प्राविधिक शिक्षा परिषद् उत्तर प्रदेश द्वारा स्वीकृत नवीनतम पाठ्यक्रमानुसार

सार्थक

वैद्युत एवं इलैक्ट्रॉनिक्स इंजीनियरिंग पदार्थ

(Electrical and Electronics Engineering Materials)

तृतीय सेमेस्टर/द्वितीय वर्ष : विद्युत अभियन्त्रण डिप्लोमा विद्यार्थियों के लिये

नरेन्द्र कुमार
अध्यक्ष (विद्युत अभियन्त्रण)
डी०एन० पॉलीटेक्निक
मेरठ (उ० प्र०)

पीयूष शाक्य
प्रधानाचार्य
राजकीय पॉलीटेक्निक
उन्नाव (उ० प्र०)

प्रकाशक :

जय प्रकाश नाथ पब्लिकेशन्स

गाँधी आश्रम चौराहा

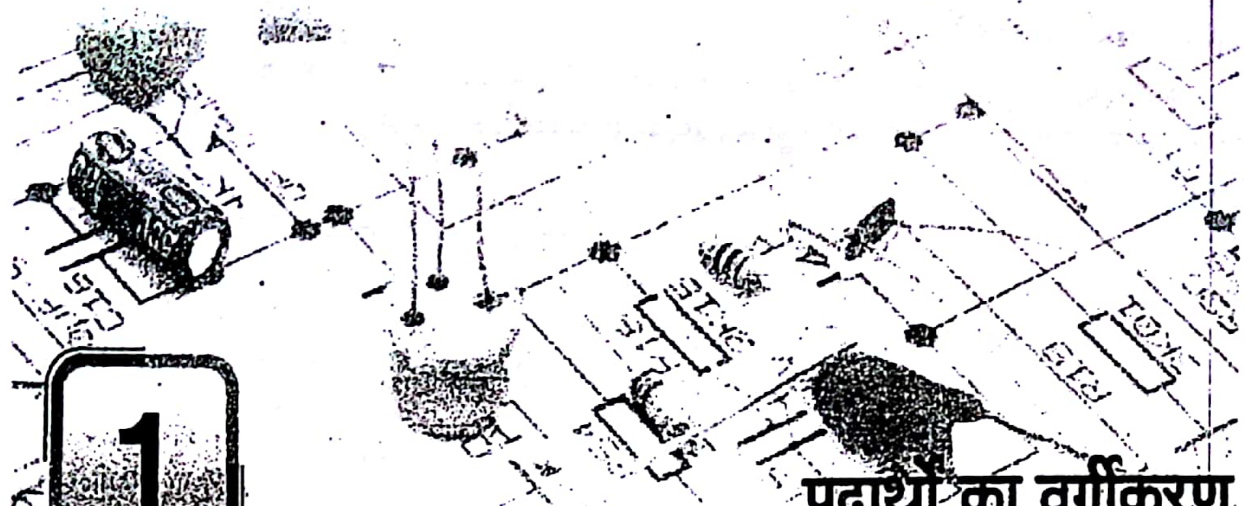
नौचन्दी रोड, मेरठ –250 002 (यू० पी०)

Scanned by CamScanner

विषय-क्रम

क्रमांक	विषय	पृष्ठ संख्या
1.	पदार्थों का वर्गीकरण (Classification of Materials)	1-7
2.	विद्युत चालक पदार्थ (Electric Conducting Materials)	8-41
3.	अर्द्धचालक पदार्थ (Semi-conductor Materials)	42-58
4.	विद्युतरोधी पदार्थ (Insulating Materials)	59-72
5.	विद्युतरोधी पदार्थ तथा उनके अनुप्रयोग (Insulating Materials and their Application)	73-133
6.	चुम्बकीय पदार्थ (Magnetic Materials)	134-151
7.	विशेष कार्यों के लिए पदार्थ (Special Purpose Materials)	152-170
8.	विद्युत मशीन में प्रयुक्त पदार्थ (Materials used for Electrical Machines)	171-183

Scanned by CamScanner



1 पदार्थों का वर्गीकरण (Classification of Materials)

1.1 परिचय (Introduction)

आज जब हम दैनिक जीवन में बहुत-से घरेलू विद्युत उपकरणों; जैसे—वाशिंग मशीन, विद्युत आयरन, मिक्सर ग्राइन्डर, टेबुल फैन, टेबुल लैम्प, रूम हीटर आदि का प्रयोग करते हैं तो देखते हैं कि अचानक उसमें कोई वैद्युत दोष (Electrical Faults) उत्पन्न हो गया जिसके कारण उपकरण विद्युत झटका (Electrical shock) देने लगते हैं अथवा कार्य करना बन्द कर देते हैं। इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि किसी भी विद्युत उपकरण की कार्यप्रणाली में अवरोध उत्पन्न होना इस बात पर निर्भर करता है कि विद्युत उपकरण के निर्माण कार्य में किस किस्म की विद्युत इन्जीनियरी पदार्थों का उपयोग किया गया है।

विद्युत उपकरणों में प्रयुक्त किये जाने वाले विद्युत इन्जीनियरी पदार्थों का सही चयन करना एक बहुत ही महत्त्वपूर्ण पहलू है, जो उस विद्युत उपकरण की कार्यक्षमता को प्रभावित करता है। अत: विद्युत उपकरणों में प्रयुक्त होने वाले विद्युत इन्जीनियरी पदार्थों का चयन करने के लिए उसके समस्त गुणों का ज्ञान होना परमावश्यक है, जो विद्युत उपकरण की विश्वसनीयता एवं उपयोगिता को निर्धारित करेगा।

विद्युत इन्जीनियरी पदार्थों का सही चयन करते समय उसके भौतिक, रासायनिक, यांत्रिक एवं विद्युत गुणों का ज्ञान होना आवश्यक है। इसके अतिरिक्त विद्युत इन्जीनियरी पदार्थों का चयन करते समय निम्नलिखित मुख्य बातों का भी ध्यान रखा जाना चाहिए—

(i) विद्युत इन्जीनियरी पदार्थों की उपलब्धता (Availability of Electrical Engineering Materials)

(ii) विद्युत इन्जीनियरी पदार्थों का मूल्य (Cost of Electrical Engineering Materials)

(iii) निर्माण कार्य में सरलता (Ease in Fabrication)

(i) विद्युत इन्जीनियरी पदार्थों की उपलब्धता (Availability of Electrical Engineering Materials)—घरेलू विद्युत उपकरणों के निर्माण में ऐसे विद्युत इन्जीनियरी पदार्थों का प्रयोग करना चाहिए जो प्रकृति में प्रचुर मात्रा में उपलब्ध हों, जिससे ऐसे पदार्थों को सरलतापूर्वक प्राप्त किया जा सके एवं उनकी निरन्तर आपूर्ति आवश्यकतानुसार बनी रहे। सोना एवं चाँदी विद्युत के सबसे अच्छे चालक हैं लेकिन प्रकृति में कम मात्रा में पाये जाने के कारण इनका प्रयोग विद्युत अभियांत्रिकी में सम्भव नहीं है। इसके अतिरिक्त ताम्र (copper), ऐल्यूमिनियम की अपेक्षा एक अच्छा विद्युत का चालक है, परन्तु भारतवर्ष में

Scanned by CamScanner

ऐल्यूमिनियम बहुत अधिक मात्रा में उपलब्ध होने के कारण इसका प्रयोग चालक के रूप में विद्युत मशीनों में कॉपर (copper) की अपेक्षा अधिक किया जाता है।

लकड़ी विद्युत का अच्छा कुचालक है। इसका प्रयोग भवनों एवं कार्यालयों में विद्युतरोधी के रूप में किया जाता रहा है। लेकिन वनों के निरन्तर कटान के कारण लकड़ी बहुत कम उपलब्ध हो पा रही है। इसलिए आजकल विद्युतरोधी पदार्थ के रूप में सिन्थेटिक पालीमर का प्रयोग किया जाता है।

(ii) विद्युत इन्जीनियरी पदार्थों का मूल्य (Cost of Electrical Engineering Materials)—विद्युत अभियांत्रिकी में प्रयुक्त किये जाने वाले विद्युत अभियांत्रिकी पदार्थों का उनके मूल्य के आधार पर चयन करना भी एक महत्त्वपूर्ण पहलू है। सोना एवं चाँदी विद्युत के सबसे अच्छे चालक हैं लेकिन इनका मूल्य विद्युत चालक पदार्थों; जैसे—कॉपर, ऐल्यूमिनियम आदि की अपेक्षा अधिक होने के कारण विद्युत अभियांत्रिकी पदार्थों के रूप में नहीं लाया जाता है। इसी प्रकार आजकल भवनों, कार्यालयों एवं फैक्टरियों में कन्ड्यूट वायरिंग में प्रयोग किये जाने वाले लोहे की कन्ड्यूट पाइपों के स्थान पर पी०वी०सी० कन्ड्यूट पाइपों का प्रयोग किया जाता है, जो कि लोहे की कन्ड्यूट पाइपों की अपेक्षा सस्ती है।

(iii) निर्माण कार्य में सरलता (Ease in Fabrication)—आजकल उत्पादन की गति किसी वस्तु के लिए काफी महत्त्वपूर्ण है, क्योंकि वस्तु की माँग एवं उत्पादन कार्य में सामन्जस्य होना अति आवश्यक है। कुछ पदार्थों को जिनके गुण अन्य पदार्थों की तुलना में अच्छे होते हुए भी इन्हें विद्युत अभियांत्रिकी के क्षेत्र में कम उपयोग किया जाता क्योंकि ऐसे विद्युत अभियांत्रिकी पदार्थों का संवर्धन (processing) कठिन होने के कारण उत्पादन कार्य प्रभावित होता है, जिससे निर्माण कार्य शीघ्रता एवं सरलता से नहीं हो पाता। आजकल विद्युत अभियांत्रिकी के क्षेत्र में पृथक्कारियों (insulations) के रूप में प्लास्टिक एवं एपॉक्सी रेजिन आदि पदार्थों का उपयोग सेरैमिक की अपेक्षा अधिक होता है। इसी तरह से पृथक्कारियों के रूप में मार्बल का उपयोग कम होता है।

1.2. परमाणु संरचना एवं परमाणु संरचना के आधार पर पदार्थों का वर्गीकरण (Atoms structure and Classification of Materials on the Basis of Atomic Structure)

जॉन डॉल्टन (John Dalton 1808); ने सर्वप्रथम यह विचार दिया कि प्रत्येक द्रव्य (Matter) अति सूक्ष्म अविभाजित कणों से मिलकर बना है, जिसे परमाणु कहते हैं। उन्नीसवीं सदी के अन्त तक यह विचार सत्य माना जाता रहा। बीसवीं सदी के प्रारम्भ में गोल्डस्टीन (Goldstein), जे०जे० टॉमसन (J.J. Thomson) चैडविक (Chadwick), तथा रदरफोर्ड (Rutherford) आदि वैज्ञानिकों ने अनेक प्रयोगों के आधार पर यह सिद्ध किया कि परमाणु विभाज्य है एवं अति सूक्ष्म कणों से मिलकर बना है, जिसे मूल कण (Fandamental Particle) कहते हैं।

परमाणु संरचना के आधुनिक सिद्धान्त के अनुसार, "प्रत्येक द्रव्य अति सूक्ष्म कणों से मिलकर बना है, जिसे परमाणु कहते है, तथा परमाणु में स्थित मूल कण इलेक्ट्रॉन (Electron), प्रोटॉन (Proton) तथा न्यूट्रॉन (Neutron) होते हैं।"

(a) इलेक्ट्रॉन (Electron)—सर्वप्रथम क्रुक्स (Crookes, 1869) ने अनेक प्रकार की गैसों में से कम दाब (0.01 mm or less) पर विद्युत धारा प्रवाहित की तो पाया कि कैथोड (Cathode) से एक प्रकार की किरणें निकलती हैं, जिन्हें कैथोड किरणें (Cathode Rays) कहते हैं। सन् 1897 में, जे०जे० टॉमसन (J.J. Thomson) ने इन किरणों का अध्ययन किया, जिसके आधार पर निष्कर्ष निकाला कि—

(i) कैथोड किरणों में द्रव्यमान कण (Material Particle) उपस्थित होते हैं, जिसका द्रव्यमान हाइड्रोजन परमाणु के द्रव्यमान का लगभग $\frac{1}{1837}$वाँ भाग होता है तथा इसका मान 9.1094×10^{-28} gm, और

(ii) इन कणों पर प्रतिकण विद्युत मात्रा ज्ञात विद्युत मात्राओं में सबसे कम होती है और इसे **इकाई ऋण विद्युत आवेश** माना गया है जिसका मान 1.6022×10^{-19} कूलॉम विद्युत आवेश होता है। कैथोड किरणों के इन कणों को इलेक्ट्रॉन (Electron) कहते हैं। इसे **'e'** से प्रदर्शित किया जाता है।

अत: इलेक्ट्रॉन सभी परमाणुओं का सार्वत्रिक अवयव (Universal constituent) है, जिस पर **इकाई ऋण विद्युत आवेश** होता है।

(b) प्रोटॉन (Proton)—गोल्डस्टीन (Goldstein, 1886) ने ज्ञात किया कि विसर्जन नलिका (Discharge Tube) में कम दाब पर विद्युत धारा प्रवाहित करने पर एनोड से भी एक प्रकार की किरणें निकलती है, जिन्हें **एनोड किरणें या धन किरणें** कहते हैं। एनोड किरणों के अध्ययन से निम्नलिखित निष्कर्ष प्राप्त हुए—

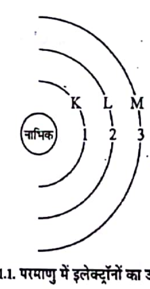
(i) एनोड किरणों में द्रव्यमान कण पाये जाते हैं, जिसका द्रव्यमान हाइड्रोजन के द्रव्यमान के **लगभग बराबर होता है**, जिसे प्रोटॉन कहते हैं।

(ii) इन कणों पर आवेश इलेक्ट्रॉन के बराबर अर्थात् 1.6022×10^{-19} कूलॉम धनावेश होता है। **अत: इसे धनावेश** की इकाई माना गया।

हाइड्रोजन की धन किरणों के विश्लेषण द्वारा यह पाया गया कि प्रोटॉन प्रत्येक परमाणु के **नाभिक का धनावेशित** मौलिक कण (Fandamental Particle) है जिस पर इकाई धनावेश तथा इकाई भार होता है। इसे 'p' **से प्रदर्शित किया जाता है।**

(c) न्यूट्रॉन (Neutron)—चैडविक (Chadwick, 1932) ने बेरिलियम पर α-कणों की **बमबारी की और उत्सर्जित** किरणों का अध्ययन किया तथा इन किरणों में एक नये कण की उपस्थिति का पता चला। यह कण उदासीन **होता है। इसका** द्रव्यमान प्रोटॉन के द्रव्यमान के बराबर होता है इस उदासीन प्रकृति वाले कण को न्यूट्रॉन (Neutron) **कहा गया। इसे 'n' से** प्रदर्शित करते हैं।

नाभिक (Nucleus)—रदरफोर्ड ने सोने की पतली पन्नी (Gold foil) पर ऐल्फा कणों की **बमबारी की तथा α-कण** प्रकीर्णन के आधार पर निष्कर्ष निकाला कि परमाणु का समस्त द्रव्यमान परमाणु केन्द्र में एक छोटे से **धनात्मक भाग में** उपस्थित होता है, जिसे नाभिक (Nucleus) कहते हैं। इन निरीक्षणों के आधार पर रदरफोर्ड ने **परमाणु संरचना का नाभिकीय** सिद्धान्त (Nuclear Theory of atomic structure) प्रतिपादित किया। **परमाणु के केन्द्र में नाभिक होता है, जिसमें दो प्रकार के** मूल कण होते हैं—प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन। परमाणु का समस्त धन आवेश तथा द्रव्यमान परमाणु के केन्द्र में **नाभिक पर उपस्थित** होता है। परमाणु में उपस्थित प्रोटॉन एवं इलेक्ट्रॉनों की संख्या बराबर होती है। नाभिक के चारों ओर **रिक्त स्थान (Empty** Space) होता है जिसमें इलेक्ट्रॉन बन्द वृत्तीय कक्षाओं (Closed Circular Orbits) में चक्कर लगाते हैं।



चित्र 1.1. परमाणु में इलेक्ट्रॉनों का ऊर्जा स्तर

Scanned by CamScanner

बोर के परमाणु मॉडल (Bohr's Model of Atom, 1913) के अनुसार, परमाणु में नाभिक के चारों ओर बन्द वृत्तीय कक्षाओं में घूमते हुए इलेक्ट्रॉनों पर बाहर की ओर धनावेशित नाभिक के आकर्षण बल के बराबर अपकेन्द्र बल (centrifugal force) कार्य करता है जिसके कारण इलेक्ट्रॉन नाभिक में नहीं गिरते और परमाणु का अस्तित्व बना रहता है। परमाणु में नाभिक के चारों ओर निश्चित कक्षाओं को, जिन्हें ऊर्जा स्तर भी कहते हैं, $n = 1, 2, 3, \ldots$ आदि संख्याओं या क्रमशः K, L, M, N, . . . आदि अक्षरों द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

इलेक्ट्रॉनों की व्यवस्था (Arrangement of Electrons)

बोर-बरी योजना (Bohr-Bury Scheme)—लैंगम्यूर योजना को बोर तथा बरी ने सन् 1921 में संशोधित किया। इस योजना की प्रमुख बातें निम्नलिखित हैं—

(i) किसी भी कक्षा में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या $2n^2$ के बराबर होती है, जहाँ n कक्षा की संख्या है।

कक्षा संख्या	इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या
पहली कक्षा ($n = 1$)	$2 \times 1^2 = 2$
दूसरी कक्षा ($n = 2$)	$2 \times 2^2 = 4$
तीसरी कक्षा ($n = 3$)	$2 \times 3^2 = 18$
चौथी कक्षा ($n = 4$)	$2 \times 4^2 = 32$

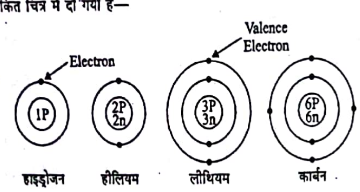
(ii) स्थायी परमाणु में सबसे बाहरी कक्षा में आठ से अधिक इलेक्ट्रॉन नहीं हो सकते और भीतरी कक्षा में 18 से अधिक इलेक्ट्रॉन नहीं हो सकते। यह नियम प्रथम कक्षा पर लागू नहीं होता।

(iii) जब सबसे बाहरी कक्षा में 8 इलेक्ट्रॉन हो जाते हैं तो नई कक्षा प्रारम्भ होती है।

(iv) सबसे बाहरी कक्षा में 2 से अधिक इलेक्ट्रॉन नहीं हो सकते तथा सबसे बाहरी कक्षा में 9 से अधिक इलेक्ट्रॉन नहीं हो सकते जब तक उससे भीतरी कक्षा में इलेक्ट्रॉन उतने नहीं हैं जितने $2n^2$ नियम से होने चाहिए।

1.3. कुछ तत्त्वों के परमाणुओं की संरचना (Structure of Atoms of Some Elements)

किसी तत्त्व के परमाणुओं की संरचना उसके परमाणु भार तथा परमाणु क्रमांक ज्ञात होने पर भी जा सकती है। कुछ तत्त्वों की संरचना निम्नांकित चित्र में दी गयी है—



