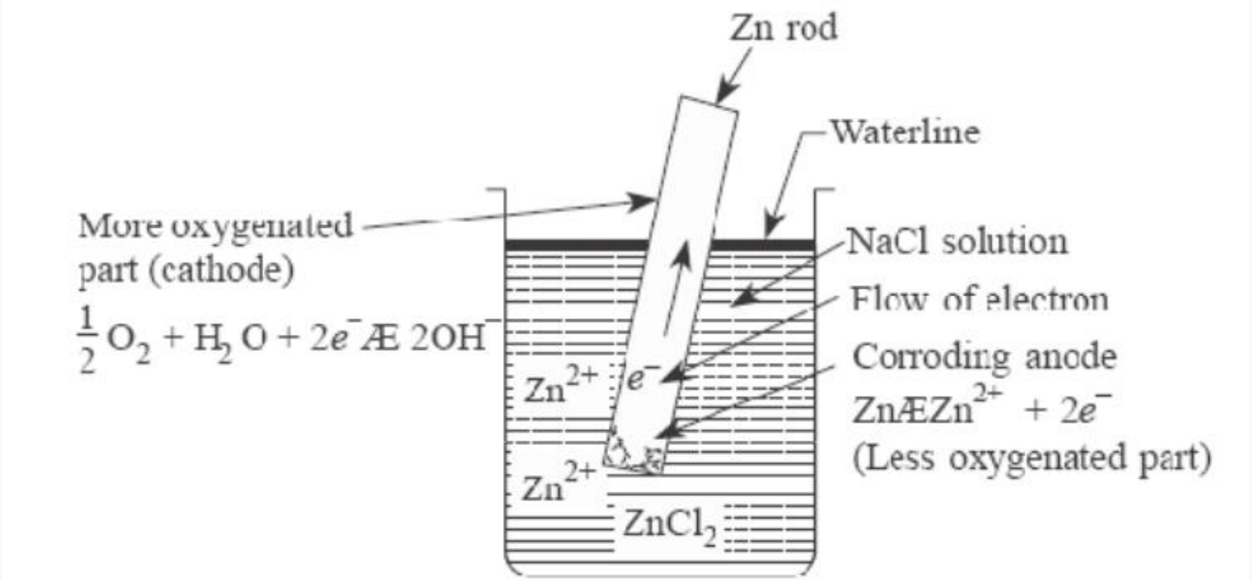
ii) वायु/ऑक्सीजन के संपर्क में अंतर (डिफरेंशियल वातन जंग)

(iii) तापमान में अंतर।

जब एक धातु को विभिन्न वायु सांद्रता के संपर्क में लाया जाता है, तो यह पाया गया है कि धातु की ऑक्सीजन खराब रूप से एनोडिक हो जाती है और अच्छी तरह से ऑक्सीजन युक्त हिस्सा कैथोडिक हो जाता है। संभावित अंतर बनाया जाता है जो एनोड (NaCl विलयन में डूबा हुआ धातु भाग) से कैथोड (वायुमंडल के संपर्क में) तक इलेक्ट्रॉनों के प्रवाह का कारण बनता है।

उदाहरण के लिए Zn रॉड NaCl के घोल में गहराई तक डूबा हुआ है: एनोड

NaCl विलयन के ऊपर Zn छड़: कैथोड



3. **पिटिंग संक्षारण Pitting Corrosion**

धातु की सतह पर विकसित सुरक्षात्मक फिल्म पर एक छिद्र, पिनहोल और दरारें बनाता है

इलेक्ट्रॉनों का प्रवाह एनोड से कैथोड की ओर होता है और आयन किसके माध्यम से चलते हैं वायुमंडलीय नमी माध्यम।

4. **भास्मिक (क्षारीय) भंगुरता Caustic embrittlement**

बॉयलर फ़ीड पानी में Na_2CO_3 की निश्चित मात्रा होती है जो बॉयलर के उच्च दबाव में NaOH में विघटित हो जाती है।

$Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow 2NaOH + CO_2$

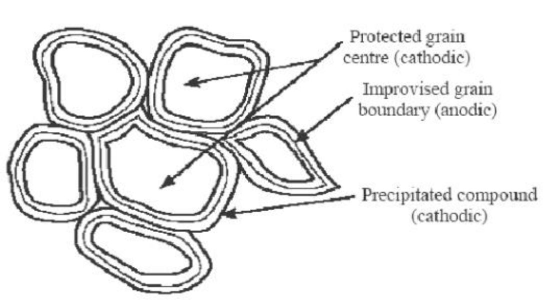
NaOH बॉयलर प्लेट की दरारों/गड्ढों में जमा हो जाता है जिससे एक सांद्रण सेल बनता है। NaOH के साथ जमा धातु एनोडिक हो जाती है जबकि धातु कैथोडिक हो जाती है। धातु की लौह धातु उच्च तापमान पर NaOH के साथ प्रतिक्रिया करके सोडियम फेराइट Sodium Ferrite बनाती है जिससे बॉयलर को नुकसान होता है, इस तरह के क्षरण को **भास्मिक (क्षारीय) भंगुरता** कास्टिक एम्ब्रिटलमेंट कहा जाता है।

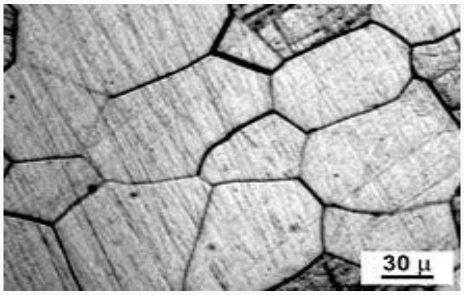
5. **भूमिगत संक्षारण (मिट्टी का क्षरण) Soil Corrosion**

भूमिगत क्षरण मिट्टी की संक्षारकता के कारण होता है। जैसे-जैसे मिट्टी की अम्लता बढ़ती है, क्षरण की दर बढ़ती जाती है।

6. अंतर कणिका **संक्षारण Intergrannular Corrosion**

यह क्षरण अनाज की सीमाओं के साथ होता है। अनाज की सीमा जहां धातु संवेदनशील होती है, संक्षारक हमले से गुजरती है। अनाज की सीमा में एक ऐसी सामग्री होती है जो अधिक एनोइडिक क्षमता दिखाती है। अनाज की सीमा पर धातु का क्षय होता है क्योंकि यह एनोडिक हो जाता है और अनाज का केंद्र कैथोडिक हो जाता है जो संरक्षित होता है। धात्विक संरचना में कई छोटी कोशिकाओं के बनने के कारण अंतर-कणीय क्षरण होता है।





7. **तनाव संक्षारण Stress Corrosion**

तनाव का क्षरण तन्यता तनाव और धातु के संक्षारक वातावरण के संयुक्त प्रभाव के कारण होता है। तन्यता तनाव आमतौर पर Zn और Ni के मिश्र धातुओं जैसे गढ़े हुए लेखों में देखा जाता है। आरोपित तनाव के तहत इंटर–ग्रेन्युलर जंग के कारण धातु में दरार आ जाती है, जिसे **तनाव संक्षारण** क्रैकिंग कहा जाता है।

8. क्षरण **संक्षारणErosion Corrosion**

क्षरण वाष्प, गैसों और की अपघर्षक क्रिया के संयुक्त प्रभाव से होता है I तरल पदार्थ और धातुओं की सतह पर ठोस पदार्थों की यांत्रिक रगड़ क्रिया। इस प्रकार का क्षरण घर्षण के स्थान पर एक सुरक्षात्मक फिल्म के टूटने के कारण होता है। एब्रेडिंग क्रिया धातु की सतह पर स्थानीय धब्बों से सुरक्षात्मक फिल्मों को हटा देती है, जिसके परिणामस्वरूप ऐसे क्षेत्रों में विभेदक सेल का निर्माण होता है और कोशिकाओं के एनोडिक बिंदुओं पर स्थानीयकृत क्षरण होता है। पाइपिंग, कंडेनसर, ट्यूब और जहाजों में क्षरण क्षरण सबसे आम है जिसमें तरल पदार्थ

या गैसों की भाप एक उद्घाटन से निकलती है और उच्च वेग के साथ साइड की दीवारों से टकराती है।

9. दरार के कारण संक्षारण Crevice Corrosion

दो धातु सतहों के जोड़ पर होने वाला क्षरण, जहां एक संकीर्ण झिर्री बन जाती है। संकीर्ण झिर्री एक एनोड का कार्य करती है जहां क्षरण होता है। इस प्रकार के जंग को **दरार के कारण संक्षारण** कहा जाता है।

क्षरण को प्रभावित करने वाले कारक

Factors Affecting Corrosion

धातु की प्रकृति और संक्षारक वातावरण की प्रकृति के कारण जंग की दर और सीमा विभिन्न कारकों पर निर्भर करती है।

A धातु की प्रकृति के कारण कारक

1. धातु की शुद्धता: धातु की विषमता अशुद्धियों की उपस्थिति के कारण होती है जो विभिन्न भागों में छोटे विद्युत रासायनिक कोशिकाओं का निर्माण करती हैं। एनोडिक भाग गल जाते हैं।

2. इलेक्ट्रोड विभव: उच्च अपचयन विभव वाली धातुएँ आसानी से संक्षारित नहीं होती हैं। वे सोना, प्लेटिनम और चांदी जैसी अक्रिय धातुएं हैं। कम अपचयन क्षमता वाली धातुएं आसानी से जंग से गुजरती हैं। (जैसे। Zn, Mg, Al आदि)।

3. गैल्वेनिक श्रेणी में धातु की स्थिति:

धातुएँ जिनमें कम अपचयन क्षमता होती है और गैल्वेनिक श्रृंखला के उच्च स्थान में होती हैं, आसानी से जंग से गुजरती हैं। धातुएँ जिनमें उच्च अपचयन क्षमता होती है और गैल्वेनिक श्रृंखला के निचले सिरे पर कब्जा कर लेते हैं, वे जंग से नहीं गुजरती हैं और वे सुरक्षित हो जाती हैं। जब दो धातुएं इलेक्ट्रोलाइट की उपस्थिति में विद्युत संपर्क में होती हैं, तो जो धातु अधिक सक्रिय होती है, उसका क्षरण होता है। जंग की दर गैल्वेनिक श्रृंखला में उनकी स्थिति के अंतर पर निर्भर करती है। अंतर जितना अधिक होगा, एनोड पर जंग की मात्रा उतनी ही अधिक होगी।

Cu के संपर्क में होने पर Fe का तेजी से क्षरण होता है, जबकि Sn के साथ कम।

जहाँ भी संभव हो असमान धातुओं के उपयोग से बचना चाहिए (जैसे बोल्ट और नट, स्क्रू और वॉशर)।