चित्र 1.2

कुछ प्रमुख परमाणुओं की संरचना निम्न सारणी में दी गयी है—

तत्त्व	परमाणु संख्या	इलेक्ट्रॉनिक विन्यास
हाइड्रोजन (H)	1	1
हीलियम (He)	2	2
लीथियम (Li)	3	2, 1
कार्बन (C)	6	2, 4
ऐल्यूमिनियम (Al)	13	2, 8, 3
सिलिकॉन (Si)	14	2, 8, 4
फॉस्फोरस (P)	15	2, 8, 5
कॉपर (Cu)	29	2, 8, 18, 1
सिल्वर (Ag)	47	2, 8, 18, 18, 1

मुक्त इलेक्ट्रॉन (Free Electron)—परमाणु के धनात्मक नाभिक के सबसे निकतम कक्षा में न्यूनतम ऊर्जा वाले इलेक्ट्रॉन पाये जाते हैं; जैसे-जैसे नाभिक से दूर जाते हैं ऊर्जा स्तरों के बढ़ने से उच्च कर्जा वाले इलेक्ट्रॉन अपनी उच्च ऊर्जा के कारण नाभिक से दूर चल सकने में समर्थ होते हैं। इन इलेक्ट्रॉनों में कुछ इलेक्ट्रॉन ऐसे होते हैं जो उच्च ऊर्जा के कारण अपने नाभिक से दूर चले जाते हैं तथा निकटतम परमाणु के नाभिक के विद्युत क्षेत्र के सम्पर्क में आने से आश्रयरहित हो जाते हैं जिसके कारण इन उच्च ऊर्जा वाले इलेक्ट्रॉनों का अनियमित रूप से धातु में बहाव सम्भव हो जाता है, जिनको मुक्त इलेक्ट्रॉन (Free Electron) कहते हैं।

1.4. आन्तरिक परमाणु बन्ध (Inter Atomic Bond)

परमाणुओं की रासायनिक क्रियायें उनके सबसे बाहरी कक्ष (orbit) में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों की संख्या पर निर्भर करती हैं। ये इलेक्ट्रॉन संयोजक इलेक्ट्रॉन (valence electron) कहलाते हैं। निष्क्रिय गैसों के सबसे बाहरी कक्ष में आठ इलेक्ट्रॉन होते हैं। ये गैसें दूसरे तत्त्वों के साथ क्रिया नहीं करती हैं क्योंकि इनके बाह्य कक्ष पूर्णतया संतृप्त होते हैं। इलेक्ट्रॉनों का वह प्रबन्ध जिसमें बाह्य कक्ष में आठ इलेक्ट्रॉन होते हैं, आदर्श स्थायी रूप माना जाता है। अन्य तत्वों के सबसे बाहरी कक्ष अपूर्ण होते हैं। अतः वे इलेक्ट्रॉन त्याग कर या इलेक्ट्रॉन की पारस्परिक साझेदारी कर आदर्श स्थायी रूप में परिवर्तित होने अर्थात् अपनी इलेक्ट्रॉन व्यवस्था को निकटतम निष्क्रिय गैस के समान बना लेने की प्रवृत्ति रखते हैं। इस प्रकार परमाणुओं के मध्य संयोजक इलेक्ट्रॉनों के द्वारा बन्ध (Bond) का निर्माण होता है, जो किसी पदार्थ को ठोस (Solid) रूप प्रदान करता है। ये बन्ध निम्नलिखित तीन प्रकार के होते हैं—

(i) धात्विक बन्ध (Metallic Bond)

(ii) सह-संयोजक बन्ध (Covalent Bond)

(iii) आयनिक बन्ध (Ionic Bond)

(i) धात्विक बन्ध (Metallic Bond)—यदि किसी परमाणु के बाह्य कक्षा में संयोजक इलेक्ट्रॉनों की संख्या आदर्श स्थायी इलेक्ट्रॉनिक व्यवस्था (octet) से कम है तो परमाणु अस्थिर (unstable) होते हैं। वह तत्त्व जिसकी संयोजकता (valency) एक, दो या तीन होती है, अधिक अस्थिर (unstable) होते हैं। अतः धात्विक तत्त्व के परमाणु, जो अस्थिर होते हैं बहुत आसानी से अपने संयोजक इलेक्ट्रॉनों (valence electron) को छोड़ देते हैं जिससे परमाणु के प्रभावी क्षेत्र में इलेक्ट्रॉनों का बादल (Electron Cloud) बन जाता है तथा परमाणु द्वारा इलेक्ट्रॉन के खो देने पर धनात्मक आयन (cation) शेष रह जाता

Scanned by CamScanner

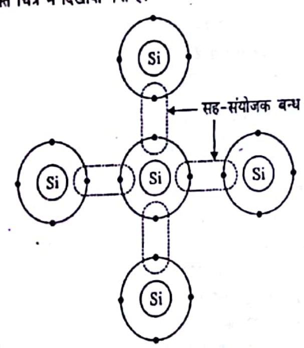
है। इस तरह से धनात्मक आयन तथा इलेक्ट्रॉन बादल के मध्य एक स्थिर वैद्युत आकर्षण बल (Electrostatic Attraction Force) कार्य करने लगता है जिसके कारण धातु क्रिस्टल, ठोस के रूप में बना रहता है। इस प्रकार के बन्ध को धात्विक बन्ध कहते हैं तथा इनसे बने ठोस धातु, ताप तथा विद्युत के अच्छे सुचालक होते हैं। इन ठोसों में तन्यता (Ductility) तथा तनन सामर्थ्य (Tensile strength) का गुण उपस्थित होता है। उदाहरणार्थ, कॉपर (Copper), चाँदी (Silver), ऐल्यूमिनियम (Aluminium) आदि।

(ii) सह-संयोजक बन्ध (Covalent Bond)—सह-संयोजक बन्ध उन परमाणुओं के मध्य पाये जाते हैं जो इलेक्ट्रॉन का त्याग करने में असमर्थ होते हैं। जब इस प्रकार के परमाणु एक दूसरे से संयोग करते हैं तो स्थायी अवस्था प्राप्त करने के लिए इलेक्ट्रॉन की बराबर की साझेदारी (Mutual Sharing) करते हैं। साझे के इलेक्ट्रॉनों पर दोनों परमाणुओं का समान अधिकार होता है। "किसी तत्त्व की सह-संयोजकता (covalency) इलेक्ट्रॉनों की वह संख्या है जिसे वह अपना अष्टक (octet) पूरा करने के लिए साझेदारी के लिए देता है।"

उदाहरणार्थ, आधुनिक आवर्त सारणी के 14वें ग्रुप में सीलिकॉन (Si), जरमेनियम (Ge) के बाह्य कक्षा में 4 इलेक्ट्रॉन होते हैं। जिन्हें संयोजी इलेक्ट्रॉन (Valence electron) कहते हैं। सिलिकॉन के परमाणु स्थायित्व को प्राप्त करने के लिए बाह्य कोश में उपस्थित संयोजी इलेक्ट्रॉन की साझेदारी कर अष्टक का निर्माण करते हैं।

इस तरह से सिलिकॉन परमाणु आपस में 4 इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी से क्रिस्टलीय ठोस का निर्माण करते हैं।

सिलिकॉन क्रिस्टल में अपूर्ण कक्षा के सभी इलेक्ट्रॉन, अपने पड़ोसी परमाणुओं से सह-संयोजक (Covalent Bond) में बँधे रहते हैं, जैसा कि उपर्युक्त चित्र में दिखाया गया है।



चित्र 1.3. सिलिकॉन परमाणुओं से बना सह-संयोजक बन्ध

(iii) आयनिक बन्ध (Ionic Bond)—इस बन्ध में इलेक्ट्रॉन का स्थानान्तरण (Transference) एक परमाणु से दूसरे परमाणु को हो जाता है और दोनो संयोगी परमाणु अपनी अष्टक पूर्ति कर आदर्श स्थायी रूप में परिणीत हो जाते हैं। उदाहरणार्थ—

सोडियम क्लोराइड, NaCl का बनना—सोडियम की इलेक्ट्रॉनिक व्यवस्था 2, 8, 1 होती है जबकि क्लोरीन की 2, 8, 7 होती है। सोडियम के अंतिम कक्षा में एक इलेक्ट्रॉन तथा क्लोरीन के बाह्य कक्ष में सात इलेक्ट्रॉन होते हैं। सोडियम एक इलेक्ट्रॉन त्याग कर तथा क्लोरीन एक इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर अष्टक (Octet) पूरा कर सकता है। अतः जब सोडियम तथा क्लोरीन परमाणु सम्पर्क में आते हैं तो सोडियम के बाह्य कक्ष का एक इलेक्ट्रॉन क्लोरीन के अन्तिम कक्ष में स्थानान्तरित (Transfer) हो जाता है। इस प्रकार सोडियम तथा क्लोरीन दोनों परमाणु अपने अष्टक पूरा कर स्थायी अवस्था प्राप्त कर लेते हैं।

इस प्रकार से बने ठोस आयनिक यौगिक में परमाणु आयन के रूप में रहते हैं। ठोस आयनिक यौगिक गलित (Molten) अथवा विलयन के रूप में विद्युत के चालक होते हैं परन्तु ठोस अवस्था में विद्युतरोधी होते हैं। आयनिक बन्ध ठोस के उच्च कठोरता तथा निम्न चालकता साधारण गुण हैं।

ठोस पदार्थों की विद्युत चालकता का व्यवहार उनके आन्तरिक परमाणु संरचना पर निर्भर करता है। ठोस पदार्थों की विद्युत चालकता के आधार पर इन्हें तीन वर्गों में बाँटा जाता है—

(i) चालक (Conductor)

(ii) अर्द्धचालक (Semi-conductor)

(iii) विद्युतरोधी (अचालक) (Insulator)

(i) चालक (Conductor)—वह पदार्थ जिसमें मुक्त-इलेक्ट्रॉनों की संख्या अत्यधिक होती है चालक कहलाते हैं, तथा बहुत कम विद्युत क्षेत्र लगाते ही इसमें मुक्त इलेक्ट्रॉन प्रवाहित होने लगते है जिसके कारण उनमें विद्युत धारा का प्रवाह होने लगता है। चालकों में मुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या अधिक होने के कारण इनमें प्रवाहित विद्युत धारा का मान अधिक होता है अर्थात् इनकी विद्युत प्रतिरोधकता बहुत कम लगभग $10^{-2}-10^{-6}$ ओह्म-मीटर होता है। उदाहरणार्थ—चाँदी, ताँबा आदि।

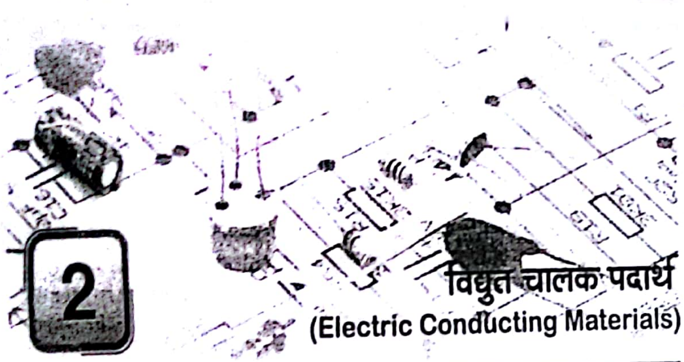
(ii) अर्द्धचालक (Semi-conductor)—ऐसे पदार्थ जिनमें मुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या विद्युतरोधी पदार्थों से अधिक तथा चालक पदार्थों से कम होती है, अर्द्धचालक पदार्थ कहे जाते हैं। इनकी प्रतिरोधकता चालक पदार्थ एवं विद्युतरोधी पदार्थों के मध्य होती है। इनकी प्रतिरोधकता का मान $10^{0}-10^{3}$ ओह्म-मीटर होता है। उदाहरणार्थ, सिलिकॉन जरमेनियम आदि।

(iii) विद्युतरोधी (अचालक) (Insulator)—वह पदार्थ जिनमें मुक्त-इलेक्ट्रॉन नहीं होते तथा विद्युत क्षेत्र लगाने पर विद्युत का प्रवाह सम्भव नहीं होता विद्युतरोधी पदार्थ कहलाते हैं, जैसे—काँच, लकड़ी, रबड़, अभ्रक आदि। इनकी प्रतिरोधकता बहुत अधिक होती है। एक अच्छे विद्युतरोधी पदार्थ की प्रतिरोधकता $10^{10}-10^{18}$ ओह्म-मीटर होता है।

अभ्यास-प्रश्न

1. परमाणु संरचना के आधार पर पदार्थों को तीन वर्गों में किस प्रकार बाँटा जा सकता है ? *(U.P. 1992)*
2. परमाणु संरचना के आधार पर चालक, अर्द्धचालक तथा कुचालक पदार्थों में अन्तर बताइये। *(U.P. 1993)*
3. किसी इन्जीनियरी उत्पाद को बनाने के लिये पदार्थ का चयन किस प्रकार करेंगे ?
4. सह-संयोजक बन्ध तथा आयनिक बन्ध में अन्तर बताइये।
5. धात्विक बन्ध किसे कहते हैं ?
6. ऊर्जा स्तर आरेख के आधार पर चालक, अर्द्धचालक व विद्युतरोधी पदार्थों में अन्तर स्पष्ट कीजिये। *(U.P. 2004)*
7. वैद्युत अभियांत्रिकी पदार्थों से आपका क्या तात्पर्य है ? समझाइये।
8. मूल रूप से वैद्युत अभियांत्रिकी पदार्थ कितने प्रकार के होते हैं ? लिखिये।
9. पदार्थों के वर्गीकरण पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिये। *(U.P. 2001)*
10. उन कारकों की व्याख्या कीजिये, जो पदार्थों को चालक, अर्द्धचालक एवं विद्युतरोधक में वर्गीकृत करते हैं।
11. चालक तथा अर्द्धचालक पदार्थों में धारा प्रवाह किस प्रकार होता है ? समझाइये।
12. वर्णन कीजिए कि परमाणु संरचना के आधार पर पदार्थों को तीन वर्गों में किस प्रकार वर्गीकृत किया जाता है? *(U.P. 2005, 06)*
13. परमाणविक संरचनाओं के आधार पर वैद्युत व इलेक्ट्रोनिक इंजीनियरिंग पदार्थों को समझाओं। *(U.P. 2015)*

Scanned by CamScanner



2 विद्युत चालक पदार्थ (Electric Conducting Materials)

2.1 परिचय (Introduction)

वह वैद्युत पदार्थ जिनमें धारा प्रवाह हेतु, मुक्त इलेक्ट्रॉनों (free electrons) की संख्या बहुत अधिक लगभग 10^{28} प्रति मीटर^3 होती है, वैद्युत चालक पदार्थ या कन्डक्टिंग मैटीरियल्स कहलाते हैं। सभी धातुयें विद्युतधारा की सुचालक होती हैं। इनकी चालकता बहुत अधिक व विद्युतीय प्रतिरोधकता बहुत कम होती है।

2.2 प्रतिरोधकता (Resistivity)

प्रतिरोध (Resistance) किसी चालक का वह वैद्युत गुण है, जो उसमें से प्रवाहित होने वाली धारा का विरोध करता है। इसे R से प्रदर्शित करते हैं तथा इसका मात्रक Ω होता है। किसी चालक का प्रतिरोध

$$R = \rho \frac{l}{a} \text{ ओह्म } (\Omega) \quad ...(2.1)$$

जहाँ

$l \rightarrow$ चालक की लम्बाई मीटर में

$a \rightarrow$ चालक का अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल मीटर^2 में

$R \rightarrow$ चालक का प्रतिरोध Ω में

$\rho \rightarrow$ चालक पदार्थ की प्रतिरोधकता ओह्म × मीटर में

उपरोक्त सूत्र से—

$$\rho = R \times \frac{a}{l} \, \Omega \times m \quad ...(2.2)$$

अब यदि $l = 1$ मीटर तथा $a = 1$ (मीटर)^2 हो, तब

प्रतिरोधकता $\rho = R$ प्रतिरोध

अत: किसी चालक पदार्थ की प्रतिरोधकता, उस चालक पदार्थ के प्रति इकाई आयतन का प्रतिरोध होता है।

प्रतिरोधकता, चालक पदार्थ का एक विशिष्ट वैद्युत गुण है, इसको ρ प्रतीक अक्षर से व्यक्त करते हैं तथा इसका मात्रक ओह्म × मीटर ($\Omega \times m$) होता है।

2.3 चालक पदार्थों की प्रतिरोधकता को प्रभावित करने वाले कारक (Factors Affecting the Resistivity of Conductors)

चालक पदार्थों की प्रतिरोधकता या विशिष्ट प्रतिरोध (specific resistance) सदैव एकसमान नहीं रहती है बल्कि यह निम्नलिखित कारकों से प्रभावित होती है—

(i) **चालक पदार्थों की प्रकृति** (Nature of Conducting Material)—चालक पदार्थों की प्रतिरोधकता पदार्थ की प्रकृति के अनुसार भिन्न-भिन्न पदार्थों की प्रतिरोधकता भिन्न-भिन्न होती है। जैसे—ताँबा, ऐल्यूमिनियम, चाँदी, सोना आदि।

(ii) **मुक्त-इलेक्ट्रॉनों की संख्या** (Number of Free Electrons)—चालक पदार्थों की प्रतिरोधकता चालक में उपस्थित मुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या पर निर्भर करती है। जिन चालकों में मुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या अधिक होती है, उनकी प्रतिरोधकता कम तथा जिन चालकों में मुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या कम होती है उनकी प्रतिरोधकता अधिक होती है, अर्थात् चालक पदार्थों की प्रतिरोधकता, चालक में उपस्थित मुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या के व्युत्क्रमानुपाती होती है।

(iii) **तापमान** (Temperature)—चालक पदार्थों का तापमान बढ़ाने से प्रतिरोधकता का मान बढ़ता है, अर्थात् प्रतिरोधकता, तापमान के सीधे समानुपाती होती है।

(iv) **धातुमिश्रता** (Alloying)—चालक पदार्थों की प्रतिरोधकता, चालक पदार्थ में मिश्रित पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करती है जिसके कारण मिश्र धातु की प्रतिरोधकता कम या ज्यादा हो सकती है।

(v) **यांत्रिक विकृति** (Mechanical Deformation)—यदि किसी चालक पदार्थ पर यांत्रिक बल लगाया जाता है तो उसकी प्रतिरोधकता कम या ज्यादा हो सकती है, यह इस पर निर्भर करता है कि प्रयुक्त यांत्रिक बल तनन (Tensile) या सम्पीडन (Conpressive) है।

चालक पदार्थों के गुण (Propeties of Conducting Material)

(i) पदार्थ/धातु की प्रतिरोधकता (Resistivity of material)—प्रत्येक चालक पदार्थ/धातु का कुछ न कुछ प्रतिरोध होता है, जिसके कारण संचरण लाइनों में वोल्टता पात $V = I \times R$ तथा शक्ति हानि $P = I^2R$ होता है। अत: लाइनों में होने वाले वोल्टतापात एवं शक्ति हानि को कम करने के लिए विद्युत संचरण या वितरण लाइन का प्रतिरोध कम होना चाहिए। चूँकि प्रतिरोध $R = \frac{\rho \times l}{a}$ सूत्र के अनुसार निश्चित लम्बाई की विद्युत लाइन के प्रतिरोध को कम करने की दो विधियाँ हैं—प्रथम विधि में चालक धातु का क्षेत्रफल काट (cross-section area) (a) बढ़ाया जाए तथा दूसरी विधि में चालक पदार्थ की प्रतिरोधकता (ρ) का मान कम होना चाहिए। प्रथम विधि को अपनाने से संचरण या वितरण लाइन पर होने वाला व्यय बढ़ेगा। अत: दूसरी विधि लाभकारी रहेगी। अत: विद्युत संचरण/वितरण लाइनों में वोल्टतापात तथा शक्ति हानि को कम करने के लिए चालक पदार्थ/धातक की प्रतिरोधकता कम से कम होनी चाहिए।