4. एनोडिक और कैथोडिक सेल के सापेक्ष क्षेत्र:

जंग के सापेक्ष क्षेत्र कैथोडिक से एनोडिक कोशिकाओं से प्रभावित होते हैं। यदि धातु में छोटा एनोडिक और बड़ा कैथोडिक क्षेत्र होता है, तो जंग की दर बहुत अधिक होती है। ऐसा इसलिए है क्योंकि इलेक्ट्रॉनों को एनोड पर मुक्त किया जाता है जो कैथोड पर खपत होता है। यदि कैथोडिक क्षेत्र

बड़ा है, तो कैथोड पर मुक्त इलेक्ट्रॉनों का तेजी से उपभोग किया जाता है। यह आगे एनोडिक प्रतिक्रिया को बढ़ाता है जिससे जंग की दर बढ़ जाती है।

5. हाइड्रोजन ओवर वोल्टेज:

जब कैथोड प्रतिक्रिया हाइड्रोजन निष्कासन प्रकार होती है, तो इसकी सतह पर कम हाइड्रोजन ओवर वोल्टेज वाली धातु जंग के लिए अधिक संवेदनशील होती है, क्योंकि इस स्थिति में हाइड्रोजन गैस की मुक्ति आसान होती है। इसलिए कैथोडिक प्रतिक्रिया बहुत तेज होती है जो बदले में एनोडिक प्रतिक्रिया को तेज करती है। इसलिए जंग की दर बढ़ जाती है। ओवर वोल्टेज जितना अधिक होगा, क्षरण उतना ही कम होगा।

6. धातु की भौतिक अवस्था: छोटे दाने के आकार वाली धातुओं में क्षरण की प्रवृत्ति अधिक होती है। अधिक तनाव वाली धातु भी आसानी से जंग से गुजरती है।

7. सतह परत की प्रकृति:

यदि बनने वाला जंग उत्पाद अधिक स्थिर, अघुलनशील और गैर-छिद्रपूर्ण है, तो यह सुरक्षात्मक परत के रूप में कार्य करता है और आगे क्षरण को रोकता है (जैसे Ti, Al और Cr)। यदि जंग उत्पाद झरझरा, अस्थिर और घुलनशील है, तो यह जंग (Fe, Zn और Mg) को और बढ़ाता है।

8. उचित डिजाइनिंग

a. कोनों और किनारों से मुक्त।

b. दो भिन्न धातुओं के बीच विभवांतर कम होना चाहिए

c. धात्विक संरचना पायदान पर आधारित होनी चाहिए

d. दो धातुओं के वेल्ड स्थान पर झिर्री नहीं हिनी चाहिए

B. प्रकृति संक्षारक पर्यावरण के कारण कारक

1. तापमान: तापमान में वृद्धि के साथ जंग प्रतिक्रियाओं की दर बढ़ जाती है।

2. हवा में नमी: वातावरण में मौजूद नमी या नमी इलेक्ट्रोलाइट को पानी देती है जो एक इलेक्ट्रोकेमिकल सेल की स्थापना के लिए आवश्यक है। गठित ऑक्साइड परत में नमी को अवशोषित करने की प्रवृत्ति होती है जो एक और इलेक्ट्रोकेमिकल सेल बनाती है।

3. अशुद्धियों की उपस्थिति: वातावरण CO_2, SO_2, H_2S जैसी गैसों से दूषित होता है; औद्योगिक क्षेत्रों के आसपास H_2SO_4, HCl आदि और अन्य निलंबित कणों के धुएं। वे विद्युत चालकता के लिए जिम्मेदार हैं, जिससे जंग बढ़ रही है।

4. pH मान: माध्यम के pH मान का क्षरण पर अधिक प्रभाव पड़ता है। अम्लीय pH जंग की दर को बढ़ाता है।

5. वायुमण्डल में ऑक्सीजन की मात्रा: जैसे-जैसे वातावरण में ऑक्सीजन का प्रतिशत बढ़ता है, वैसे-वैसे ऑक्सीजन सांद्रण सेल के बनने से क्षरण की दर भी बढ़ती जाती है। धातु का क्षय एनोडिक भाग पर होता है और धातु का कैथोडिक भाग सुरक्षित रहता है।

संक्षारण नियंत्रण के तरीके

1. संक्षारण अवरोधकों द्वारा:

संक्षारण अवरोधक: ये रासायनिक पदार्थ हैं (जैविक/अकार्बनिक हो सकते हैं) जब संक्षारक वातावरण में कम मात्रा में जोड़े जाते हैं, पर्यावरण में घुलकर एनोडिक या

कैथोडिक क्षेत्रों के चारों ओर एक सुरक्षात्मक परत बनाते हैं और प्रभावी रूप से संक्षारण दर को कम करते हैं।