(ii) **प्रतिरोध-ताप गुणांक** (Temperature coefficient of resistance)—विद्युत चालक पदार्थ के तापमान में परिवर्तन से पदार्थ के प्रतिरोध में परिवर्तन कम से कम होना चाहिए जिससे संचरण एवं वितरण लाइन का तापमान बढ़ने से शक्ति हानि एवं वोल्टतापात में परिवर्तन न होने पाये। यदि चालक धातु का प्रतिरोध ताप गुणांक का मान अधिक होगा, तो गर्मियों के दिनों में धूप के समय (एक शहर से दूसरे शहर तक फैली) लम्बी संचरण/वितरण लाइन के प्रतिरोध में परिवर्तन के कारण लाइन चालक का प्रतिरोध बदल जायेगा जिसके परिणामस्वरूप संचरण/वितरण लाइन की दक्षता एवं वोल्टेज व वोल्टेज रेगुलेशन प्रभावित हो जायेंगे। विद्युत मशीनों में भी भार धारा के कारण ऊष्मा उत्पन्न होती है; अब यदि मशीन कुण्डलन में प्रयुक्त कुण्डलन तार का प्रतिरोध ताप गुणांक अधिक होगा तब मशीन की दक्षता घट जायेगी। अत: संचरण/वितरण लाइनों तथा मशीन की कुण्डलन आदि के लिए चालक पदार्थ इस प्रकार का चुनना चाहिए जिसका प्रतिरोध ताप गुणांक कम हो।

Scanned by CamScanner

(iii) तन्यता (Ductility)—यह धातु का वह गुण है जिससे इसे खींचकर तार के रूप में एवं बेलित (rolled) करके चादर आदि में बदला जा सकता है। मशीनों की कार्य क्षमता के अनुसार पृथक्-पृथक् मशीनों के कुण्डलन के लिए भिन्न-भिन्न व्यास की कुण्डलन तारों की आवश्यकता पड़ती है, जो कि चालक पदार्थ की अधिक व्यास की छड़ को खींचकर बनाये जाते हैं। इसी प्रकार बस-बार के लिए आयताकार पट्टी (strip) तथा विद्युत संचरण एवं वितरण लाइनों के पृथक्-पृथक् भार क्षमता के लिए भिन्न-भिन्न व्यास के तारों की आवश्यकता पड़ती है।

(iv) उच्च यांत्रिक सामर्थ्य (High mechanical strength)—शिरोपरि संचरण एवं वितरण विद्युत लाइनों को वायु दाब, बर्फ व स्वयं का भार आदि के कारण प्रतिबलों (stresses) को सहन करना पड़ता है। तेज हवाओं (तूफान) की दशा में यह प्रतिबल और भी अधिक हो जाता है। इसी प्रकार विद्युत जनित्र पर अचानक लघु परिपथ के कारण उसके आर्मेचर चालकों में बहुत अधिक चुम्बकीय फ्लक्स बढ़ जाने से से यांत्रिक प्रतिबल उत्पन्न हो जाता है। इसी प्रकार शक्ति वितरण ट्रांसफॉर्मरों पर भी अचानक अधिक भार आ जाने अथवा लघु परिपथ होने के कारण उनके कुण्डलनों में तीव्र प्रतिबल उत्पन्न होते हैं। अतः संचरण तथा वितरण विद्युत लाइनों, विद्युत जनित्र एवं ट्रांसफॉर्मर के लिए चालक उच्च यांत्रिक सामर्थ्य का चुनना चाहिए ताकि अचानक उत्पन्न होने वाले तीव्र यांत्रिक प्रतिबलों को चालक सहन कर सके।

(v) नम्यता (Flexibility)—संचरण एवं वितरण विद्युत लाइनों की आवश्यकता पड़ने पर उनकी दिशा में परिवर्तन करना पड़ता है। अतः दिशा परिवर्तित करते समय चालकों को मोड़ना पड़ता है, इसी कारण विद्युत मशीनों में क्षेत्र कुण्डलनों के फार्मर पर कुण्डलन चालक को लपेटते समय प्रत्येक वर्तन (twin) पर मोड़ना पड़ता है। अतः यदि ऐसी स्थिति में चालक में लचीलापन (नम्यता) का गुण नहीं होगा तो मोड़ पर चालक हवा के झटके अथवा कम्पन्न उत्पन्न होने के कारण टूट सकते हैं, अथवा पहले से मुड़े चालक को पुनः सीधा करने पर चालक टूट सकते हैं। इसलिए उपरोक्त कार्यों के लिए चालक को चुनने के लिए चालक में नम्यता का गुण होना आवश्यक है।

(vi) संक्षारण प्रतिरोध (Resistance against corrosion)—खुले वातावरण में चालक धातुओं पर शीघ्र जंग नहीं लगनी चाहिए। जंग लगने से चालक पदार्थ शीघ्र ही नष्ट हो जाता है तथा शनैः-शनैः इसकी सतह क्षय होने लगती है जिससे पदार्थों की तनन सामर्थ्य घटने लगती है, इसके अतिरिक्त जंग लगने से चालक पदार्थ का प्रतिरोध भी बढ़ जाता है जिससे संचरण/वितरण लाइनों एवं मशीनों की दक्षता घट जाती है। अतः चालक पदार्थ इस प्रकार का चुनना चाहिए जिसमें संरक्षण प्रतिरोध अधिक हो।

(vii) ऑक्सीकरण प्रतिरोधी (Resistance oxidation)—अधिकतर संचरण एवं विद्युत लाइनें वातावरण में खुली चलती है। पर नमी एवं ऑक्सीजन के प्रभाव से इनकी सतह पर ऑक्सीकरण की क्रिया तीव्र होती है, जो कि चालक पदार्थ के यांत्रिक एवं विद्युत गुणों को प्रभावित करती है। अतः चालक पदार्थ ऑक्सीकरण की क्रिया रहित होना चाहिए, इसके लिए संचरण एवं वितरण लाइनों में प्रयोग किए जाने वाले भू चालक पर जिंक की पर्त चढ़ी (Galvanized) होनी चाहिए ताकि खुले वातावरण में इस पर ऑक्सीकरण की क्रिया न्यूनतम होने पाये।

(viii) सोल्डर एवं वेल्डन करने में सुगमता (Easy in soldering and welding)—जिन स्थानों पर चालक को पूर्ण लम्बाई तक उपयोग में लाने के पश्चात् लम्बाई कम पड़ जाने पर चालक मे जोड़ लगाना पड़ता है अथवा संचरण एवं वितरण लाइनों पर पेड़ गिर जाने अथवा तेज हवाओं के दबाव में लाइन चालक टूट जाते है। ऐसी स्थिति में चालकों में जोड़ लगाना पड़ जाता है। अतः चालकों को इस प्रकार से चुनना चाहिए कि वह सुगमता से जोड़े जा सकें, उनके जोड़ों पर सुगमता से सोल्डरिंग एवं ब्रेजिंग अथवा वैल्डिंग की जा सके।

(ix) रासायनिक एवं ऋतु प्रतिरोधी (Resistance to chemical and weather effects)—अधिकतर शिरोपरि संचरण एवं वितरण विद्युत लाइन खुले वातावरण में कार्य करती है जिससे उन पर बदलती ऋतुओं (जैसें-ग्रीष्म, वर्षा एवं शरद ऋतुओं) का भी प्रभाव पड़ता है। इसके अतिरिक्त इन्डस्ट्रियल स्टेट से गुजरने वाली लाइनों पर विभिन्न प्रकार से वातावरण में

घुले रासायनिक पदार्थ की क्रियाओं का भी प्रभाव पड़ता है। इसके अतिरिक्त उद्योगों मे लगी विद्युत मोटरों की कुण्डलन पर भी रासायनिक उद्योगों से निकली गैसों का भी प्रभाव पड़ता है जिससे मोटर की कुण्डलन को क्षति पहुंचती है, अतः संचरण एवं वितरण लाइनों एवं विद्युत मोटरों आदि में प्रयुक्त तार बदलते हुए ऋतु प्रभावों एवं रासायनिक प्रभावों से मुक्त होना चाहिए।

2.3. (a) चालकों की प्रतिरोधकता पर तापमान का प्रभाव (Effect of Temprature on Conductor Materials)

चालक पदार्थों अर्थात् शुद्ध धातुओं का तापमान बढ़ने से उनका प्रतिरोध बढ़ता है। एक निश्चित तापमान तक यह वृद्धि रेखीय होती है, अर्थात् यदि तापमान तथा प्रतिरोध में एक ग्राफ खींचा जाये तो यह लगभग एक सीधी रेखा के समान होगा जिसे चित्र 2.1 में दिखाया गया है। प्रतिरोध में यह वृद्धि—

(i) चालक पदार्थ के प्रारम्भिक प्रतिरोध (R_0) के समानुपाती

(ii) चालक पदार्थ के तापमान में परिवर्तन के समानुपाती

(iii) चालक पदार्थ की प्रकृति एवं भौतिक गुणों पर निर्भर करती है।

माना कि $t°C$ पर चालक पदार्थ का प्रतिरोध R_t तथा $0°C$ पर प्रारम्भिक प्रतिरोध R_0 है, तब प्रतिरोध में परिवर्तन

$$\Delta R = \text{अन्तिम प्रतिरोध} - \text{प्रारम्भिक प्रतिरोध}$$

$$\Delta R = (R_t - R_0)\,\Omega$$

$$\text{तापमान में परिवर्तन } \Delta t = (t - 0) = t°C$$

उपरोक्त बिन्दु (i) व (ii) के अनुसार,

$$\text{प्रतिरोध में परिवर्तन} \propto \text{प्रारम्भिक प्रतिरोध} \times \text{तापान्तर}$$

$$\Delta R \propto R_0 \times t$$

$$\Delta R = \alpha \times R_0 \times t$$

$$\Rightarrow \quad \alpha = \frac{\Delta R}{R_0 \times t} = \frac{(R_t - R_0)}{R_0 \times t} \quad \text{...(2.3)}$$

यहाँ α (Alfa) एक समानुपाती स्थिरांक है। इसको चालक धातु का प्रतिरोध ताप गुणांक (Temprature Coefficient of Resistance) कहते हैं। यह चालक पदार्थ की प्रकृति एवं भौतिक गुणों पर निर्भर करता है, इसलिये अलग-अलग चालक पदार्थों के लिये प्रतिरोध ताप गुणांक (α) का मान भिन्न-भिन्न होता है। 0° C पर α का मान उच्चतम होता है।

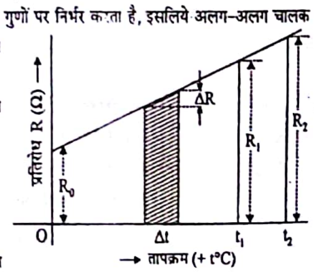
उपरोक्त समीकरण (2.3) को निम्नलिखित प्रकार से प्रदर्शित कर सकते हैं—

$$R_t = R_0(1 + \alpha \times t) \quad \text{...(2.4)}$$

चालकों का प्रतिरोध ताप गुणांक (α) धनात्मक होता है।

अब यदि $R_0 = 1\,\Omega$, $\Delta t = 1°C$ तब $\alpha = \Delta R$

अर्थात् किसी चालक का 0°C से 1°C तक तापमान परिवर्तन से प्रतिरोध में जो वृद्धि होती है, उसे पदार्थ का 0°C पर प्रतिरोध ताप गुणांक (α) कहते हैं।



चित्र 2.1 : तापमान में परिवर्तन से प्रतिरोध में परिवर्तन

Scanned by CamScanner

2.4. विभिन्न तापमानों पर ताप गुणांक (α) का मान (Value of Temprature Coefficient (α) at Different Tempratures)

माना कि किसी चालक का 0°C पर प्रतिरोध R_0 है तथा इस चालक को t_1°C तक तप्त किया जाता है तब t_1°C पर चालक का प्रतिरोध Rt_1 को निम्नलिखित प्रकार से प्रदर्शित कर सकते हैं—

$$Rt_1 = R_0 (1+\alpha_0 t) \quad ...(2.5)$$

α_0 = 0°C पर प्रतिरोध ताप गुणांक है।

अब यदि इसी चालक को और अधिक तप्त करने से t_2°C तापमान पर चालक का प्रतिरोध Rt_2 हो, तब

$$Rt_2 = R_0 (1+\alpha_0 t_2) \quad ...(2.6)$$

समीकरण (2.5) को समी० (2.6) से भाग देने पर—

$$\frac{Rt_1}{Rt_2} = \frac{1+\alpha_0 t_1}{1+\alpha_0 t_2}$$

$$\frac{Rt_2}{Rt_1} = \frac{1+\alpha_0 t_2}{1+\alpha_0 t_1}$$

अथवा

$$Rt_2 = Rt_1 \times \frac{(1+\alpha_0 t_2)}{(1+\alpha_0 t_1)} \quad ...(2.7)$$

$$= (1+\alpha_0 t_2)(1+\alpha_0 t_1)^{-1}$$

$$= (1+\alpha_0 t_2)(1-\alpha_0 t_1)$$

[द्विपद प्रमेय से]

[उच्च क्रम के पदों को नगण्य मानने पर]

$$\frac{Rt_2}{Rt_1} = 1+\alpha_0 t_2 - \alpha_0 t_1 - \alpha_0^2 t_1 t_2$$

$$= 1+\alpha_1 (t_2 - t_1)$$

$$\Rightarrow \quad Rt_2 = Rt_1 \{1+\alpha_1 (t_2 - t_1)\} \quad ...(2.8)$$

समीकरण (2.7) व (2.8) की तुलना करने पर—

$$Rt_1 \frac{(1+\alpha_0 t_2)}{(1+\alpha_0 t_1)} = Rt_1 \{1+\alpha_1 (t_2 - t_1)\}$$

$$\left(\frac{1+\alpha_0 t_2}{1+\alpha_0 t_1}\right) - 1 = \alpha_1 (t_2 - t_1)$$

$$\Rightarrow \quad \alpha_1 (t_2 - t_1) = \frac{1+\alpha_0 t_2 - 1 - \alpha_0 t_1}{1+\alpha_0 t_1}$$

$$\alpha_1 (t_2 - t_1) = \frac{\alpha_0 (t_2 - t_1)}{1+\alpha_0 t_1}$$

$$\Rightarrow \quad \alpha_1 = \frac{\alpha_0}{1+\alpha_0 t_1} \quad ...(2.9)$$

स्पष्ट है किसी भी t_1°C पर चालक की प्रथम स्थिति तथा t_2°C ताप पर चालक की अन्तिम स्थिति मान लें, तब प्राथमिक तापमान t_1°C पर चालक का प्रतिरोध ताप गुणांक

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_0}{1+\alpha_0 t_1}$$

माना कि 0°C पर चालक की प्रतिरोधकता ρ_0 तथा t°C पर ρ_t हो तब t°C पर चालक की प्रतिरोधकता का मान

$$\rho_t = \rho_0 (1+\alpha_0 t) \quad ...(2.10)$$

उच्च प्रतिरोधकता की धातुओं के गुण (Properties of High Resistivity Material)

(i) उच्च प्रतिरोधकता (High resistivity)—हीटिंग एलीमैन्ट को कम लम्बाई में उच्च प्रतिरोध के लिए आवश्यक है कि प्रतिरोध धातु की प्रतिरोधकता उच्च होनी चाहिए, यदि हीटिंग एलीमेन्ट को बनाने के लिए उच्च प्रतिरोधकता वाले पदार्थ के स्थान पर निम्न प्रतिरोधकता वाला पदार्थ अर्थात् ताँबा या ऐल्यूमीनियम प्रयोग किया जाये तो हीटर के लिए हीटिंग एलीमेन्ट उच्च प्रतिरोधकता वाले पदार्थ की तुलना में एलीमेन्ट तार की लम्बाई कई गुना अधिक होगी, जिससे हीटर आकार में बहुत बड़ा, वजन में भारी एवं महंगा होगा।

(ii) उच्च गलनांक बिन्दु (High melting point)—विद्युत हीटर, हॉट प्लेट, गीजर, विद्युत भट्टी, मोटरों के स्टेटर आदि में प्रयोग होने वाले प्रतिरोध तन्तु (हीटिंग एलीमेन्ट) उच्च तापमान पर लम्बे समय तक कार्य करने के लिए सक्षम होनी चाहिए, अर्थात् प्रतिरोध तन्तु पिघलना नहीं चाहिए। अत: उपरोक्त कार्यों के लिए प्रयुक्त प्रतिरोध तन्तु का गलनांक बिन्दु उच्च होना चाहिए।

(iii) निम्न ताप गुणांक (Low temperature coefficient)—विद्युत मापक यंत्र प्रतिरोध बॉक्स आदि के लिए प्रयोग होने वाला प्रतिरोध पदार्थ इस प्रकार का होना चाहिए कि उससे निर्मित मापक यन्त्रों के लिए शन्ट प्रतिरोध, प्रतिरोध बॉक्स, रिओस्टेट के प्रतिरोध धातु का तापमान बढ़ने पर उसके प्रतिरोध में परिवर्तन नहीं आना चाहिए। इसके लिए आवश्यक है कि उपरोक्त कार्य के लिए प्रयुक्त प्रतिरोध धातु पदार्थ का प्रतिरोध ताप गुणांक निम्न होना चाहिए। अन्यथा ताप परिवर्तन से विद्युत मापक यन्त्रों की यर्थाथता (शुद्धता) विश्वसनीय नहीं रहेगी।

(iv) तन्यता (Ductiltity)—उच्च प्रतिरोध की धातुओं को भिन्न-भिन्न कार्यों के लिए भिन्न-भिन्न व्यास के तारों में बदलने के लिए उसको मोटे व्यास के तार को खींच करके पतले व्यास (बारीक तार) में बदलने के लिए यह आवश्यक है कि प्रतिरोध धातु पदार्थ में तन्यता का गुण होना चाहिए।

(v) ऑक्सीकरण रहित (Free from oxidation)—विद्युत भट्ठी, हीटर, गीजर आदि में प्रयुक्त होने वाली प्रतिरोध धातु पर ऑक्सीकरण की क्रिया नहीं होनी चाहिए। यदि ऑक्सीकरण की क्रिया से ऑक्साइड की परत प्रतिरोध एलीमेंट तार पर चढ़ेगी तो प्रतिरोध एलीमेन्ट से ऊष्मा विकिरण (Heat radiation) कम होने पर उस उपकरण की ऊष्मा दक्षता घट जायेगी।

(vi) उच्च यान्त्रिक सामर्थ्य (High mechanical strength)—उच्च प्रतिरोधकता वाली धातु पदार्थ से रिऑस्टेट (Rheostat) तथा विद्युत मापक यन्त्रों के लिए शन्ट प्रतिरोध आदि बनाने के लिए बहुत पतले प्रतिरोध तार की आवश्यकता होती है जो कि मोटे व्यास के तार को खींच कर पतले व्यास के तार में बदला जाता है। अत: इसके लिए यह आवश्यक है कि प्रतिरोध धातु पदार्थ की तनन सामर्थ्य उच्च होनी चाहिए ताकि तार को खींचते समय यह रिऑस्टेट के निर्माण के समय सेरैमिक पाइप पर लपेटते समय तार टूटने ना पाये।

सम्पर्क प्रतिरोध (Contact Resistance)—सभी विद्युत सम्पर्कों (electric contacts) का प्राथमिक कार्य विद्युत धारा प्रवाहित करना है, इसलिए ये सम्पर्क विद्युत धारा प्रवाह के मार्ग में कुछ प्रतिरोध अवश्य ही उत्पन्न करते हैं, जिसके कारण सम्पर्क प्रतिरोध का आर-पार कुछ न कुछ वोल्टता ड्राप अवश्य ही होता है, अत: जहाँ निम्न वोल्टेज परिपथ में सम्पर्क प्रतिरोध प्रयोग किए जाते हैं, वहाँ कम से कम विशिष्ट प्रतिरोध वाली सम्पर्क धातु प्रयोग में लाई जाती है। सम्पर्क जोड़े (contact pair) का कुल प्रतिरोध सम्पर्क धातु का प्रतिरोध तथा सम्पर्क सतहों के मध्य घर्षण-सम्पर्क प्रतिरोध (friction between faces of