संक्षारण अवरोधकों के प्रकार

a. एनोडिक अवरोधक:
b. कैथोडिक अवरोधक

a. एनोडिक अवरोधक: टंगस्टेट, फॉस्फेट, क्रोमेट, उच्च ऑक्सीजन सामग्री वाले संक्रमणकालीन धातुओं के आयनों जैसे आयनों को एनोडिक अवरोधक के रूप में उपयोग किया जाता है। वे एक नवगठित धातु आयन के साथ विरल रूप से घुलनशील संक्षारण उत्पाद बनाते हैं। यह एक सुरक्षात्मक परत बनाने वाले एनोड की सतह पर सोख लिया जाता है और जंग की दर को कम करता है।

b. कैथोडिक इनहिबिटर्स: इनका उपयोग अम्लीय घोल, क्षारीय/ तटस्थ घोल में किया जाता है। कुछ कैथोडिक अवरोधक, जैसे आर्सेनिक के यौगिक, हाइड्रोजन के पुनर्संयोजन को अधिक कठिन बनाकर काम करते हैं। अन्य कैथोडिक अवरोधक, आयन जैसे कैल्शियम, जस्ता या मैग्नीशियम, धातु पर एक सुरक्षात्मक परत बनाने के लिए ऑक्साइड के रूप में अवक्षेपित हो सकते हैं। ऑक्सीजन मैला ढोने वाले ऑक्सीजन के कारण होने वाले कैथोडिक विध्रुवण को रोककर क्षरण को रोकने में मदद करते हैं।

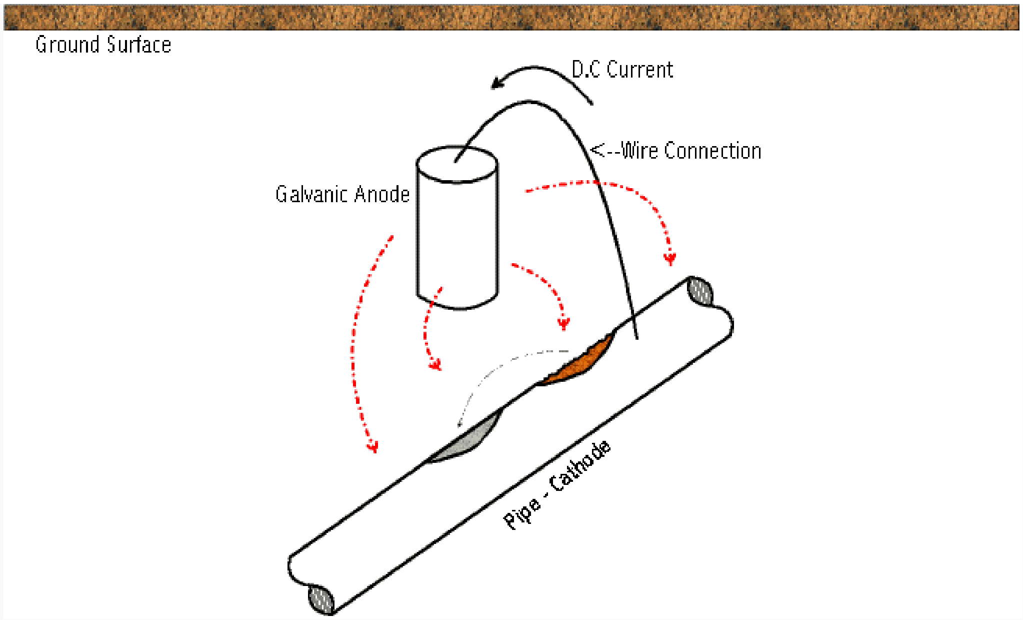
2. कैथोडिक सुरक्षा

आधार धातु को कैथोड की तरह व्यवहार करने के लिए संरक्षित करने की विधि को कैथोडिक संरक्षण कहा जाता है। कैथोडिक सुरक्षा दो प्रकार की होती है

(ए) बलिदानी एनोड विधि (बी) प्रभावित धारा विधि।

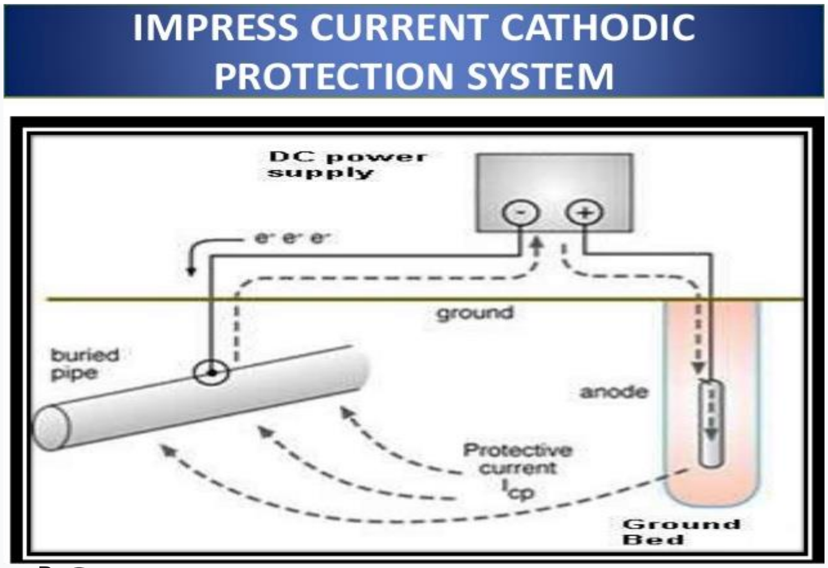
a. **बलिदानी एनोड विधि Sacrificial Anodic Method**