Scanned by CamScanner

contacts) का योग होता है, अब चूँकि सम्पर्कों की सतह कभी भी पूर्णत: चिकनी (smooth) नहीं होती अर्थात् दोनों सतहों के मध्य सम्पर्क प्रतिरोध दोनों सम्पर्कों के निर्माण हेतु प्रयोग में लाई गई धातु के प्रतिरोध से अधिक होता है।

अब चूँकि सम्पर्कों के आपस में जुड़ने तथा टूटने (make and break) की क्रिया के समय सम्पर्कों के मध्य विद्युत चिंगरियाँ उत्पन्न होती हैं जिसके कारण सम्पर्क धातु शीघ्र ही अधिक गर्म (over-heated) होती है तथा सम्पर्कों के निकट कुछ गैसें उत्पन्न होती हैं, जिससे कुछ रासायनिक कम्पाउण्ड बनते हैं जैसे—ऑक्साइड, क्लोराइड, कार्बोनेट, सल्फाइड, सल्फेट आदि जो कि दोनों सम्पर्कों धातु की सतह पर पतली परत के रूप में जमने (deposite) लगती है जिसके परिणाम स्वरूप सम्पर्कों के मध्य सतह प्रतिरोध पहले से अधिक हो जाता है।

2.5. प्रतिरोधकता पर धातु-मिश्रता का प्रभाव (Effect of Alloying on Resistivity)

(a) जब किसी शुद्ध चालक पदार्थ अर्थात् शुद्ध धातु में कोई दूसरी धातु निश्चित मात्रा में अशुद्धि के रूप में मिलाई जाती है तो इसकी प्रतिरोधकता का मान परिवर्तित हो जाता है। चूँकि मिश्रित धातु की संरचना शुद्ध धातुओं की तुलना में समांगी (homogeneous) नहीं होती है, अत: शुद्ध धातुओं की चालकता अन्य धातु के मिलाने से कम हो जाती है तथा नव निर्मित मिश्र धातु की प्रतिरोधकता बढ़ जाती है। जैसे—मिश्र धातु पीतल (brass) जो कि ताँबा 60% + जिंक 40% मिलाने से बनती है, की प्रतिरोधकता शुद्ध ताँबा (Cu) की प्रतिरोधकता की तुलना में चार गुणा अधिक होती है तथा चालकता कम हो जाती है।

(b) प्रतिरोधकता पर यांत्रिक विकृति का प्रभाव (Effect of Mechanical Deformation on Resistivity)—जब किसी चालक पदार्थ अर्थात् धातु पर तनन बल (Tensile force) लगाया जाता है तो उस चालक में यांत्रिक विकृति के कारण निम्नलिखित परिवर्तन होते हैं—

(I) धातु चालक की लम्बाई बढ़ती है।

(II) धातु चालक की अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल कम हो जाता है।

(III) धातु चालक का प्रतिरोध $\left(R=\rho\frac{l}{a}\right)$ बढ़ जाता है, जिससे प्रतिरोधकता भी बढ़ जाती है।

अब यदि चालक पदार्थ पर तनन बल की जगह सम्पीडन बल (compressive force) लगाया जाये तो चालक में निम्नलिखित परिवर्तन होंगे—

(I) चालक पदार्थ की लम्बाई कम होती है।

(II) अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल बढ़ जाता है।

(III) चालक का प्रतिरोध कम हो जाता है, जिससे प्रतिरोधकता भी कम हो जाती है।

2.6. अतिचालकता (Super-conductivity)

अति चालकीयता की खोज सन् 1911 में एक डच वैज्ञानिक हेक कैमरलिंध ओन्स ने बीडन विश्वविद्यालय, नीदरलैण्ड में की थी। उन्होंने उस समय ऑक्सीजन, नाइट्रोजन, क्लोरीन आदि गैसों का अध्ययन किया और पाया कि उक्त गैसें कक्ष तापमान पर गैसीय अवस्था में रहती हैं लेकिन यदि तापमान शून्य से भी अधिक नीचे ले जाते हैं, तो यह गैसें द्रव अवस्था में परिवर्तित हो जाती हैं। परन्तु हीलियम गैस को द्रवित नहीं किया जा सका। परन्तु जब तापमान को – 269° C तक कम किया गया, तो हीलियम गैस द्रव में परिवर्तित हो गयी। उन्होंने देखा कि जब पारे को द्रव हीलियम में 4.5K में ठण्डा करके, उसके गुणों का अध्ययन किया तो पाया कि पारे (Hg) की प्रतिरोधकता 4.5K पर लगभग शून्य हो जाती है। इस स्थिति में यदि मरकरी के रिंग में धारा प्रयुक्त करने पर यह कई वर्षों तक निरन्तर रिंग में प्रवाहित होती रही।

जैसा कि आपको विदित है कि विद्युत चालक पदार्थों अर्थात् अधिकतर धातुओं की प्रतिरोधकता (ρ), तापमान (T) के बढ़ाने पर बढ़ती है तथा तापमान घटाने पर घटती है। अत: विद्युत चालक पदार्थ की वह स्थिति जिसमें प्रतिरोधकता का मान शून्य हो जाये तथा चालकता (σ) अति उच्च (अनन्त) हो जाये, अतिचालकता (super-conducticvity) **कहलाती है तथा इस** स्थिति में चालक में किसी प्रकार की कोई हानि (I^2R हानि) नहीं होगी। उदाहरणार्थ 4.5°K (– 2695° C) पर पारा (Hg) सुपर चालक बन जाती है।

2.7. संक्रमण तापमान (Transition Temperature)

वह न्यूनतम तापमान जिस पर विद्युत चालक पदार्थों की प्रतिरोधकता शून्य हो जाती है, **संक्रमण तापमान या क्रांतिक** तापमान (Critical Temprature) कहते हैं तथा इसी को अतिचालकीयता या सुपरचालकता कहते हैं।

2.8. अतिचालक पदार्थ (Super-conducting Materials)

वे चालक पदार्थ (धातु एवं यौगिक) जो न्यूनतम तापमान पर अत्यधिक चालकता का गुण **धारण करते हैं अर्थात्** जिनकी प्रतिरोधकता (ρ) न्यूनतम तापमान पर शून्य या बहुत कम हो जाती है, अतिचालक पदार्थ या **सुपर-कण्डटिंग मैटीरियल्स** कहलाते हैं। लेकिन यह बिल्कुल आवश्यक नहीं है कि विद्युत के अच्छे चालक जैसे चाँदी, **कॉपर तथा ऐल्यूमिनियम आदि** न्यूनतम तापमान पर सुपरचालकता की स्थिति प्राप्त कर सकते हैं अर्थात् यह आवश्यक नहीं कि **केवल अच्छे चालक ही अति** चालक बन सकते हैं। प्रयोगों द्वारा यह ज्ञात हुआ है कि कमजोर विद्युत चालक पदार्थ जैसे जस्ता, **टिन आदि अच्छे विद्युत** चालकों की तुलना मे शीघ्र तथा अच्छे अतिचालक बनते हैं। एन्टीमनी, बिस्मथ, टेलूरियम आदि ऐसी **धातुयें हैं जो कि न्यूनतम** तापमान एवं उच्च दाब पर अतिचालक बनते हैं। इन शुद्ध धातुओं के अतिचालक बनाने के लिये **संक्रमण तापमान या क्रांतिक** तापमान की परास 0.01°K से 9.2°K तक होती है। **वह अतिचालक जो शुद्ध धातुओं से बनते हैं मुलायम अतिचालक की श्रेणी में आते हैं।** अब तक लगभग 30 तात्विक, 600 मिश्र धातु की तथा 350 रासायनिक यौगिक **अतिचालकों की खोज हो** चुकी है।

शुद्ध धातुओं के अतिरिक्त मिश्र धातुओं एवं रासायनिक यौगिकों से बने अतिचालक **कठोर अतिचालक (Hard Superconductors)** कहलाते हैं। मिश्र धातुये, पारे की तरह अचानक अतिचालक नहीं बनते **बल्कि धीरे-धीरे अतिचालकता** प्राप्त करती है। कठोर अतिचालकों की कुछ विशेषतायें निम्नलिखित है—

(I) ये मुलायम अतिचालकों की भाँति अतिचालक की स्थिति में अचानक नहीं आते **बल्कि धीरे-धीरे अतिचालकता** प्राप्त करते हैं।

(II) कठोर अतिचालकों में प्रत्यावर्ती धारा प्रवाहित करने से यह स्वयं ऊर्जा विसरण करने **की स्थिति में आ जाते हैं।**

(II) अतिचलकों का चुम्बकीय क्षेत्र अति प्रबल होता है।

(IV) इनकी दक्षता अति उच्च होती हे तथा इनमें ऊष्मीय हानि ($H = i^2 Rt$) **उत्पन्न नहीं होती है।**

(V) कभी-कभी कठोर अतिचालक बीच की स्थिति में भी आ सकते हैं।

Scanned by CamScanner

निम्नांकित तालिका में कुछ मुलायम व कठोर अतिचालकों के संक्रमण तापमान को दर्शाया गया है—

मुलायम अतिचालक		कठोर अतिचालक	
धातु	संक्रमण तापमान	धातु	संक्रमण तापमान
ऐल्यूमिनियम (Al)	1.2°K	मिश्र धातु (44% Nb + 65 Ti)	8.7°K
मरकरी (Hg)	4.2°K	50% Nb + 50% Zn	9.3°K
टेन्टालम (Ta)	4.5°K	वेनाडियम गैलाइड (V_3Ga)	14°K
लैड (Ta)	7.2°K	निबोबियम गैलाइड (Nb_3Ga)	15°K
निबोबियम (Nb_4)	9.4°K		

उपरोक्त तालिका के अध्ययन से अतिचालकों के विषय में निम्नलिखित सूचनायें ज्ञात होती हैं—

(I) लौह-चुम्बकीय एवं प्रति लौह-चुम्बकीय धातुयें अतिचालकीय नहीं हैं।

(II) एकल संयोजी धातुयें अतिचालकीय नहीं हैं।

(III) विद्युत के अच्छे चालक के; जैसे—ताँबा (Cu), चाँदी (Ag), सोना (Au) आदि अतिचालक नहीं हैं।

(IV) विद्युत के सामान्य चालक; जैसे—निबोबियम (Nb), लैड (Pb), टेन्टालम (Ta), मरकरी (Hg) आदि सभी अतिचालक हैं।

(V) बिस्मथ (Bi), एन्टीमनी (Sb) एवं टैलूरियम (Te) उच्च दाब पर अतिचालक बन जाते हैं।

2.9. अतिचालकों का महत्त्व (Significance of Superconductors)

उपरोक्त विवरण से स्पष्ट है कि अतिचालक प्रबल चुबकीय क्षेत्र उत्पन्न करने में सक्षम हैं अत: अतिचालकों की कुण्डली से विद्युत चुम्बक उत्पन्न किया जा सकता है तथा इस उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र का प्रयोग चिकित्सा, रेलगाड़ी आदि में किया जा सकता है। जैसे कि आप सभी विदित है कि जापान में बुलेन ट्रेन जिसकी गति 500 किमी०/घंटा तक होती है। यह ट्रेन रेल (पटरी) से कुछ मिलीमीटर ऊपर तैरती (floating) है। इस रेलगाड़ी को इलेक्ट्रोमैग्नेटिक ट्रेन, स्लाइडिंग ट्रेन (Sliding train) आदि नामों से जाना जाता है।

अतिचालक पदार्थों से निर्मित इलैक्ट्रॉनिक यन्त्रों का उपयोग अत्यन्त ग्राहक, संवेदक अथवा अतिस्वन कम्प्यूटर के घटकों के रूप में किया जा सकता है।

अतिचालक पदार्थों के उपयोग से यन्त्रों, उपयन्त्रों, उपस्करों, उपकरणों आदि का आकार छोटा (small) हो जायेगा तथा उनकी क्षमता बढ़ जायेगी।

अति चालकों के अनुप्रयोग (Applications of super-conducting materials)

वैद्युत मशीनें (Electrical machines)—आजकल अतिचालकता का उपयोग करने वाली वैद्युत मशीनों तथा परिणामित्रों के विकास का प्रयास चल रहा है। गणना से यह विदित होता है कि यदि आतिचालकों को चालक पदार्थों के रूप में, अतिचालकीय वैद्युत-चुम्बकीय के साथ-साथ (जो कि अब उत्पादन में आ गये हैं) प्रयोग किया जाए तो अति निम्न साद्धज के ऐसे वैद्युत जनित्रों तथा परिणामित्रों का निर्माण संभव होगा जिनसे 99.99% तक उच्च दक्षता प्राप्त हो सकेगी।

शक्ति केबिल (Power Cables)—शक्ति केबिलों में अतिचालकों के प्रयोग से, केवल कुछ सेन्टीमीटर व्यास के चालकों द्वारा, बिना किसी विशेष शक्ति हानि या वोल्टतापात के, अधिक लम्बी दूरी तक विद्युत संचारण संभव हो सकेगा।

वैद्युत मशीनें (Electro-magnets)—ऐसी अति चालकीय कुण्डलियों का निर्माण हो गया है जो कार्यरत रहते हुए ऊष्मा नहीं उत्पन्न करती है तथापि यह अवश्य ध्यान में रखना होगा कि एक क्रान्तिक मान से अधिक चुम्बकीय क्षेत्र हो जाने पर अतिचालकता का विनाश हो सकता है। अतिचालकता के सिद्धान्त पर आधारित ऐसे वैद्युत चुम्बक परिकल्पित हो गये हैं जिनको प्रयोगशालाओं तथा निम्न तापमान युक्तियों जैसे मेसर के लिए प्रयोग किया जा सकता है।

2.10. निम्न प्रतिरोधी पदार्थ तथा उनके अनुप्रयोग (Low resistivity Materials and their Applications)

ताँबा (Copper)—सभी चालक पदार्थों में अपनी उच्च चालकता अथवा निम्न प्रतिरोधकता के कारण, ताँबा सबसे अधिक प्रयोग किये जाने वाला धातु है। वैसे चाँदी की प्रतिरोधकता सबसे निम्न है लेकिन अपने उच्च मूल्य के कारण उसे चालक पदार्थ के रूप में प्रयोग नहीं किया जाता है। ताँबा अचुम्बकीय (non-magnetic) व अलौह धातु (non-ferrous metal) है जो अद्‌भुत भौतिक, रासायनिक तथा वैद्युत गुण रखती है। ताँबे के रंग में लाली होती है और यह कठोर खिंचे अथवा अनीलन किए हुए रूप में उपलब्ध होता है। कठोर खिंचे अथवा अनीलन किए ताँबे के यांत्रिक गुणों में अन्तर होता है। अनीलन किया ताँबा मृदु हो जाता है और कठोर खींचे हुए ताँबे से इसका तनन सामर्थ्य कम होता है। कठोर खींचा हुआ ताँबा अनीलन के पश्चात् मृदु हो जाता है। ठंडी अवस्था में ताँबे की पट्टियाँ अथवा छड़ों को खींच कर कठोर खींचे ताँबे को प्राप्त किया जाता है। अनीलन प्रक्रम में निर्धारित विशिष्ट तापमान पर गरम करने पर और फिर ठंडा करने की प्रक्रिया होती है। कठोर खींचा ताँबा (hard drawn copper) को प्राप्त किया जाता है। कठोर खींचा ताँबा कमानीदार होता है लेकिन अनीलन किया ताँबा लचीला (नम्य) होता है। अनीलन किए ताँबे की चालकता कठोर खींचे ताँबे से अधिक है। 20°C के तापमान पर अनीलन किए ताँबे की प्रतिरोधकता का मान 1.72×10^{-8} ओम मीटर है और कठोर खिंचे ताँबे के लिए इसका मान 1.77×10^{-8} ओम मीटर है। ताँबे को अति पतले तारों के रूप में खींचा जा सकता है तथा विभिन्न मोटाई की चादरों व पट्टियों के रूप में भी बनाया जा सकता है। ताँबे में संक्षारण (corrosion) के लिए उच्च प्रतिरोधकता का गुण होता है। वातावरण के प्रभाव से उस पर ताँबे के आक्साइड की एक परत जम जाती है जो एक रक्षक परत के रूप में प्रभावित होती है और संक्षारण को रोकती है। अनीलन किए ताँबे एवं कठोर खींचे ताँबे के लिए घनत्व तथा गलनांक का मान क्रमश: 8.89 व 1084°C है। ताँबे का तनन सामर्थ्य 8.15 से 4.72 टन प्रति वर्ग सेन्टीमीटर तक होता है।

विद्युत तार संस्थापन के लिए आवश्यक झालने (soldering) तथा वेल्डन के गुण भी ताँबे में होते हैं। उत्तम झालन (better soldering) के लिए, ताँबे की सतह पर जमी ऑक्साइड परत को फ्लक्स विलायक लगाकर हटाया जाता है। ताँबे पर बने जोड़ निम्न सम्पर्क प्रतिरोध प्रस्तुत करते हैं क्योंकि उन पर जमी हुई ऑक्साइड परत में चालकता का गुण होता है। अपने उच्च यांत्रिक सामर्थ्य के कारण कठोर खींचे ताँबे का सबसे महत्त्वपूर्ण प्रयोग शिरोपरि चालकों, उच्च वोल्टता के भूमिगत केबिलों तथा बस बार में होता है। अनीलन के लिए ताँबे का प्रयोग विद्युतरोधी लगे चालकों के लिए, निम्न वोल्टता के शक्ति केबिलों के परिणामित्रों तथा विद्युत मशीनों के कुण्डलन में लचीले तारों तथा अनेक प्रकार की कुण्डलियों में किया जाता है। भारत में ताँबे की उपलब्धता अब कम हो गयी है और इसके प्रयोग से विदेशी मुद्रा की घटत होती है, इसलिए ताँबे के स्थान पर, आजकल aluminium का ही अधिकतर प्रयोग किया जाता है।

ऐल्यूमिनियम (Auminium)

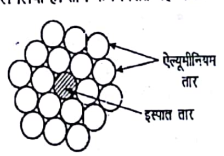
भारत में Aluminium व्यापक रूप से उपलब्ध है और विद्युत अभियांत्रिकी के क्षेत्र में इसका अधिकतर प्रयोग होता है। जहाँ तक विद्युत चालकता का प्रश्न है, ताँबे के बाद यह सर्वोत्तम है। इसकी प्रतिरोधकता 2.8×10^{-8} ओम मीटर है जो ताँबे से लगभग 1.6 गुण अधिक है। इसका घनत्व 2.68 है जिसका अर्थ यह है कि Aluminium, ताँबे से हल्की है (Al का भार Cu के भार का 1/3), गलनांक 655°C है। ताँबे की भाँति इसे भी सरलता से rolling किया जा सकता है और कठोर खींचा जा सकता है। यांत्रिक विधि से खींचे जाने होने के पश्चात् इसकी प्रतिरोधकता तथा घनत्व में भी अन्तर हो जाता है। कठोर खींचे जाने के पश्चात् इसकी अनीलन (ऊष्मन क्रिया) किया जा सकता है। इसे पतले तारों के रूप में खींचा जा सकता है।

Scanned by CamScanner

ऐल्यूमिनियम एक मृदु पदार्थ है परन्तु मैग्नीशियम, सिलिकॉन या लोहे जैसे अन्य पदार्थों के साथ धातुमिश्रण किए जाने पर यह उच्चतर यांत्रिक सामर्थ्य ग्रहण कर लेता है और शिरोपरि संचरण लाइनों के लिए प्रयोग किया जा सकता है।