इस सुरक्षा पद्धति में, संरक्षित की जाने वाली धातु संरचना (बेस मेटल) को एक तार द्वारा एक अधिक एनोडिक धातु से जोड़ा जाता है ताकि सभी जंग इस अधिक एनोडिक धातु पर केंद्रित हो जाएं। अधिक एनोडिक धातु स्वयं धीरे-धीरे संक्षारित हो जाती है, जबकि मूल संरचना (कैथोडिक) सुरक्षित रहती है। इस प्रकार नियोजित अधिक सक्रिय धातु को बलि एनोड कहा जाता है। पूरी तरह से भस्म हो जाने पर, जंग लगे बलिदान एनोड को एक नए से बदल दिया जाता है। आमतौर पर बलिदान एनोड के रूप में नियोजित धातुएं एमजी, जेडएन, अल और उनके मिश्र धातुएं हैं जिनमें कम कमी क्षमता होती है और इलेक्ट्रोकेमिकल श्रृंखला में उच्च अंत में रहती है। उदा. एक जहाज-पतवार जो स्टील से बना होता है, बलिदान एनोड (Zn-ब्लॉक) से जुड़ा होता है, जो आधार धातु को सुरक्षित रखते हुए जंग से गुजरता है। उदा. भूमिगत जल पाइपलाइनों और पानी की टंकियों को भी बलिदान एनोड विधि द्वारा संरक्षित किया जाता है। इलेक्ट्रोकेमिकल श्रृंखला का जिक्र करते हुए, कम कमी क्षमता वाली धातु को बेस मेटल से जोड़ा जाता है जो एनोड के रूप में कार्य करता है।



b. प्रभावित धारा कैथोडिक विधि Impressed Current Cathodic Protection

इस पद्धति में, एक प्रभावित धारा को विपरीत दिशा में लागू किया जाता है ताकि संक्षारण धारा को कम किया जा सके, और संक्षारक धातु को एनोड से कैथोड में परिवर्तित किया जा सके। प्रभावित धारा संक्षारण धारा से थोड़ी अधिक होती है। इस प्रकार एनोडिक संक्षारक धातु कैथोडिक हो जाती है और क्षरण से सुरक्षित हो जाती है। प्रभावित करंट को बैटरी से लिया जाता है या एसी लाइन पर ठीक किया जाता है। प्रभावित वर्तमान सुरक्षा पद्धति का उपयोग पानी की टंकियों, पानी और तेल पाइप लाइनों, ट्रांसमिशन लाइन टावरों आदि के लिए किया जाता है।



3. **सतह कोटिंग्स Surface Coatings**

धातु की सतह को संक्षारक वातावरण से बचाने के लिए सतह कोटिंग का अनुप्रयोग सामान्य तरीका है। कोटिंग धातु और पर्यावरण के बीच एक भौतिक बाधा के रूप में कार्य करती है। ये सतह कोटिंग्स संक्षारक वातावरण, चिपकने वाले गुणों और अभेद्य के लिए रासायनिक जड़ता प्रदर्शित करती हैं।

a. कार्बनिक सतह परत

जंग से बचाने के लिए धात्विक सतहों पर कार्बनिक सतह परत लगाई जाती हैं।

कार्बनिक सतह परत के गुण।

1. संक्षारक पर्यावरण के लिए रासायनिक अक्रियता
2. अच्छा सतह से चिपकना (आसंजन)
3. पानी, गैसों और लवणों के लिए अभेद्यता

उदा. पेंट पेंट वाहन के तेल या सुखाने वाले तेल में कई घटकों का एक यांत्रिक फैलाव मिश्रण है। पेंट के घटक और उनके कार्य निम्नलिखित हैं।

1. रंगद्रव्य: यह पेंट का एक प्रमुख घटक है। पेंट को वांछित रंग प्रदान करता है
यह हानिकारक यूवी विकिरण को परावर्तित करके पेंट की सुरक्षा करता है। ताकत देता है और फिल्म के मौसम प्रतिरोध को बढ़ाता है। सफेद- सफेद सीसा, ZnO लाल- लाल सीसा, फेरिक ऑक्साइड
2. वाहन का तेल/सुखाने वाला तेल: यह पेंट का घटक बनाने वाली फिल्म बनाता है।
यह विभिन्न के फैलाव के लिए माध्यम के रूप में कार्य करता है
घटक यह पेंट को स्थायित्व, आसंजन और पानी के सबूत देता है। सूरजमुखी का तेल, सरसों का तेल, सोयाबीन का तेल।
3. पतले: चिपचिपाहट कम कर देता है और पेंट फिल्म की लोच को बढ़ाता है। वाहन माध्यम में घुलने वाले एडिटिव्स को बढ़ाता है। तारपीन, मिट्टी का तेल, नेफ्था।
4. ड्रायर: ड्रायर ऑक्सीजन ले जाने वाले उत्प्रेरक हैं। वे ऑक्सीकरण, पोलीमराइजेशन और संघनन के माध्यम से पेंट फिल्म के सुखाने में तेजी लाते हैं। Pb, Zn और Co के टंगस्टेट्स और नैथलेट्स।
5. एक्सटेंडर/फिलर्स कम अपवर्तक सूचकांक सामग्री: वे पेंट फिल्म की लागत और क्रैकिंग प्रकृति को कम करते हैं। $BaSO_4$, जिप्सम, तालक, चीनी मिट्टी।
6. प्लास्टिसाइज़र: वे फिल्म को लोच प्रदान करते हैं और दरार को कम करते हैं। ट्रिब्यूटिलफॉस्फेट, ट्राइफेनिलफॉस्फेट
7. एंटी स्किनिंग एजेंट: वे पेंट फिल्म की गेलिंग प्रकृति को रोकते हैं। पॉलीहाइड्रॉक्सी फिनोल

b. **धातु कोटिंग्स Metallic Coatings**

आधार धातु की सतह एक अन्य धातु (कोटिंग धातु) के साथ लेपित होती है। धात्विक कोटिंग्स को मोटे तौर पर एनोडिक और कैथोडिक कोटिंग्स में वर्गीकृत किया जाता है।

1. **एनोडिक कोटिंग: Anodic Coatings**

सतह कोटिंग के लिए प्रयुक्त धातु आधार धातु की तुलना में अधिक एनोडिक है जिसे संरक्षित किया जाना है। उदाहरण के लिए, स्टील की सतह पर Al, Cd और Zn का लेप एनोडिक होता है क्योंकि उनकी इलेक्ट्रोड क्षमता बेस मेटल आयरन की तुलना में कम होती है। इसलिए, एनोडिक कोटिंग्स अंतर्निहित आधार धातु की बलि से रक्षा करते हैं। धातु के लेप के ऊपर छिद्रों और दरारों के बनने से बेस मेटल का पर्दाफाश होता है और बेस मेटल और कोटिंग मेटल के बीच एक गैल्वेनिक सेल बनता है। कोटिंग धातु एनोडिक रूप से घुल जाती है और आधार धातु सुरक्षित रहती है। गैल्वनाइजेशन एनोडिक कोटिंग का एक रूप है।

2. **कैथोडिक कोटिंग: Cathodic Coatings**

कैथोडिक परत मूल धातु की तुलना में अधिक अक्रिय धातु (यानी उच्च इलेक्ट्रोड क्षमता जैसे Sn, Au, Ag, Pt आदि) को लेप करके प्राप्त की जाती हैं। वे आधार धातु की रक्षा करते हैं क्योंकि कैथोडिक प्रकृति के कारण उनमें आधार धातु की तुलना में उच्च संक्षारण प्रतिरोध होता है। कैथोडिक कोटिंग मूल धातु की रक्षा तभी करती है जब कोटिंग एक समान हो और छिद्रों से मुक्त हो। कैथोडिक कोटिंग के ऊपर छिद्रों का निर्माण पर्यावरण के लिए आधार धातु (एनोड) को उजागर

करता है और एक गैल्वेनिक सेल स्थापित किया जाता है। इससे बेस मेटल को ज्यादा नुकसान होता है।