ताँबे की भाँति वातावरण के प्रभाव से ऐल्यूमिनियम की सतह पर भी एक ऑक्साइड परत बनती है और यह परत पदार्थ में और अधिक ऑक्सीकरण को रोकती है और संक्षारण के लिए रोधक परत का कार्य करती है। ऐल्यूमिनियम की सतह पर बनने वाली ऑक्साइड परत ताँबे के विपरीत एक विद्युतरोधी के रूप में कार्य करती है क्योंकि तुलनातम्क रूप से Aluminium oxide में अधिक प्रतिरोधकता होती है। इस प्रकार Aluminium के तारों का सम्पर्क प्रतिरोध बहुत उच्च होता है। फिर चूकि वह मृदु पदार्थ है इसलिए सदा सम्पर्क के ढीले होने की संभावना रहती है। सतह पर ऑक्साइड परत के जमाव से जिसमें विद्युतरोधन का गुण रहता है, Aluminium के तारों का झालना कठिन होता है यह एक बड़ा अवगुण है और भवन तार स्थापन तथा अन्य ऐसे स्थानों के लिए जहाँ जोड़ बनाना व झालना आवश्यक है मुख्य आपत्ति का कारण है। तथापि aluminium के तारों को झालने के लिए अब एक विशेष फ्लक्स का निर्माण हो रहा है। ताँबे के स्थान पर ऐल्यूमिनियम के लचीले तारों, शिरोपरि संचार लाइनों, बस बार, गिलहरी पिंजरे आकार के विद्युत मोटर की रोटर पट्टियों और अनेक अन्य कार्यों में अति व्यापक रूप से प्रयोग किया जा रहा है। तथापि अन्य महत्त्वपूर्ण कार्यों में जैसे विद्युत मशीनों तथा परिणामित्रों की winding के लिए ताँबे के स्थापन पर aluminium का स्थापन करना कठिन है। इसका कारण यह है कि ऐल्यूमिनियम के तारों का तनन सामर्थ्य का मान 0.95 से 1.75 टन प्रति वर्ग सेन्टीमोटर तक होता है जो ताँबे से कहीं कम है। इसका परिणाम यह है कि तनाव में तार के टूटने तथा सतह पर टूटन अथवा दरारों के बनने की भी प्रवृत्ति होती है। ताँबे की तुलना में इसकी प्रतिरोधकता अधिक होने के कारण I^2R हानि को कम करने के लिए तार की मोटाई अनुप्रस्थ काट का क्षेत्र को अधिक रखना पड़ता है। इस पर कुण्डलन अधिक स्थान घेरती है और मशीन का आकार (size) बढ़ जाता है तथापि Aluminium का घनत्व ताँबे की तुलना में कम होने के कारण, Aluminium की कुण्डलन वाली मशीनों का भार कम होता है। परिणामित्रों तथा अन्य अनुप्रयोगों में ऐल्यूमिनियम के लिए कुण्डलन तार के रूप में प्रयोग का प्रयास किया जा रहा है।

आर्थिक बचत की दृष्टि से Aluminium ने अनेक क्षेत्रों में ताँबे का स्थान ले लिया है। ताँबे के विपरीत यह भारत में बहुतायत में उपलब्ध है। सभी शिरोपरि संचार लाइनों में अब इस्पात लगाकर प्रबल (मजबूत) बनाए गए Aluminium चालकों की होती है, जिन्हें ACSR (aluminium conductor steel reinforced) चालक कहते हैं। इस्पात प्रबलन (steel reinforcement) का प्रयोग शिरोपरि चालक को अधिक सामर्थ्य प्रदान करने के लिए किया जाता है। चित्र में ऐसे एक ACSR चालक के अनुप्रस्थ काट को दिखाया गया है।



चित्र 2.2 : ACSR Conductor

■ इस्पात (Steel)

इस्पात में लोहे के साथ कार्बन का कुछ प्रतिशत अंश भी होती है। लोहा स्वयं तो बलवान नहीं होता है पर कार्बन मिला देने पर उसमें अच्छे यांत्रिक गुण व्याप्त हो जाते हैं। कुछ प्रतिशत कार्बन के योग से इस्पात का तनन सामर्थ्य बढ़ जाता है लेकिन इसी के साथ तन्यता घट जाती है। अत: कार्बन का अंश बहुत अधिक हो तो इस्पात भंगुर हो जात है। इस्पात का वर्गीकरण निम्नलिखित रूप में होता है—

मृदु इस्पात जिसमें कार्बन का अंश लगभग 0.25% है। मध्यम इस्पात जिसमें कार्बन क अंश लगभग 0.45% है। अधिक carbon इस्पात जिसमें carbon का अंश लगभग 0.70% अधिक है।

इस्पात की प्रतिरोधकता ताँबे से 8 से 9 गुना अधिक होती है। इस कारण इसे सामान्यत: चालक पदार्थ के रूप में प्रयोग नहीं किया जाता है जबकि इसमें उच्च गुण है और सरलता से उपलब्ध है। जैसा कि पहले बताया जा चुका है, Aluminium चालकों में इस्पात का प्रबलन किया जाता है ताकि उनका तनन सामर्थ्य बढ़ जाए और उन्हें शिरोपरि संचार लाइन के चालकों के लिए उपयोग में लाया जा सके। नमी के सम्पर्क में आने पर इस्पात आसानी से संक्षारित हो जाता है। परन्तु उसकी सतह पर जस्ते

की परत चढ़ाने पर अर्थात् उसे जस्तीकृत कर देने पर वह संक्षारित नहीं होती है। जस्तीकरण किए इस्पात के तारों को शिरोपरि टेलीफोन (दूरभाष) के तारों के लिए तथा भू-तारों के लिए प्रयोग किया जाता है।

■ लड़ीदार तार (Stranded conductors)

यह स्पष्ट है कि जब अधिक मोटे अनुप्रस्थ काट के अकेले एक तार को प्रयोग किया जायेगा तो उसकी संरचना भी दृढ़ होगी और उपयोग में आने के साथ उसमें ऐंठन के निशान विकुंचन और टूटन हो सकती है। इससे बचने के लिए चालकों को अनेक पतले तारों को इकट्ठा मिलकर गुच्छा बनाकर निर्मित किया जाता है, इन पतले तारों को लड़ी कहते हैं और चालकों को लड़ीदार चालक कहते हैं। लड़ीदार बनाने से चालक लचीला हो जाता है और विद्युतरोधी में से पार होकर टूटने की जोखिम संभावना भी बड़ी हद तक समाप्त हो जाती है।

लड़ीदार चालक को बनाने के लिए लड़ियों को साथ घूसकर या बट (twist) कर उसकी कई परतें बना ली जाती हैं। प्रत्येक तार की लड़ी को कुंडलिनी के आकार (helical fashion) में दूसरी लड़ी पर गूँध कर लपेट दिया जाता है। सामान्यत: गूँधने की दिशा को हर लड़ी के लिए पूर्वत: विपरीत दिशा में घूमकर लपेट दिया जाता है सामान्यत: घूमने की दिशा को हर लड़ी के लिए पूर्वत: विपरित दिशा में घूमकर किया जाता है अर्थात् यदि एक बार लड़ी को बायीं ओर लपेटते हुए गूँधा गया हो तो उसके पश्चात् फिर दाहिनी ओर लपेटते हुए गूँधा जायेगा, और इसी प्रकार यह क्रम चलता रहेगा।

एक मानक लड़ी में एक तार के साथ 6 तारों की परत, फिर उसके ऊपर 12 तारों की परत, 12 तारों के ऊपर 18 तारों की परत और उसके ऊपर 24 तारों की परत होती है और आगे यों ही परत चढ़ती जायेगी। परतों की संख्या इस पर निर्भर होगी कि कुल कितने तारों का आयोजन प्रयोजन होना है। ध्यान रखें कि केन्द्रीय तार को परत के रूप में नहीं गिनते हैं। एक तार के बजाय, तार या चार लड़ीदार तारों के केन्द्र में रखकर भी उनके ऊपर परतें बनाई जा सकती हैं। यदि केन्द्र में 3 लड़ीदार तारों को रखा गया है तो पहली परत में 9 तारण दूसरी में 15 तार और इसी प्रकार अन्य परतें होंगी। उपरोक्त उदाहरण की प्रत्येक परत में 6-6 तार की बढ़ोतरी की गई है—

सारणी में उन सूत्रों को दिया जा रहा है जो प्रत्येक परत के लिए तार की संख्या, लड़ीदार तार के लिए कुल तारों की संख्या तथा तारों के व्यास के साथ प्रत्येक परत का व्यास दर्शाते हैं।

इस सारणी में लड़ीदार तारों में विभिन्न परतों में तारों की संख्या तथा सम्पूर्ण व्यास लड़ीदार तारों वाले चालकों को निम्नलिखित रूप में व्यक्त किया जाता है—

केन्द्र में तारों की संख्या (Number of wires in the centre)	1	3	4
केन्द्र से परत पर तारों की संख्या (Number of wires in the nth layer from the centre)	$6n$	$3+6n$	$4+6n$
परत वाले लड़ीदार तार में तारों की कुल संख्या (Total No. of wires in a stranded conductor having n layers)	$1+3n(1+n)$	$3(1+n)^2$	$(4+3n)(1+n)$
परत n का व्यास, सेन्टीमीटर में, जबकि प्रत्येक तार का व्यास (सेन्टीमीटर में) d द्वारा व्यक्त है। (Diameter over the nth layer in centrimetres, where d indicates the diameter of each wire in centimetres.)	$(1+2n)d$	$(2.155+2n)d$	$(2.414+2n)d$

7/2.24, 19/2.50, 37/2.06, 61/2.50 आदि प्रथम अंक अर्थात् 7, 19, 37, 61 आदि लड़ीदार चालक में कुल तारों की संख्या को बताता है तथा दूसरा अंक अर्थात् 2.24, 2.50, 2.06, 2.50 आदि, मिलीमीटर में हरे तार का व्यास बताता है।

Scanned by CamScanner

उदाहरण : एक 37/2.06 लड़ीदार चालक के केन्द्र में तार है। प्रथम परत में 6 तार, दूसरी में 12 तीसरी में 18 तार हैं। इस प्रकार कुल घेरों की संख्या, $n = 3$

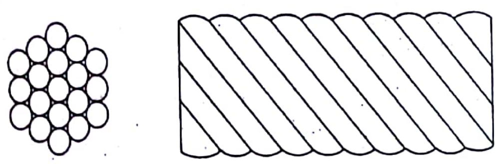
हल—सूत्र से कुल तारों की संख्या $= 1 + 3n(1+n)$

$$= 1 + 3 \times 3(1+3)$$

$$= 1 + 3 \times 3(4) = 37$$

चालक का सम्पूर्ण व्यास $= (1+2n)d$

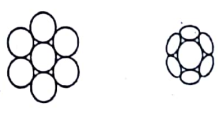
चित्र में अनेक तारों से बने एक लड़ीदार चालक की रचना को दिखाया गया है—



(a) (b)

चित्र 2.3 : (a) एक 19 तार वाले लड़ीदार चालक का अनुप्रस्थ काट जिसमें तार केन्द्र में, 6 तार प्रथम परत में और 12 तार दूसरी परत में हैं।
(b) एक लड़ीदार चालक में तारों के गूँथने की विधि को दिखाया गया है।

वृत्ताकार (गोल) लड़ीदार चालक सामान्यत: एकल फेज पद्धति के लिए प्रयोग होते हैं। इधर कई वर्षों से यह चलन हो गया है कि वृत्ताकार अथवा विशेष आकार में संहत (compact) चालकों का निर्माण किया जाए। इससे केबिलों के उत्पादन लागतों में कमी होती है क्योंकि इस प्रकार विद्युतरोधी पदार्थों व अन्य रक्षक आवरण पदार्थों की बचत की जा सकती है। संहतन (compacting) का यह कार्य रोलर अथवा डाई द्वारा वृत्ताकार लड़ीदार चालकों को दबाकर दिया जाता है। इस प्रकार, वृत्ताकार, लड़ीदार चलकों का आमान कैसे कम हो जाता है इसे चित्र 2.4 में देखकर समझा जा सकता है।



(a) (b)

चित्र 2.4 : (a) वृत्ताकार लड़ीदार चालक (a) संहत वृत्ताकार लड़ीदार चालक

आज के समय में विद्युत के संचार तथा वितरण का कार्य अधिकतर त्रिकलीय पद्धति द्वारा होता है। इसके लिए, तीन लड़ीदार चालकों को व्यक्तिगत रूप से (अलग-अलग) विद्युतरोधी लगा कर, साथ रखते हुए एक तीन क्रोड केबिल को बनाने की आवश्यकता होती है। चित्र 2.5 में लाक्षणिक तीन क्रोड को दिखाया गया है जिसमें वृत्ताकार लड़ीदार चालक है।

चित्र 2.5 : वृत्ताकार लड़ीदार चालकों वाला एक लाक्षणिक तीन क्रोड की केबिल

यदि वृत्ताकार चालकों को त्रिज्यखंडाकार में बनाया जाए जैसा चित्र 2.6 में दिखाया गया है को कम स्थान में ही चालकों को रखकर, विद्युतरोधी पदार्थों की बचत की जा सकती है। बाद के विकास द्वारा विशेष आकार के ठोस चालकों के निर्माण से लागत में अधिकतम बचत (स्थान और पदार्थ की बचत से) प्राप्त की गई है। इसे उदाहरण के रूप में चित्र 2.7 में दिखाया गया है।

चित्र 2.6 : त्रिज्य आकार में परिवर्तित वृत्ताकार चालक

चित्र 2.7 : 3 क्रोड वाले केबिल में प्रयुक्त विशेष आकार के ठोस चालक

यह तो स्पष्ट ही है जब केबिल ठोस चालकों से बनते हैं तो उनमें लचक की कमी होगी। अत: इस प्रकार के ठोस चालकों का प्रयोग केवल उन कार्यों तक सीमित है जहाँ अधिक लचीलेपन का होना आवश्यक नहीं है, जैसे—कुछ उच्च के वोल्टता के केबिलों के लिए।

■ समूह चालक (Bundle conductors)

अति उच्च वोल्टता संचार में समूह चालकों के उपयोग से लड़ीदार चालकों के समतुल्य अनुप्रस्थ काट के एकल चालक की तुलना में, अधिक धारा क्षमता के लिए प्रयोग किया जाता है। समूह चालकों के प्रयोग से चूँकि चालक की सतह पर वोल्टता प्रतिवल घट जाता है, कोराना हानि भी कम होती है और संचार लाइन द्वारा रेडियो व्यतिकरण की संभावना भी घट जाती है।

2.11. निम्न प्रतिरोधी ताँबे के आमिश्र (मिश्रधातु) (Low resistivity copper alloys)

हम ने देखा है कि ताँबा खींचे जाने पर यांत्रिक रूप से कठोर हो जाता है। अन्य धातुओं के साथ संमिश्रण द्वारा भी ताँबे को कठोर किया जा सकता है।

■ पीतल (Brass)

जस्ते को ताँबे के साथ संमिश्रण (alloying) के पश्चात् (60% ताँबा व 40% जस्ता) प्राप्त धातु पीतल कहलाती है। पीतल में ताँबे की अपेक्षा तनन सामर्थ्य तो अधिक है परन्तु चालकता कम होती है। इसे दबा कर विशेष रूप से विशेष आकार में लाया जा सकता है और तार के रूप में खींचा जा सकता है।

यह वैल्डनशील व झालनशील पदार्थ है तथा पर्याप्त सीमा तक संक्षारण-रोधी है। इसी कारण पीतल को व्यापक रूप से कार्य उपयुक्त और धारा प्रवाहक के रूप में तथा संस्थापन कार्य के रूप में प्लग प्वाइंट, सॉकिट आउटलेट, स्विचों, लैम्प होल्डरों, चाकू स्विच प्रवर्तक के खिसकने वाले सम्पर्क तथा रिऑस्टैट आदि के लिए उपयोगी माना जाता है।

■ कांसा (Bronze)

ताँबे को टिन (8 से 16%) व बहुत ही निम्न मात्रा में तीसरे मूल तत्त्व जैसे कैडमियम, बैरिलियम, फास्फेट, सिलिकॉन आदि के साथ धातु मिश्रण से प्राप्त मिश्र धातु "कांसा" कहलाती है। काँसे के साथ उनके नाम में, उस तीसरे मूल तत्त्व का नाम भी जोड़ दिया जाता है जिस ताँबे व टिन के साथ मिलाकर वह धातु मिश्रण बनाया जाता है। उदाहरण के रूप में यदि तीसरा पदार्थ फास्फोरस है तो मिश्र धातु को फास्फर कांसा कहा जाएगा। यदि तीसरा मूल तत्त्व सिलिकॉन अथवा कैडमियम है तो मिश्र धातु क्रमश: सिलिकॉन काँसा अथवा कैडमियम काँसा कहलायेगा। ताँबे की तुलना में सभी कांस्य धातुओं में उच्च यांत्रिक

Scanned by CamScanner

सामर्थ्य होती है लेकिन चालकता कम होती है। टिन मे जस्ते से अधिक संक्षारण रोधकता होती है। इसलिए काँसा पीतलों से अधिक संक्षारण मुक्त होते हैं। कैडिमयम काँसे का प्रयोग सम्पर्क चालक तथा दिक्-परिवर्तक खण्डों के लिए किया जाता है। बैरिल्यम काँसे का प्रयोग धारा वहन स्प्रिंग को खिसकाने वाले सम्पर्क चाकू स्विच की पट्टियों आदि के लिए होता है क्योंकि इसका तनन सामर्थ्य कैडमियम काँसे से अधिक है।

उदाहरण 2.1 : (i) एक वैद्युत मशीन की कुण्डली बनाने के लिये कुण्डलन तार के रूप में 250 मीटर तार की लम्बाई के लिये ताँबे का व्यास ज्ञात कीजिये, यदि कुण्डली का कुल प्रतिरोध 5 ओम हो।

(ii) उपरोक्त के लिये एकसमान दशाओं के लिये ताँबे के स्थान पर ऐल्यूमिनियम के तार का व्यास भी ज्ञात कीजिये।

हल—कुण्डली का प्रतिरोध $R = \rho \times \frac{l}{a}$ ...सूत्र से

(i) ताँबे के लिये प्रतिरोधकता $\rho = 1.7 \times 10^{-8}\ \Omega - \text{m}$

उपरोक्त सूत्र में ताँबे के लिये दिये मान रखने पर—

$$5 = \frac{1.7 \times 10^{-8} \times 250}{a}$$

परन्तु अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल $a = \frac{\pi d^2}{4}$, जहाँ d = तार का व्यास

$$5 = \frac{1.7 \times 10^{-8} \times 250}{\pi \times d^2} \times 4$$

$$d^2 = \frac{1.7 \times 10^{-8} \times 1000}{\pi \times 5}$$

$$= \frac{1.7 \times 10^{-5}}{5\pi} = \frac{17}{5\pi} \times 10^{-6}\ \text{m}^2$$

$$d^2 = \frac{17}{5\pi}\ \text{mm}^2$$

$$d_{cu} = 1.04\ \text{mm}$$

(ii) ऐल्यूमिनियम तार के लिये—

ऐल्यूमिनियम की प्रतिरोधकता $= 2.8 \times 10^{-8}\ \Omega \times \text{m}$

$$5 = \frac{2.8 \times 10^{-8} \times 250 \times 4}{\pi d^2}$$

$$d^2 = \frac{2.8 \times 10^{-8} \times 1000}{5\pi} = \frac{28}{5\pi}\ \text{mm}^2$$

$$d_{\mu} = 1.34\ \text{mm}$$

इसलिये ताँबे की तुलना में ऐल्यूमिनियम तार का व्यास $= \frac{d_{\mu}}{d_{cu}} = \frac{1.34}{1.04} = 1.28$ गुणा अधिक होगा।

जिससे ताँबे की कुण्डलन की तुलना में ऐल्यूमिनियम कुण्डलन वैद्युत मशीन में अधिक जगह लेगी, जिसके कारण वैद्युत मशीन का आकार ताँबे की कुण्डलन की तुलना में बड़ा होगा।

कॉपर, ऐल्यूमिनियम तथा स्टील की वैद्युत चालक के रूप में अनेक प्रयोगों के आधार पर तुलना
(Comparision of Copper, Aluminium and Steel for Various Application as Electrical Conductor)

क्र० सं०	तुलनात्मक घटक एवं प्रयोग	ताँबा (Copper)	ऐल्यूमिनियम (Aluminium)	स्टील (Steel)
1	प्रतिरोधकता ($\Omega \times$ m) में	1.7×10^{-8}	2.8×10^{-8}	96×10^{-8}
2.	प्रतिरोध ताप गुणांक (1°C unit)	39×10^{-4}	35×10^{-4}	65×10^{-4}
3.	मृदुता (Softness)	less	more	very less
4.	कठोरता (Hardness)	more	less	very much
5.	जंगरोधिता	much	very much	very less
6.	नम्यता तथा तन्यता	too much	much	less
7.	सोल्डरेबिलिटी	very good	not good	very poor
8.	सम्पर्क प्रतिरोध	low	high	very high
9.	ढीले सम्पर्कों की सम्भावना	less	more	very much
10.	मजबूती	much	less	too much
11.	उपलब्धता	less	much	very much
12.	कीमत	high	low	very low
13.	शिरोपरिसंचरण एवं वितरण लाइन चालकों में	very less	too much	used as central core in ACSR
14.	भूमिगत वितरण के बिल चालक में	very less	too much	used as sheath (कवच)
15.	पावर वायरिंग मे चालक के रूप में	much	very much	not used
16.	घरेलू तथा औद्योगिक वायरिंग में चालकों के रूप में	very much	less	not used
17.	1000 kVA तक के ट्रांसफार्मर की कुण्डलन के निर्माण में	less	very much	not used
18.	1000 kVA से अधिक क्षमता के ट्रांसफार्मर की कुण्डलन के निर्माण मे	very much	not used	not used
19.	सोडियम, मरकरी वाष्प लैम्प तथा फ्लोरिसेन्ट लाइट के लिये चोक कुण्डली के रूप में	much	less	not used
20.	केबिल लग्स के रूप में	much	very much	not used

Scanned by CamScanner

21.	A.C. व D.C. मोटरों के स्टार्टरों के निर्माण में	very much	not used	not used
22.	इलैक्ट्रिक पोल एवं टावर के रूप में	not used	not used	always used
23.	भू-इलैक्ट्रोड के रूप में	less	not used	very much
24.	विद्युत माप यन्त्रों के अंगों में	coils, solenoids	spindle, disc, pointer	magnetic core and covet
25.	रिऐक्टर कोर के रूप में	not used	not used	always
26.	डी०सी० मशीन में आर्मेचर एवं फील्ड वाइण्डिग के रूप में	very much	not used	not used
27.	ए०सी० एक-फेजी एवं त्रिफेजी मोटरों के रोटर वाइण्डिग बोर के रूप में	less	very much	not used

2.12. उच्च प्रतिरोधकता वाले पदार्थ एवं उनका अनुप्रयोग (High Resistivity Materials and their Applications)

जैसा कि पूर्व में बताया जा चुका है ऊष्मन युक्तियों के प्रतिरोध, एकक विद्युत मोटर के स्टार्टरों के प्रतिरोध, यथार्थ मापन के प्रतिरोध, भारक प्रतिरोधक रिऑस्टैट, तापदीप्त के तन्तु इत्यादि, सभी विशेष उच्च प्रतिरोधी पदार्थों के बने होते हैं। सामान्यत: ये विभिन्न पदार्थों के धातुमिश्रण होते हैं।

उच्च प्रतिरोधी पदार्थों के सामान्य उदाहरण हैं—मैंगनीन, कॉन्स्टैन्टन, नाइक्रोम, टंगस्टन आदि। अनुप्रयोगों के अनुकुल कार्य को विशिष्ट आवश्यकता की पूर्ति के लिए उपरोक्त में से किसी पदार्थ का चयन हो सकता है। उदाहरण के लिए तार लपेट कर बने यथार्थ प्रतिरोध तथा मापन मंत्रों के शंट, प्रतिरोध बक्से, यथार्थ मापन यंत्रों, कुण्डलियों आदि ऐसे कार्यों के लिए पदार्थों में निम्न प्रतिरोध ताप गुणांक तथा तन्यता, का गुण होना चाहिए। इन कार्यों के लिए मैंगनीन सबसे उपयुक्त पदार्थ है। यह ऐसा मिश्र धातु है जिसमें तांबा (86%), मैंगनीन (12%) का गलनांक 102°C है परन्तु उच्च तापमानों पर इसके अधिक प्रतिरोध ताप गुणांक का कारण इसका कार्यकारी अनुमय तापमान निम्न है (60°C से 70°C तक) है। इससे अधिक तापमान पर प्रतिरोध मान में पर्याप्त अन्तर हो जाएगा। अत: उपरोक्त कार्यों में मैंगनीन का उपयोग इस सीमा तक ही उपयुक्त होगा कि जब तापमान अनुमय सीमा से अधिक नहीं होगा। मैंगनीन को सरलता से पतले तार के रूप में खींचा जा सकता है।

अब आइए हम भारक रिऑस्टैट (loading rehcostate) तथा विद्युत मोटरों के लिए प्रर्वतकों जैसे कार्यों में प्रयोग होने वाले प्रतिरोध एकक के लिए कार्य उपयोगी पदार्थों की विशिष्टताओं पर विचार करें। इन कार्यों में भी प्रतिरोध ताप गुणांक का ध्यान रखना महत्वपूर्ण है। अभी जो उपरोक्त वर्णित कार्य जैसे यथार्थ प्रतिरोध आदि थे उनसे यहाँ प्रतिरोध ताप गुणांक का मान अधिक तो हो सकता है लेकिन यहाँ कार्यकारी तापमान को उच्च ही रखना होगा। ऐसे कार्यों में कान्स्टैटन ही एक उपयुक्त पदार्थ है। कांस्टेटन, तांबे और निकिल का मिश्र धातु है। इसमें निकिल की मात्रा 40% है। इसका अधिकतम अनुमय कार्यकारी तापमान 500°C है उसे पतले तारों में खींचा जा सकता है। चित्र 2.8 (a) में कांस्टेटन के तार से बने प्रयोगशाला प्रारूप के एक रिऑस्टैट को दिखाया गया है। रिऑस्टैट को पूर्णत: शुद्ध प्रतिरोध बनाने के लिये तार को पहले दक्षिणावर्त एक दिशा में आगे फिर उसके विपरीत दिशा मे वामावर्त लपेटा जाता है, जैसा चित्र 2.8 (b) में दिखाया गया है। वास्तव में दो तारों को एक साथ एक ही दिशा में सैरेमिक की नली पर लपेट दिया जाता है और फिर अंत में एक ओर के दोनों तारों के सिरों को जोड़ दिया जाता है। शेष दोनों मुक्त सिरों को, अलग-अलग टर्मिनलों से जोड़ दिया जाता है।

(a) (b) आरम्भ अन्त

चित्र 2.8 : प्रयोगशाला प्रारूप का एक रिऑस्टैट जिसमें कान्सटैंटन का प्रयोग किया गया है

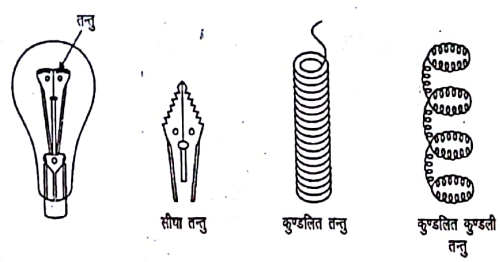
अंत में आइए हम उच्च प्रतिरोधी पदार्थों के एक अति महत्त्वपूर्ण प्रयोग पर विचार करें, जहाँ इसे विद्युत इस्त्री विद्युत चूल्हे कक्ष ऊष्मक विद्युत भट्ठी आदि के ऊष्मक एकक के बनाने में प्रयोग किया जाता है। इन कार्यों के लिए नाइक्रोम ही सबसे उपयुक्त पदार्थ है क्योंकि इसका अधिकतम अनुमय कार्यकारी तापमान 1100°C है तथा इसकी प्रतिरोधकता का मान भी उच्च है।

नाइक्रोम की प्रतिरोधकता का 20°C पर मान 100×10^{-8} ओम मीटर होता है जो मैंगनीन व कांस्टैन्टन के मान से लगभग दुगुना है। नाइक्रोम ऐसी मिश्र धातु है जिसमें मैंगनीज 1.5%, निकिल 75 से 78% तक, क्रोमियम 20 से 23% तक, तथा लोहा के कुछ निम्न प्रतिशत का अंश होता है। इसे पतले तारों के रूप में खींचा जा सकता है और यह यांत्रिक रूप से बलवान है।

अन्य उच्च प्रतिरोधी पदार्थों के गुणों और अनुप्रयोगों का विवरण नीचे दिया जा रहा है;

टंगस्टन (Tungsten)

यह एक बहुत कठोर धातु है। टंगस्टन की प्रतिरोधकता ऐल्यूमिनियम की लगभग दुगुनी है। इसका गलनांक सभी धातुओं से उच्च है (3300°C), इस तंतु (filament) को बनाने के लिए बहुत पतले तारों के रूप में खींचा किया जा सकता है। टंगस्टन का तार जितना पतला होगा, उसका तनन सामर्थ्य उतनी ही उच्च होती है। टंगस्टन का सामान्य अनुप्रयोग तापदीप्त lamp में तथा इलैक्ट्रॉन tube के ऊष्मक आदि के लिए होता है। अक्रिय गैस (नाइट्रोजन, आर्गन आदि) के वातावरण में या निर्वात् में, 200°C या उससे अधिक तापमान पर, टंगस्टन विश्वसनीय रूप से कार्य कर सकता है। ऑक्सीजन की उपस्थिति में कुछ सौ डिग्री तापमानों पर टंगस्टन अति शीघ्र ऑक्सीकृत हो जाता है। जब टंगस्टन को तापदीप्त लैम्प के तंतु में प्रयोग किया जाता है तो तन्तु को सीधे या कुण्डलित या कुण्डलित कुण्डली आकार का बनाया जाता है। देखें चित्र 2.9



चित्र 2.9 : टंगस्टन तन्तु वाले ताप दीप्त लैम्प

Scanned by CamScanner

जब तंतु सीधे आकार का होता है तब यदि लैम्प को क्षैतिज अक्ष में प्रयोग किया जाए तो तंतु के तार में झोल हंने की प्रवृत्ति होती है। कुण्डली आकार में तंतु को बनाने के लिए तार को एक मैंडरिल पर कस कर लपेटा जाता है। कुण्डलित करने से लैम्प की दक्षता बढ़ जाती है और वह रोशनी (light) को केन्द्रित करता है। कुण्डलित कुण्डली बनाने की विधि इस प्रकार है कि पहले तो तार को एक मैंडरिल पर लपेटा जाता है; फिर इस कुण्डली को दूसरे मैंडरिल पर लपेटा जाता है।

कुण्डलित कुण्डली आकार के तंतु के निर्माण का प्रयोग तब होता है जब अति केन्द्रित प्रकाश स्रोतों की आवश्यकता हो जैसे प्रोजैक्टरों में। सारांश (to summarize) के लिए हम कह सकते हैं कि टंगस्टन को तंतु पदार्थ के रूप में इस कारण प्रयोग किया जाता है कि उसका गलनांक धातुओं में सर्वोच्च है। उसे अति पतले तारों के रूप में खींचा जा सकता है, अति पतले आकार में उसकी अति उच्च तनन सामर्थ्य होती है। वह उच्च तापमानों पर भंगुर नहीं होता है।

■ कार्बन (Carbon)

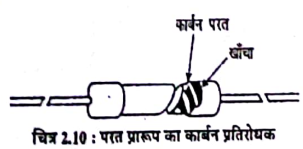
वैद्युत अभियंत्रण के क्षेत्र में प्रयोग होने वाले पदार्थ, ग्रेफाइट या कार्बन के अन्य रूप जैसे कोयले आदि से बनते हैं। वैद्युत कार्बन पदार्थ की उत्पादन क्रिया में निम्नलिखित पग होते हैं कार्बन के कच्चे माल को कूटन (grinding) से कूटकर चूर्ण के रूप मे प्राप्त पदार्थ का बंधन पदार्थ जैसे कोल तार के साथ मिलाना उपयुक्त आकार या वांछित रूप में ढालना और फिर उन्हें पकाना। कार्बन के इन ढाले जाने वाले आमिश्रों में चालकता बढ़ाने के लिए, ताँबे या कांसे के चूर्ण को योजक के रूप में मिलाया जाता है। धारा वाहक एकक के रूप में प्रयोग के लिये ये विभिन्न प्रकार के कार्बन उत्पादों में उपयोगी होती है। कार्बन में निम्नलिखित अभिलक्षण होते हैं—अति उच्च प्रतिरोधकता, ऋणात्मक प्रतिरोध ताप गुणांक, दाब संवेदित प्रतिरोध (अर्थात् दाब के बढ़ने के साथ कार्बन का सम्पर्क प्रतिरोध घटता है) तथा निम्न सतही घर्षण होता है।

कार्बन का प्रयोग ऐसे कार्यों में होता है, जैसे विद्युत मशीनों व उपकरणों में ब्रशों के रूप में, आर्क भट्ठी के electrode व कार्बन पाइल प्रतिरोध में बिना तार या तार रहित प्रतिरोध में, दूर संचार उपकरणों की झिल्लियों व अन्य पूर्जों (अंगो) में बैट्री के सैल एकक में आर्क लैम्प (के electrode) में, आर्क वेल्डन इत्यादि में। कार्बन का एक महत्त्वपूर्ण अनुप्रयोग वैद्युत मशीनों व उपकरणों में कार्बन के ब्रशों के रूप में होता है। कार्बन के ब्रशों में, दर्पण जैसी चिकनी सतह व पर्याप्त चालकता होनी चाहिए, उसे जल्दी नहीं घिसना चाहिए और न ही उसे संपर्क करने वाला बना घर्षण द्वारा यांत्रिक रूप से क्षतिग्रस्त करना चाहिए।

कार्बन का एक और महत्त्वपूर्ण अनुप्रयोग, कार्बन प्रतिरोधक के रूप में है। दो प्रकार के कार्बन प्रतिरोधक हैं—फिल्म (परत) प्रारूप में तथा ठोस रूप में। फिल्म प्रारूप के एक कार्बन प्रतिरोधक चित्र 2.10 में दिखाया गया है। इसमें सैरैमिक छड़ पर कार्बन को एक पतली परत (फिल्म) के रूप में जमा दी जाती है।

प्रतिरोध के वांछित मान के अनुसार कार्बन की परत की मोटाई निश्चित की जाती है। प्रतिरोध के यथार्थ मान को प्राप्त करने के लिए, कार्बन की परत (फिल्म) पर, सर्पिल रूप में खाँचा काटा जाता है। इस प्रकार कार्बन की फीते के रूप में सेरैमिक नल्की पर एक विद्युत पथ प्राप्त होता है।

ठोस प्रारूप कार्बन प्रतिरोधक कार्बन के साथ अन्य बंधक कारक पदार्थ मिश्रित करके एक विशिष्ट पदार्थ की ठोस छड़ के रूप में निर्मित होते हैं।



चित्र 2.10 : परत प्रारूप का कार्बन प्रतिरोधक

कार्बन पाइप पदार्थ प्रतिरोध का निर्माण दाब में रखी हुई अनेक कार्बन प्लेटों द्वारा होता है। प्लेटें अथवा चक्रियों पर दाब का मान घटा-बढ़ा कर प्रतिरोध के मान में अंतर किया जा सकता है।

■ प्लेटीनम (Platinum)

प्लेटीनम सुरमईश्वेत (greyish white) रंग की संक्षारित न होने वाली धातु है। आघातवर्ध्य (malleable) व तन्य धातु है जो अधिकतर रसायनों के लिए रोधक सिद्ध होती है।

प्लैटिनम एक भारी धातु है जिसका विशिष्ट भार (specific weight) 21.4 gm ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर होता है। उसका गलनांक 1775°C है। प्लेटीनम की प्रतिरोधकता 0.1×10^{-6} ओम मीटर व प्रतिरोध ताप गुणांक 0.00307/°C है।

प्लेटिनम को पतले तारों व पट्टिकाओं में खींचा जा सकता है। यह वायु में रह कर ऑक्सीकृत नहीं होता है और इसमें आर्क (ज्वाला) की प्रवृत्ति भी नहीं होती है।

प्रयोगशाला के तनूर (oven) तथा भट्ठी के ऊष्मक एकक के लिए प्लेटिनम का प्रयोग किया जाता है। 1600°C तक तापमान मापन के लिए प्लैटिनम रेडियम ऊष्मीय वैद्युत युग्म का प्रयोग किया जाता है। विद्युत सम्पर्क पदार्थ के रूप में तथा विशेष कार्यों के लिए निर्वात ट्यूबों के ग्रिड के लिए भी प्लेटिनम का प्रयोग किया जाता है।

सम्पर्क के पदार्थ के रूप में प्लेटिनम का एक महत्त्वपूर्ण अनुप्रयोग है। सम्पर्क के हटते समय [पृथक (separate) होते समय] इन पदार्थों को भारी आर्क (ज्वाला) तथा चिंगारी बनाने को सहन करना होता है। जब किसी पदार्थ को इन पदार्थों के लिए प्रयोग किय जाता है तो उसे बड़ी भीषण स्थिति का सामना करना होता है विशेषकर जब बार-बार सम्पर्क बनाने व तोड़ने का कार्य करना हो। इस दशा में ये समय बीतने के साथ (i) संक्षारण (ii) अपर्दन (erosion) से शीर्ष ख़राब हो जाते हैं।

संक्षारण के प्रभाव से सम्पर्क पर ऑक्साइड की एक परत जम जाती है जो उसकी चालकता को हटा देती है। इस प्रकार सम्पर्क दोष से बचाव की एक विधि है कि सम्पर्क की सतहों के बीच उच्च दाब सम्पर्क बना के रखा जाए ताकि सम्पर्क बनाने या तोड़ने की क्रिया के समय ऑक्साइड के परत के जमाव को हटाने का कार्य स्वतः ही हो सके। कार्यरत सम्पर्क की सतहों में गलने व क्षय के कारण, अपर्दन होता है। अपर्दन के कारण एक सम्पर्क की सतह पर उभार व दूसरे की सतह पर गड्ढा (cavity) हो सकता है।

प्लैटिनन में उच्च संक्षारण रोधकता उच्च गलनांक के कारण प्रायः उसे हल्के धारामान सम्पर्क के लिए (ऐम्पियर से अधिक न होने वाली धाराओं के लिए) प्रयोग किया जाता है। भारी धारा भार के उपयुक्त सम्पर्कों की सामान्य जानकारी के लिए पाठक सारणी 2.3 का अवलोकन करें।

सारणी 2.3 : धारा के संपको से प्रयोग होने वाले पदार्थ
(Materials used for heavily loaded contacts)

संपर्क पदार्थ (Contact Materials)	संपर्क की कार्यकारी परिस्थितियाँ; मुख्य अनुप्रयोग	विद्युत उपकरण का प्रारूप (Type of electrical apparatus)
(i) रजत, रजत पैलाडियम, रजत ताँबा, रजत कैडमियम (Silver, Sliver palladium, silver-copper, silver cadmium.)	500 तक वोल्टता संपर्क खोलते समय ज्वाला (आर्किंग) उच्च सम्पर्क दाब (Voltage upto 500 V, arcing during opening, high contact pressure)	मध्य धारा मान के परिपथ-विच्छेदक (Circuits breakers of medium current rating)
(ii) रजत, ताँबा कैडमियम (Silver, copper cadmium)	मुख्य संपर्क (Main contacts)	वायु प्रारूप परिपथ विच्छेदक (Air break circuit breakers.)