धातु कोटिंग्स के तरीके Methods of Coating Applications

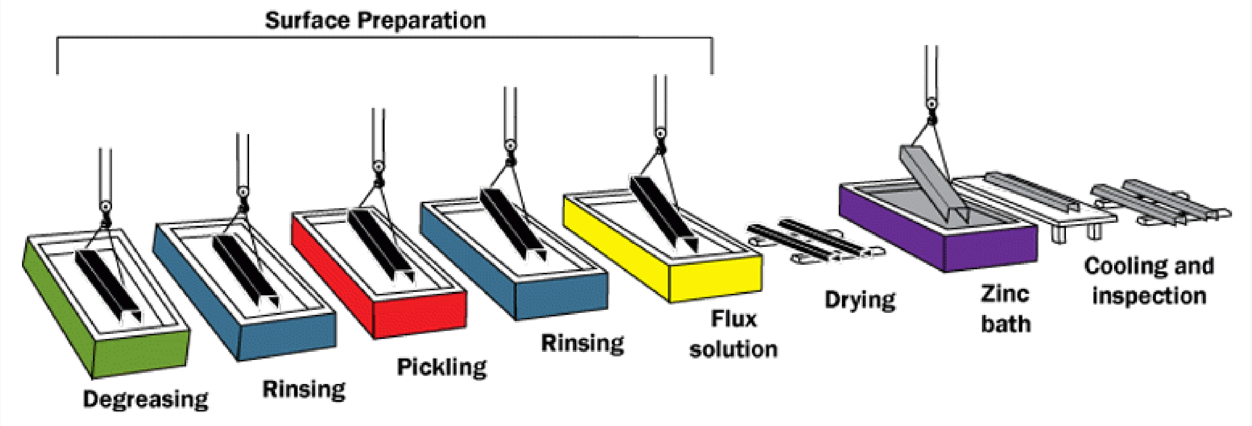
1. गर्म डुबकी Hot Dipping

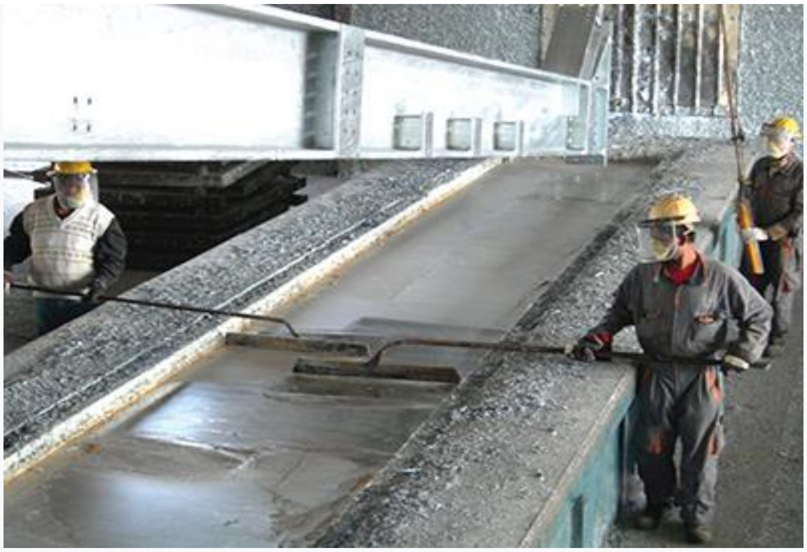
गर्म डुबकी की प्रक्रिया उन धातुओं पर लागू होती है जिनका गलनांक कोटिंग धातु की तुलना में अधिक होता है। यह पिघले हुए धातु में अच्छी तरह से साफ की गई धातु को डुबो कर किया जाता है
कोटिंग धातु और एक प्रवाह परत। फ्लक्स आधार धातु की सतह को साफ करता है और पिघला हुआ कोटिंग धातु के ऑक्सीकरण को रोकता है। इ। जी। लोहे और स्टील की सतहों पर Zn, Pb, Al की कोटिंग।
सबसे व्यापक रूप से इस्तेमाल की जाने वाली गर्म डुबकी प्रक्रियाएं हैं (ए) गैल्वनाइजिंग और (बी) टिनिंग।

a. गाल्वेनिकरण Galvanization

गैल्वनाइजिंग एक ऐसी प्रक्रिया है जिसमें लोहे की वस्तु को जस्ता की एक पतली परत के साथ लेप करके जंग से बचाया जाता है। यह जस्ता द्वारा दी जाने वाली बलि एनोडिक सुरक्षा है। इस प्रक्रिया में, पहले लोहे या स्टील को 15 से 20 मिनट के लिए 60-90 डिग्री सेल्सियस के तापमान पर तनु सल्फ्यूरिक एसिड के घोल से अचार बनाकर साफ किया जाता है। इसलिए, यह मौजूद स्केल, जंग और अन्य अशुद्धियों को हटा देता है और फिर पानी में अच्छी तरह से धोकर सुखाया

जाता है। फिर पिघला हुआ जस्ता युक्त स्नान में डुबोया जाता है जो 425-450 डिग्री सेल्सियस पर होता है। इसे ऑक्साइड बनने से रोकने के लिए, स्नान की सतह को अमोनियम क्लोराइड फ्लक्स से ढक दिया जाता है। जब लोहे की चादर को बाहर निकाला जाता है तो उस पर जिंक की एक पतली परत चढ़ जाती है। अतिरिक्त जस्ता को हटाने के लिए, इसे गर्म रोलर्स की एक जोड़ी के माध्यम से पारित किया जाता है और फिर इसे ठंडा करने के बाद 450 डिग्री सेल्सियस के तापमान पर बंद कर दिया जाता है। गैल्वनाइजिंग का उपयोग व्यापक रूप से वातावरण (छत, तार की बाड़, पाइप आदि) के संपर्क में आने वाले लोहे की रक्षा के लिए किया जाता है। जस्ता की घुलनशीलता के कारण खाने योग्य वस्तुओं को रखने के लिए जस्ती धातु की चादरों का उपयोग नहीं किया जाता है।





b. **टिनिंग Tinning**

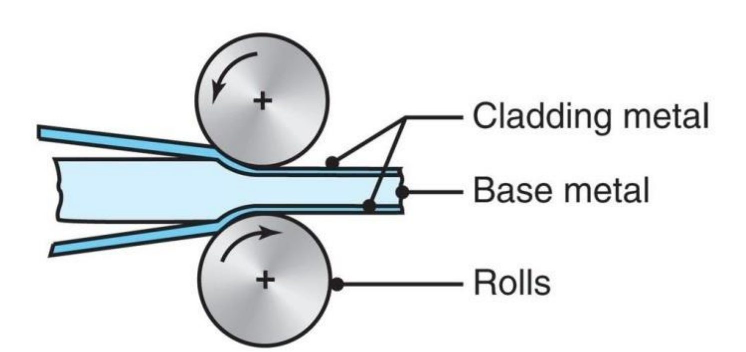
लोहे या स्टील की वस्तुओं के ऊपर टिन Sn) के परत बनाने की प्रक्रिया को टिनिंग के रूप में जाना जाता है। टिन एक उत्कृष्ट धातु है और इसलिए इसका रासायनिक हमले के प्रतिरोध अधिक होता है

यह टिन द्वारा दी जाने वाली कैथोडिक सुरक्षा है। इस प्रक्रिया में, किसी भी ऑक्साइड फिल्म को हटाने के लिए, यदि मौजूद हो, तो लोहे की शीट को तनु सल्फ्यूरिक एसिड (अचार) में उपचारित किया जाता है। एक साफ लोहे की चादर को पिघला हुआ $ZnCl_2$ प्रवाह के बाद पिघला हुआ टिन और अंत में एक उपयुक्त वनस्पति तेल के माध्यम से पारित किया जाता है। $ZnCl_2$ फ्लक्स पिघली हुई धातु को आधार धातु का पालन करने में मदद करता है।

2. **मेटल क्लैडिंग Metal Cladding**

संरक्षित की जाने वाली आधार धातु की सतह को कोट की दो पतली परतों के बीच सैंडविच किया जाता है