Scanned by CamScanner

(iii) रजत, ताँबा (Silver, copper)	मुख्य संपर्क (Main contacts)	तेल प्रारूप परिपथ विच्छेदक (Oil break circuit breakers.)
(iv) रजत, कैडमियम-तांबा, तांबा कैडमियम, ताँबा-रजत, ताँबा (Silver, silver-copper, silver-copper)	मध्यम व भारी प्रत्यावर्ती धारा तथा 500 वोल्टता तक, मुख्य संपर्क (Medium and heavy alternating currents & voltage up to 500 main contacts)	औद्योगिक नियंत्रण संपर्क व चुम्बकीय प्रवर्तक (Industrial control contactors and magnetic starters.)
(v) तांबा-कैडमियम (Copper-cadmium)	ज्वाला (आर्किंग वाले) सम्पर्क (Arcing contacts)	औद्योगिक नियंत्रण सम्पर्क व चुम्बकीय प्रवर्तक (Industrial control contactors & Magnetic starters)
(i) रजत (Silver)	निम्न वोल्टता, दिष्ट धारा (Low voltage, direct current)	दिष्ट धारा संपर्क (D.C. Contactors)

पारा (Mercury)

पारा चाँदी जैसी रजत श्वेत रंग की एक भारी धातु है। इसका विशिष्ट भार 13.55 g/cm^3 है। यही एक मात्र धातु कक्ष तापमान पर द्रवीय रूप में रहता है। इसका क्वथनांक 275°C है। इसकी प्रतिरोधकता तथा प्रतिरोध ताप गुणांक का मान क्रमशः 0.95×10^{-6} ओम मीटर तथा 0.00027 प्रति सैन्टीग्रेड है। पारा एक विषैला पदार्थ है।

विद्युत अभियंत्रण के क्षेत्र में पारे का प्रयोग पारा दिष्ट कारीव गैस भरे इलैक्ट्रॉन टयूबों में द्रवीय सम्पर्क पदार्थ के रूप में वैद्युत स्विचों आदि में होता है। इसका एक महत्त्वपूर्ण उदाहरण परिणामित्र की सुरक्षा में प्रयोग होने वाली बक्होल्ज रिले है जहाँ पारे को सम्पर्क बनाने व तोड़ने के लिए प्रयोग किया जाता है।

2.13. विद्युत बल्ब में प्रयोग किये जाने वाले पदार्थ (Materials used in Electric Lamps)

विद्युत बल्ब को बनाने के लिये निम्नलिखित पदार्थ प्रयुक्त किये जाते हैं—

(I) तन्तु या फिलामेन्ट (Filament)—वह तकनीकी युक्ति, जो वैद्युत ऊर्जा को प्रकाश ऊर्जा में परिवर्तित करती है, तन्तु या फिलामेन्ट कहलाती है। विद्युत बल्ब में फिलामेन्ट के निर्माण हेतु कार्बन, टेन्टालम तथा टंगस्टन धातुओं का प्रयोग किया जाता है। इनका गलनांक बिन्दु क्रमशः 3550°C, 2800°C तथा 3410°C होता है।

(II) ग्लास बल्ब—बल्ब के बाह्य आवरण को बनाने के लिये क्वार्ट्ज काँच का प्रयोग किया जाता है।

(III) बल्ब टोपी (Bulb Cap)—बल्ब की टोपी को बनाने के लिये ऐल्यूमिनियम तथा पीतल का प्रयोग किया जाता है। इस बल्ब टोपी में दो सम्पर्क होते हैं। इन सम्पर्कों को ताँबे के संयोजक तारों की सहायता से तन्तु या फिलामेन्ट के दोनों सिरों से संयोजित किया जाता है। बल्ब टोपी में यह सम्पर्क पीतल के बनाये जाते हैं।

(IV) बल्ब के आवरण में फिलामेन्ट की ऑक्सीकरण क्रिया को रोकने के लिये अक्रियाशील गैसों; जैसे—नाइट्रोजन तथा आर्गन का प्रयोग किया जाता है। लेकिन इन अक्रियाशील गैसों को बल्ब के आवरण के भीतर निर्वात् उत्पन्न करने के बाद भरा जाता है।

2.14. ब्रुश सम्पर्क पदार्थ (Brush Contact Materials)

ब्रुश सम्पर्क पदार्थ के रूप में कार्बन, कार्बन ग्रेफाइट, प्राकृतिक ग्रेफाइट, कृत्रिम अथवा इलेक्ट्रो ग्रेफाइट ब्रुश तथा कॉपर ग्रेफाइट का प्रयोग किया जाता है। छोटी वैद्युत मशीनों में कार्बन तथा ग्रेफाइट दोनों का प्रयोग किया जाता है। दीर्घ आकार की वैद्युत मशीनों के कम्प्यूटेटरों के साथ प्राकृतिक ग्रेफाइट ब्रुश एवं कृत्रिम ग्रेफाइट ब्रुश तथा मध्यम आकार की मशीनों के कम्प्यूटेटरों के साथ ग्रेफाइट ब्रुश का प्रयोग किया जाता है।

2.15. टाँका लगाने हेतु प्रयोग किये जाने वाले पदार्थ (Materials used for Soldering Purposes)

वे मिश्र धातुयें, जो दो या दो से अधिक विद्युत तारों के संयोजन हेतु ताप के कारण, स्वयं पिघलकर अर्थात् जोड़ने का कार्य करती हैं, टाँका या सोल्डर पदार्थ (solder material) कहलाती हैं तथा इस सम्पूर्ण प्रक्रिया को सोल्डरन या टाँकन (soldering) कहते हैं। इसमें सोल्डर पदार्थ का गलनांक जोड़े जाने वाली संयोजन तारों के गलनांक की तुलना में न्यून होता है। सोल्डर पदार्थ को अग्रलिखित दो भागों में बाँटा जाता है—

(I) मृदु टाँका (Soft Solder)

(II) कठोर टाँका (Hard Solder)

(I) मृदु टाँका (Soft Solder)—यह टिन तथा सीसा (लेड) की भूरे रंग की मिश्र धातु है जिसमें 50% टिन तथा 50% लेड होता है। इसका गलनांक बिन्दु 400°C से कम होता है। इसका उपयोग ताँबा, पीतल तथा ब्रॉन्ज धात्विक तारों या पत्तियों को जोड़ने में किया जाता है।

(II) कठोर टाँका (Hard Solder)—कठोर सोल्डर दो प्रकार के होते हैं—

(a) ब्रास सोल्डर या पीतल का टाँका

(b) सिल्वर सोल्डर या चाँदी का टाँका

पीतल का टाँका लगाने वाली मिश्र धातु में 50-75% तक ताँबा तथा 25-50% तक तस्ता होता है। इसका गलनांक बिन्दु 600°C से ऊपर होता है।

चाँदी का टाँका लगाने वाली मिश्र धातु में 20-33% तक ताँबा तथा 80-67% तक चाँदी होती है। चूँकि चाँदी एक कीमती धातु है। इसलिये सामान्यतया ब्रास सोल्डर का प्रयोग किया जाता है। ब्रास सोल्डर वही कठोरता उत्पन्न कर लेता है जो जोड़े जाने वाली धातुओं या मिश्र धातुओं की होती है।

इसका उपयोग ब्रास, कॉपर, जस्ता, लोहा, स्टील आदि धातु की वस्तुओं को जोड़ने में किया जाता है।

2.16. तापयुग्म तापमापी को बनाने में प्रयोग होने वाले पदार्थ (Materials used in Thermocouple)

तापमान मापन के लिये प्रयुक्त युक्ति को तापयुग्म तापमापी कहते हैं। यह सीबेक प्रभाव (seebeck effect) पर आधारित होता है। इस प्रभाव के अनुसार यदि दो असमान धातुओं के चालकों को जंक्शनों पर जोड़कर यदि जंक्शनों के बीच तापान्तर उत्पन्न किया जाता है, तो इनके बीच विद्युत वाहक बल (emf) उत्पन्न हो जाता है। उत्पन्न विद्युत वाहक बल का परिमाण जंक्शनों के बीच तापान्तर के समानुपाती होता है। इसके निर्माण में निम्नलिखित पदार्थ प्रयोग में लाये जाते हैं।

दो भिन्न धातुयें, जैसे—(i) लोहा, कान्स्टेन्टन, जिससे प्रति 100°C तापान्तर के लिये 5.5 mV, (ii) क्रोमल-कान्स्टेन्टन जिससे प्रति 100°C तापान्तर के लिये 7.5 mV, (iii) क्रोमल-एल्यूमेल-4 mV निकिल-निकिल आयरन-2 mV प्रयोग की जाती है।

Scanned by CamScanner

2.17. संगलक तथा संगलक पदार्थ (Fuses and Fuse Materials)

संगलक अर्थात् फ्यूज एक सुरक्षा युक्ति है जो विद्युत परिपथ की श्रेणी क्रम लगाया जाता है तथा असामान्य स्थिति अर्थात् निर्धारित धारा से अधिक धारा प्रवाहित होने पर स्वयं पिघलकर विद्युत परिपथ को विद्युत प्रदायी स्रोत (Electric Supply Source) से वियोजित कर देता है तथा विद्युत परिपथ से संयोजित विद्युत उपकरण उच्च धारा में प्रवाहित होने से जलकर नष्ट होने से बच जाते हैं।

संगलक तार (fuse wire) के रूप में प्रयोग लाये जाने वाले पदार्थ ताँबा (copper), ऐल्यूमिनियम (Aluminium), टिन-लैड की मिश्र धातु, चाँदी (Silver), कैडमियम (Cd), इन्दियम (Indium) इत्यादि हैं।

संगलक तार (fuse wire) में सफलतापूर्वक कार्य करने के लिये संगलक पदार्थ में उच्च चालकीयता (high conductivity) होनी चाहिये अर्थात् प्रतिरोधकता न्यूनतम होनी चाहिये। गलनांक बिन्दु न्यूनतम होना चाहिये। साथ ही संक्षारणरोधी तथा ऑक्सीकरण के प्रभाव से मुक्त होना चाहिये।

कुछ संगलक पदार्थों की प्रतिरोधकता तथा गलनांक निम्नांकित तालिका में दर्शाये गये हैं—

क्र० सं०	संगलक पदार्थ (Fuse Material)	प्रतिरोधकता (ρ) ओम × मीटर में	गलनांक °C में
I.	ताँबा (Copper)	1.7×10^{-8}	1084°C
II.	ऐल्यूमिनियम (Aluminium)	2.8×10^{-8}	659°C
III.	जिंक (Zinc)	6.1×10^{-8}	419°C
IV.	सीसा (Lead)	20.6×10^{-8}	327°C
V.	कैडमियम (Cadmium)	—	321°C
VI.	टिन (Tin)	11.5×10^{-8}	232°C

2.18. सम्पर्क प्रतिरोध (Contact Resistance)

जब किसी विद्युत परिपथ में दो या दो से अधिक तारों या पत्तियों (धात्विक) को जोड़ा जाता है तो यह कार्य सम्पर्क जोड़ों (contact pairs) के द्वारा किया जाता है। परन्तु सम्पर्क जोड़े का प्रतिरोध सम्पर्क धातु का प्रतिरोध तथा सम्पर्क सतहों के मध्य घर्षण सम्पर्क प्रतिरोध का योग होता है। चूँकि सम्पर्कों की सतह कभी भी पूर्णतः घिसी नहीं होती है फलस्वरूप दोनों सतह के मध्य सम्पर्क प्रतिरोध दोनों सम्पर्कों को बनाने हेतु प्रयोग में लायी गयी धातु के प्रतिरोध से अधिक होता है। चूँकि सभी विद्युत सम्पर्कों का कार्य विद्युत परिपथ में विद्युत धारा को प्रवाहित करना होता है लेकिन इन सम्पर्क जोड़ों का प्रतिरोध जोड़े जाने वाली धातु से ज्यादा होने के कारण सम्पर्क प्रतिरोध के आर-पार कुछ वोल्टेज पाट होता है जो कि अवांछनीय है। अतः जहाँ पर निम्न वोल्टेज परिपथ में सम्पर्क प्रतिरोध प्रयोग किये जाते हैं। उनका विशिष्ट प्रतिरोध कम-से-कम होना चाहिये।

सम्पर्कों के आपस में जुड़ने एवं टूटने (make & break) जैसा कि सर्किट ब्रेकर, आइसोलेटर इत्यादि में होता है, की क्रिया के समय सम्पर्कों के मध्य विद्युत चिंगारियाँ उत्पन्न होती है जिसके कारण सम्पर्क धातु बहुत अधिक गर्म हो जाती है तथा सम्पर्कों के निकट कुछ गैसें भी उत्पन्न होती हैं, जिससे कुछ रासायनिक यौगिक जैसे ऑक्साइड, सल्फाइड तथा सल्फेट आदि बनते हैं जो कि सम्पर्क धातु की सतह पर पतली परत के रूप में जम जाता है जिसके फलस्वरूप सम्पर्कों के मध्य सतह प्रतिरोध पहले की तुलना में अधिक हो जाता है।

उदाहरण 2.2—एक दिष्ट धारा मोटर के शन्ट क्षेत्र कुण्डली जो ताँबे के तार से कुण्डलित है, का प्रतिरोध 30°C पर 200 ओह्म है। 8 घण्टे पूर्ण भार पर कार्य करने के बाद कुण्डली का प्रतिरोध 220 ओह्म हो जाता है। कुण्डली के तापमान में हुई वृद्धि ज्ञात कीजिये।

हल—माना कि शन्ट क्षेत्र कुण्डली का सामान्य तापमान (t) है।

$\alpha_0 = 0.00427$ पूर्व तालिका से

$$R_i = R_0\,(1+\alpha_0 t)$$

$$200 = R_0\,(1+0.00427\times30) \quad \text{...(i)}$$

$$220 = R_0\,(1+0.00427\times t) \quad \text{...(ii)}$$

समीकरण (ii) को (i) से भाग देने पर

$$\frac{220}{200} = \frac{(1+0.00427\times t)}{(1+0.00427\times30)}$$

$$(1+0.00427\times t)\times200 = (1+0.00427\times30)\times220$$

$\therefore\ t = 56.4$ तापमान में वृद्धि $= 56.4-30 =$ **26.4°C** उत्तर

उदाहरण 2.3—एक प्लेटिनम कुण्डली का प्रतिरोध 40°C पर 3 Ω तथा 100°C पर 3.6 Ω है। (i) इस कुण्डली का 0°C पर प्रतिरोध ज्ञात कीजिये तथा (ii) 40°C पर प्रतिरोध ताप गुणांक भी ज्ञात कीजिये।

हल—(i) $R_i = R_0\,(1+\alpha_0 t)$ ...(सूत्र)

$\therefore$ $R_{100} = R_0\,(1+100\alpha_0)$

या $3.6 = R_0\,(1+100\alpha_0)$ ...(i)

एवं $R_{40} = R_0\,(1+40\alpha_0)$

या $3.0 = R_0\,(1+40\alpha_0)$ ...(ii)

समीकरण (i) को (ii) से भाग देने पर

$$\frac{3.6}{3.0} = \frac{(1+100\alpha_0)}{(1+40\alpha_0)}$$

$$3.6+3.6\times40\alpha_0 = 3.0+3.0\times100\alpha_0$$

$$3.6\times40\alpha_0 - 3.0\times100\alpha = 3.0-3.6$$

$$-156\alpha_0 = -0.6$$

$\therefore$ $$\alpha_0 = \frac{0.6}{156} = 0.003846$$

समीकरण (i) में α_0 का मान रखने पर

$$3.6 = R_0\,(1+100\times0.003846)$$

$\therefore$ $R_0 =$ **2.6 Ω** उत्तर

हल—(ii) 40°C पर प्रतिरोध ताप गुणांक α_{40} का मान

सूत्र $$\alpha_i = \frac{\alpha_0}{1+\alpha_0 t}$$

Scanned by CamScanner

$$\alpha_{40} = \frac{0.003846}{1+0.003846\times 40}$$

$$= \frac{1}{300.012} \text{ प्रति डिग्री सेन्टीग्रेट}$$ उत्तर

उदाहरण 2.4—40°C पर एल्यूमीनियम चालक का प्रतिरोध ज्ञात कीजिये जो कि 600 मीटर लम्बा 50 मिमी^{2} अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल का है। 20°C तापमान पर एल्यूमीनियम की प्रतिरोधकता 2.8×10^{-8} ओह्म-मीटर तथा प्रतिरोध ताप गुणांक $\alpha_0 = 0.004$ ओह्म प्रति °C है।

हल— $l = 600$ मी, $a = 50$ मिमी$^2 = 50\times 10^{-6}$ मी^{2}

$\rho_{20} = 2.8\times 10^{-8}$ ओह्म-मीटर, $\alpha_0 = 0.004$ ओह्म/°C

$$R_{20} = \rho_{20}\frac{l}{a} = \frac{2.8\times 600\times 10^{-8}}{50\times 10^{-6}} = 0.336\,\Omega$$

$$R_{40} = R_{20}\left[1+\frac{\alpha_0}{1+(\alpha_0\times 20)}(40-20)\right] \text{ जहाँ } \begin{cases} t_2 = 40°C \\ t_1 = 20°C \end{cases}$$

जहाँ पर $\frac{\alpha_0}{1+(\alpha_0\times 20)}$

$\therefore$
$$R_{40} = 0.336\left[1+\frac{0.004\times 20}{1+(0.004)\times 20}\right] = 0.3608\,\Omega$$ उत्तर

उदाहरण 2.5—एक दिष्ट धारा मशीन की क्षेत्र कुण्डली 225 वोल्ट सप्लाई लाईन से 1.125 एम्पियर धारा लेती है। इस समय कुण्डली का तापमान 20°C है। पूर्ण भार पर कुछ घण्टे चलने के पश्चात् धारा घटकर 1.0 एम्पियर हो जाती है। यदि 0°C पर कुण्डली तार की धातु का ताप गुणांक 0.0043 है तो कुण्डली के तापमान में वृद्धि ज्ञात कीजिये।

हल—$V = 225$ वोल्ट, $I_1 = 1.125$ एम्पि० तथा $I_2 = 1.0$ एम्पि०

$t_1 = 20°C$, $\alpha_0 = 0.0043$

$\because$ $$R = \frac{V}{I}$$

$\therefore$ $$R_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{225}{1.125} = 180\,\Omega$$

तथा $$R_2 = \frac{V_2}{I_2} = \frac{225}{1.0} = 225\,\Omega$$

$\because$ $$\frac{R_2}{R_1} = \frac{1+\alpha_0 t_2}{1+\alpha_0 t_1} = \frac{225}{180} = \frac{1+0.0043\times t_2}{1+0.0043\times t_1}$$

$$1.25 = \frac{1+0.0043\times t_2}{1+0.0043\times 20}$$

$$t_2 = 83.139°C$$

$\therefore$ तापमान में वृद्धि $= 83.14 - 20$

$= 63.14°C$ उत्तर

उदाहरण 2.6—20°C ताप पर एक मशीन की कुण्डली का प्रतिरोध 50 ओह्म पाया गया। कुछ घण्टे कार्यरत रहने के बाद मापने पर उसका प्रतिरोध 60 ओह्म हो गया। यदि °C पर कुण्डली के पदार्थ का प्रतिरोध ताप गुणांक 0.0042 प्रति 0°C हो तो कुण्डली के ताप में वृद्धि ज्ञात कीजिये।