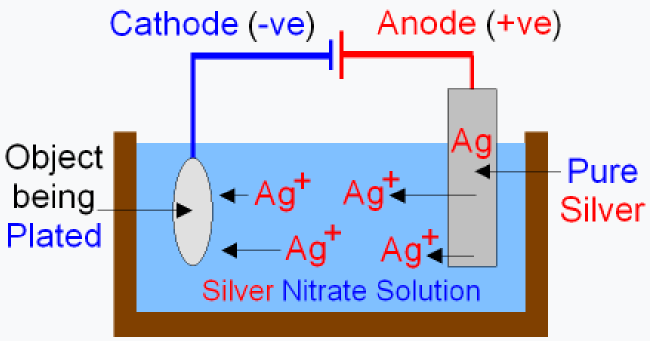
धातु और रोलर्स के बीच दबाया। एक कोटिंग धातु की एक पतली सजातीय परत की कोटिंग a
आधार धातु ऐसी है कि यह स्थायी रूप से या तो एक तरफ या दोनों तरफ गर्मी और दबाव में मजबूती से बांधती है। तैयार उत्पाद को किनारों पर वेल्ड किया जा सकता है। कोट धातु को आधार धातु के लिए एनोडिक होना चाहिए और केवल सादे सतहों को ही जोड़ा जा सकता है। इस विधि का उपयोग अल, सीआर, नी, ड्यूरालुमिन आदि को कोटिंग करने के लिए किया जाता है। सभी संक्षारण प्रतिरोधी धातुएं जैसे नी, क्यू, एजी, एयू और पीटी और मिश्र धातु जैसे स्टील / निकल मिश्र धातु का उपयोग क्लैडिंग सामग्री के रूप में किया जा सकता है। Duralumin एक बहुत ही हल्की धातु की मिश्रधातु है जिसका उपयोग विमान उद्योग में किया जाता है जिसे Alclad प्राप्त करने के लिए एल्यूमीनियम से ढका जाता है।



3. **इलेक्ट्रोप्लेटिंग Electroplating**

इलेक्ट्रोप्लेटिंग धातुओं को कोटिंग करने और उन्हें जंग और रासायनिक हमले से बचाने की प्रक्रिया है। इलेक्ट्रोप्लेटिंग धातुओं और मिश्र धातुओं की सतह पर इलेक्ट्रोलिसिस के माध्यम से धातु के इलेक्ट्रो-डिपोजिशन की विधि है। किसी भी स्केल, ऑक्साइड आदि को हटाने के लिए बेस मेटल को पहले एसिड पिकलिंग के अधीन किया जाता है। बेस मेटल को

इलेक्ट्रोलाइटिक सेल के कैथोड के रूप में बनाया जाता है और कोटिंग मेटल को एनोड के रूप में बनाया जाता है। दो इलेक्ट्रोड को इलेक्ट्रोलाइट विलयन में डुबोया जाता है जिसमें धातु आयनों को आधार धातु पर जमा किया जाता है। जब किसी बाहरी स्रोत से प्रत्यक्ष धारा प्रवाहित की जाती है, तो कोटिंग धातु आयन कैथोड की ओर चले जाते हैं और एक पतली परत के रूप में आधार धातु की सतह पर जमा हो जाते हैं। बेहतर इलेक्ट्रो-प्लेटिंग के लिए कम तापमान, मध्यम वर्तमान घनत्व, कम धातु आयन सांद्रता की स्थिति बनाए रखी जाती है।



4. **एनोडाइजिंग Anodizing**

एनोडाइजिंग एक इलेक्ट्रोलाइटिक निष्क्रियता प्रक्रिया है जिसका उपयोग धातु के हिस्सों की सतह पर प्राकृतिक ऑक्साइड परत की मोटाई बढ़ाने के लिए किया जाता है। एनोडाइजिंग धातु के हिस्से की सतह पर ऑक्साइड की एक परत बनाकर उसके संक्षारण प्रतिरोध को बढ़ाने की एक विधि है।

प्रक्रिया को एनोडाइजिंग कहा जाता है क्योंकि उपचार किया जाने वाला हिस्सा इलेक्ट्रोलाइटिक सेल का एनोड इलेक्ट्रोड बनाता है। एनोडाइजिंग जंग और पहनने के प्रतिरोध को बढ़ाता है, और धातु की तुलना में पेंट प्राइमर और गोंद के

लिए बेहतर आसंजन प्रदान करता है। एनोडाइजिंग सतह की सूक्ष्म बनावट और सतह के पास धातु की क्रिस्टल संरचना को बदल देता है। मोटे कोटिंग्स आमतौर पर झरझरा होते हैं, इसलिए संक्षारण प्रतिरोध प्राप्त करने के लिए अक्सर एक सीलिंग प्रक्रिया की आवश्यकता होती है। उदाहरण के लिए, एनोडाइज्ड एल्युमिनियम सतहें एल्युमीनियम की तुलना में सख्त होती हैं। इस सुरक्षात्मक ऑक्साइड कोटिंग को बनाने की प्रक्रिया इलेक्ट्रोलाइटिक रूप से हासिल की जाती है।
उपचारित किए जाने वाले धातु के हिस्से (आमतौर पर एल्यूमीनियम) को पहले कैथोड के साथ इलेक्ट्रोलाइटिक घोल स्नान में डुबोया जाता है। जब एसिड के घोल से करंट प्रवाहित होता है तो कैथोड से हाइड्रोजन निकलता है और एनोड की सतह पर ऑक्सीजन बनता है। इसका परिणाम यह होता है कि उपचारित भाग की सतह पर एक धातु ऑक्साइड फिल्म बढ़ती है।