हल— कुण्डली का प्रारम्भिक ताप $t_1 = 20°C$

प्रारम्भिक प्रतिरोध $R_1 = 50$ ओह्म

तथा प्रतिरोध $R_2 = 60$ ओह्म

0°C पर प्रतिरोध ताप गुणांक $\alpha_0 = 0.0042$ प्रति °C

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{1+\alpha_0 t_2}{1+\alpha_0 t_1}$$ ...सूत्र (मान रखने पर)

$$\frac{60}{50} = \frac{1+0.0042\times t_2}{1+0.0042\times 20} = 1.2 = \frac{1+0.0042t_2}{1+0.084}$$

$\therefore$ $$1.2(1+0.084) = 1+0.0042t_2$$

$$= \frac{(1.2+0.1008)-1}{0.0042t_2}$$

$\therefore$ $$t_2 = \frac{0.3008}{0.0042} = 71.61°C$$

ताप में वृद्धि $= 71.61 - 20$

$= 51.61°C$ उत्तर

तालिका-2.4

ताँबा, एल्यूमीनियम, स्टील की वैद्युत चालक के रूप में अनेक प्रयोगों के आधार पर तुलना

(Comparison of Copper, Aluminum and Steel for Various Application as Electrical Conductor) *(B.T.E. 1992, 2002)*

क्र० सं०	प्रयोग (Application)	ताँबा (Copper)	एल्यूमीनियम (Aluminum)	स्टील (Steel)
1.	शिरोपरि संचरण एवं वितरण लाइन चालक के रूप में।	बहुत कम प्रयोग होता है। (i) विद्युत वितरण केबिल लाइन चालक के रूप में प्रयोग नहीं होता है।	बहुत अधिक प्रयोग होता है।	चालक के रूप में प्रयोग नहीं होता किन्तु (A.C.S.R.) चालकों में केन्द्रीय क्रोड में एल्यूमीनियम बलदार चालकों की तनन सामर्थ्य बढ़ाने के लिए प्रयोग होता है।
2.	भूमिगत वितरण केबिल चालकों के रूप में।	(ii) टेलीफोन भूमिगत केबिलों में चालक के रूप में प्रयोग होता है।	बहुत अधिक प्रयोग होता है।	भूमिगत केबिलों में चालक रूप में प्रयोग नहीं होता है। किन्तु सुरक्षा कवच तथा भू-सम्पर्क चालक के रूप में प्रयोग होता है।

Scanned by CamScanner

3.	विद्युत शक्ति वायरिंग चालकों के रूप में।	प्रयोग होता है।	प्रयोग होता है।	प्रयोग नहीं होता।
4.	घरेलू वायरिंग चालकों के रूप में।	प्रयोग होता है।	प्रयोग नहीं होता।	प्रयोग नहीं होता।
5.	25 KVA से 1000 KVA क्षमता तक के ट्रांसफॉर्मर कुण्डलन के निर्माण में।	कम प्रयोग होता है।	अधिक प्रयोग होता है।	प्रयोग नहीं होता।
6.	1000 KVA से अधिक क्षमता के ट्रांसफॉर्मर कुण्डलन के रूप में।	अधिक प्रयोग होता है।	प्रयोग नहीं होता।	प्रयोग नहीं होता।
7.	प्र० धा० एक फेजी एवं त्रिफेजी मोटर के स्टेटर कुण्डलन बार के रूप में।	अधिक प्रयोग होता है।	प्रयोग नहीं होता।	प्रयोग नहीं होता।
8.	प्र० धा० एक फेजी एवं त्रिफेजी मोटरों के रोटर कुण्डलन बार के रूप में।	कम प्रयोग होता है।	अधिक प्रयोग होता है।	प्रयोग नहीं होता।
9.	दिष्टधारा मशीन में आर्मेचर एवं क्षेत्र कुण्डलन के रूप में।	अधिक प्रयोग होता है।	प्रयोग नहीं होता।	प्रयोग नहीं होता।
10.	सोडियम मरकरी वेपर लैम्प तथा फ्लोरिसेन्ट लाइट के लिए प्रेरण चोक कुण्डलन के रूप में।	प्रयोग होता है।	कम प्रयोग होता है।	प्रयोग नहीं होता।
11.	केबिल लंग्स के रूप में।	प्रयोग होता है।	प्रयोग होता है।	प्रयोग नहीं होता।
12.	विद्युत शक्ति जनित्र केन्द्र एवं विद्युत उप संस्थानों पर भू-इलैक्ट्रोड के रूप में।	अधिक प्रयोग होता है।	प्रयोग नहीं होता है।	प्रयोग नहीं होता है।
13.	छोटे कारखानों (संस्थानों) कार्यालयों, एवं घरों पर भू-इलैक्ट्रोड के रूप में।	कम प्रयोग होता है।	प्रयोग नहीं होता है।	अधिक प्रयोग होता है।
14.	विद्युत शक्ति जनित्र केन्द्रों एवं विद्युत उप संस्थान पर भू बिन्दु (Earth Point) से जनित्र एवं ट्रांसफॉर्मर तक भू-संयोजन चालक के रूप में।	प्रयोग होता है।	प्रयोग होता है।	प्रयोग नहीं होता है।

15.	छोटे कारखानों (संस्थानों), कार्यालयों एवं घरों पर भू-बिन्दु से ट्रांसफॉर्मर अथवा मुख्य वितरण पैनल तक भू-संयोजन चालक के रूप में।	प्रयोग होता है।	प्रयोग होता है।	प्रयोग होता है।
16.	प्र० धा० एवं दिष्ट धारा मोटर स्टार्टरों के निर्माण में चल अथवा सम्पूर्ण एवं संयोजन चालक के रूप में।	प्रयोग होता है।	प्रयोग नहीं होता है।	प्रयोग नहीं होता है।

तालिका-2.5

ब्रुशों के निर्माण हेतु प्रयोग में लाये जाने वाले पदार्थ, ब्रुशों के प्रकार एवं उनके गुण

(B.T.E. 1998, 2002)

क्र० सं०	ब्रुशों के प्रकार	वैद्युत प्रतिरोधकता ओह्म सेमी में × 10	कठोरता-विकरता (Hardness Vickres)	सम्पर्क वोल्टता-पात	उपयोग
1.	निम्न प्रतिरोधकता वाले सेके हुए (Baked) एवं कठोर कार्बन ब्रुश	4	30	निम्न	रिऑस्टेट वोल्टता विभाजन (Rheostate Variac)
2.	विद्युत-ग्रेफाइट ब्रुश (Electro graphite brush)	4	15	मध्यम	दिष्टधारा एवं प्र० धा० मशीनों में
3.	उच्च गति-ग्रेफाइट ब्रुश (High speed graphite brush)	6	15	तदैव	उच्च शक्ति विद्युत मशीनों में एवं उच्च गति वाली विद्युत मशीनों में।
4.	ताँबा, काँसा तथा कार्बन मिश्रित ब्रुश	0.003 – 05	10–20	निम्न	निम्न गति वाली प्र० धा० एवं दिष्ट धारा मशीनों में।
5.	रेजिन बॉन्डेड उच्च प्रतिरोधकता वाले कार्बन ब्रुश।	5 – 30	—	उच्च	एक हा० पा० से निम्न शक्ति की दिष्ट धारा मशीनों में।

Scanned by CamScanner

■ **सम्पर्क बल (Contact Force)**

किसी विशिष्ट सम्पर्कों के मध्य प्रतिरोध दोनों सम्पर्क धातुओं (प्वाइन्टों) पर उनको आपस में मिलाने हेतु प्रयुक्त सम्पर्क बल (Contact force) पर निर्भर करता है। यह बल अधिक से अधिक होना चाहिए, दोनों सम्पर्क यदि ढीली स्थिति में आपस में मिलेंगे तब उनकी सतहों के मध्य प्रतिरोध अधिक होगा। यदि दोनों सतहें अधिक सम्पर्क बल प्रयुक्त करने के कारण दृढ़ स्थिति में आपस में मिलेंगे तब इनकी सतहों के मध्य सम्पर्क प्रतिरोध कम होगा। सम्पर्क बल, सम्पर्कों के मध्य कितना लगाया जाना चाहिए, यह सम्पर्कों की धारा क्षमता तथा स्विच गेयर के निर्धारित मूल्य पर निर्भर करता है। अत: स्विच गेयर की डिजाइन करने के पूर्व निम्न घटकों (factors) को ध्यान में रखना अनिवार्य है—

(i) सम्पर्कों की धारा क्षमता (current carrying capacity of contacts)

(ii) सम्पर्क धातु का विशिष्ट प्रतिरोध (specific resistance of metal use for contact)

(iii) उस स्विच गेयर का निर्धारित मूल्य जिसमें सम्पर्क प्रयोग किए जाते हैं।

उपरोक्त तीन मुख्य घटकों (factors) के अतिरिक्त निम्न अन्य घटकों को भी डिजाइन के समय ध्यान में रखना आवश्यक है।

(i) प्रचालन आवृत्ति (Operating frequency)

(ii) सम्पर्कों की प्रचालन गति (Speed of contact operation)

(iii) विद्युत भार का प्रकार (Type of load to be connected)

(iv) सम्पर्कों के प्रचालनके समय प्रयोग में लाए जाने वाला माध्यम जैसे—वायु, कार्बन डाईऑक्साइड, नाइट्रोजन तथा विद्युतरोधी तेल आदि।

■ **सम्पर्क धातु का वर्गीकरण (Classification of contact materials)**

सम्पर्क धातु का वर्गीकरण सम्पर्कों के परिपथ पॉवर स्तर (level) पर निर्भर करता है, सम्पर्क धातुओं को निम्न प्रकार वर्गीकृत किया जाता है—

1. हल्के तथा मध्यम भारित (Lightly and moderately loaded)—जब सम्पर्क सतहों के मध्य 1 एम्पियर से अधिक तथा आर्क उत्पन्न करने का कारण, वोल्टेज 10V से 20V तक हों।

2. अधिक भारित (Heavily loaded)—जब सम्पर्क सतहों के मध्य अधिक एम्पियर की धारा; आर्क उत्पन्न करने का कारण, वोल्टेज हल्के तथा मध्यम भार वोल्टेज से अधिक हो।

हल्के विद्युत भार सम्पर्कों हेतु प्रयोग में लाई जाने वाली धातुएँ
(Material for lightly loaded contacts)

हल्के भार हेतु प्रयुक्त सम्पर्कों के निर्माण हेतु प्रयोग में लाई जाने वाली धातुएँ निम्न हैं।

■ **प्लेटिनम (Platinum)**

गुण (Properties)

(i) खुली हवा में प्रयोग करने पर इस धातु की सतह पर ऑक्साइड नहीं बनता है।

(ii) अति उच्च विश्वसनीयता प्राप्त करने हेतु इसके साथ-इरीडियम (irridium) धातु मिला कर इसकी मिश्र धातु (alloy) बनाई जाती है।

(iii) आर्क उत्पन्न होने पर इससे निर्मित सम्पर्कों पर ऑक्साइड परत नहीं बनती है।

(iv) इस धातु के द्वारा निर्मित सम्पर्कों पर जंग की परत नहीं बनती है।

(v) इस धातु का गलन बिन्दु उच्च होने के कारण अतिभार दशा में इस धातु से निर्मित सम्पर्क नहीं पिघलते तथा सम्पर्क स्वच्छ बने रहते हैं।

■ **पैलैडियम (Paladium)**

गुण (Properties)

(i) इसकी विश्वसनीयता उच्च होती है।

(ii) यह प्लेटिनम से सस्ती धातु है।

(iii) प्लेटिनम की अपेक्षा यह ऑक्सीडेशन एवं कैथोडिक इरोजन (Cothodic erosion) के प्रति कम प्रतिरोधी है।

2.15. धातुओं की जंग (Corrosion of Metals)

परिचय—वस्तुत: सोना तथा प्लेटिनम के अतिरिक्त अन्य सभी धातुएँ प्रकृति में ऑक्साइडों, कार्बोनेटों, सल्फाइडों तथा सिलिकेटों के रूप में पाई जाती है, कच्ची धातुओं (metal ores) को धातु में परिवर्तित करने की प्रक्रिया (extraction process) के द्वारा कच्ची धातु के आयतन को अनेक प्रक्रियाओं के द्वारा कम करके धातु में परिवर्तित किया जाता है। कच्ची धातुओं को शुद्ध धातुओं के परिवर्तित करने में अत्यधिक ऊर्जा व्यय करनी पड़ती है, जिसके परिणामस्वरूप शुद्ध धातुओं का ऊर्जा स्तर कच्ची धातुओं (Ores) के ऊर्जा स्तर की अपेक्षा उच्च माना गया है। जबकि उच्च ऊर्जा स्तर दशा स्थिर नहीं होती है इसलिए शुद्ध धातुओं की प्रवृत्ति पुन: पूर्व स्थिति में वापस लौटने की होती है अर्थात् धातुओं को यदि खुले वातावरण में लम्बी अवधि के लिए खुला छोड़ दिया जाए तब इन पर शनै:-शनै: जंग की परत बनना प्रारम्भ हो जाती है तथा यह परत समय बीतने के साथ मोटी होती जाती है तथा अन्त में धातु स्वत: ही पुन: कच्ची धातु (Ore) में परिवर्तित हो जाती है। धातुओं का इस प्रकार विनाश (destruction) धातुओं पर वातावरण के द्वारा रासायनिक अथवा विद्युत-रासायनिक हमले (chemical or electrochemical attack) के कारण होता है। साइंस जगत का यह मानना है कि धातुओं पर जंग की परत बनने की प्रक्रिया, कच्ची धातु (Ore) से धातु निर्माण करने की प्रक्रिया (process) की विपरीत प्रक्रिया (reverse process) है। इसके दो मुख्य उदाहरण-लोहा तथा कॉपर धातुएँ हैं, लोहे को यदि खुले वातावरण में छोड़ दिया जाए तब नमी, ऑक्सीजन तथा रासायनिक प्रभाव के कारण लोहे पर लाल रंग की जंग की परत बनना प्ररम्भ हो जाती है। इसी प्रकार कॉपर के ऊपर हरे रंग की जंग की परत बनना प्रारम्भ हो जाती है जोकि धातुओं के ऑक्साइड है अत: जंग लगने के पश्चात् धातुओं की सतह से धातु के ऑक्साइड का चूर्ण (powder) के रूप में उतरने लगता है।

■ **विद्युत-चालक विभव (Electrode Potential)**

जंग लगने के क्षेत्र में यह एक महत्वपूर्ण घटक है जोकि धातु पर जंग बनने की क्रिया की दर को प्रदर्शित करता है। विद्युत-चालक विभव को विद्युत-चालक पर वोल्टेज विकसित होना दर्शाता है, विद्युत-चालक पर यह वोल्टेज धातु के अणुओं के आयनों तथा इलेक्ट्रोनों के विभाजित होने के कारण उत्पन्न होते है। आयनों तथा इलेक्ट्रॉनों का यह विभाजन निम्न दो घटकों (factors) पर निर्भर करता है।

(i) धातु की प्रकृति (Nature of metal)

(ii) रासायनिक घोल की साँद्रता की प्रकृति (Nature of concentration of solution)

तालिका 2.6 में कुछ महत्त्वपूर्ण धातुओं का 25°C पर विद्युत चालक विभव के मान को दर्शाया गया है।

Scanned by CamScanner

तालिका 2.6

S. No.	Metal Iron	Symbol	Electrode Potential in volts
1.	Sodium	Na	– 2.71 (Anodic)
2.	Magnesium	Mg	– 2.40
3.	Aluminium	Al	– 1.66
4.	Zinc	Zn	– 0.76
5.	Chromium	Cr	– 0.74
6.	Iron (Ferrous)	Fe	– 0.44
7.	Nickel	Ni	– 0.25
8.	Tin	Sn	– 0.14
9.	Lead	Pb	– 0.13
10.	Iron (Ferric)	Fe	– 0.045
11.	Hydrogen	H	+ 0.00 (Reference)
12.	Copper (Cuprous)	Cu	0.34
13.	Copper (Cupric)	Cu	0.47
14.	Silver	Ag	0.80
15.	Platinum	Pt	1.20
16.	Gold	Au	+ 1.50 (Cathodic)

जिन धातुओं का ऋणात्मक विद्युत चालक विभव अधिक होता है वे धातुएँ जंग बनने के लिए अधिक क्रियाशील होती है, इसलिए जिंक धातु कॉपर धातु की अपेक्षा जंग लगने की क्रिया में अधिक भाग लेने वाली धातु है।

तालिका 2.7

S. No.	Corroded or Anodic end		
1.	Magnesium		
2.	Magnesium alloys		
3.	Zinc		
4.	Aluminum		
5.	Aluminium alloys		
6.	Low-carbon steel		
7.	Cast iron		

8.	Stainless steel (active)		Cathode
9.	Lead-tin alloys		
10.	Lead	Anode	
11.	Tin		
12.	Brass		
13.	Copper		
14.	Bronze		
15.	Copper-nickel alloys		
16.	Silver		
17.	Stainless steel (passive)		
18.	Monel		
19.	Graphite		
20.	Titanium		
21.	Gold		
22.	Platinium		
	Protected or Cathodic end		

गैलवानिक सीरीज (Galvanic Series)

तालिका 2.7 धातु की रासायनिक सक्रियता के विषय में महत्त्वपूर्ण सूचना उपलब्ध कराती है, परन्तु वास्तविक अभ्यास में यह जंग के व्यवहार के विषय में पूर्व सूचना उपलब्ध नहीं कराती है इसलिए विभिन्न धातुओं तथा एलॉय का विद्युत चालक विभव को सामान्य उपयोग हेतु मापने के लिए इन धातुओं को समुद्र के पानी मे डुबा कर मापा गया। इस प्रकार प्राप्त सक्रियता मानों को घटते हुए क्रम में व्यवस्थित किया गया जैसा कि तालिका 2.7 मे दर्शाया गया है। इस क्रम में व्यवस्थित धातुएँ अथवा मिश्र-धातुएं गैलवानिक सीरीज स्थापित करती हैं। गैलवानिक सीरीज सामान्य धातुएँ एवं मिश्र धातुएँ (Alloys) की जंग को सहने के लिए आपेक्षिक प्रवृत्ति को दर्शाती हैं।

जंग का वर्गीकरण (Classification of corrosion)—जंग को विस्तृत रूप से दो वर्गों में विभाजित किया गया है—

(a) सीधा रासायनिक जंग (Dry corrosion)

(b) विद्युत-रासायनिक जंग (Wet corrosion)

अभ्यास-प्रश्न

1. निम्नलिखित के कारण बताइये—

(i) उच्च वोल्टता संचरण लाइनों के तार ऐल्यूमिनियम के बनाए जाते हैं। *(U.P. 2005)*

(ii) तापक तन्तु (Heating elements), कॉंस्टेन्टन के बनाए जाते हैं। *(U.P. 2005)*

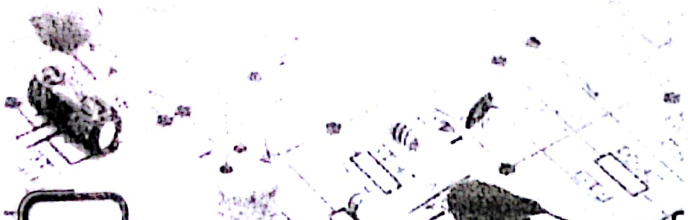
(iii) बल्ब में प्लेटिनम तार प्रयोग करते हैं। *(U.P. 2006)*

Scanned by CamScanner

2. झलाई पदार्थ (Solder) से क्या अभिप्राय है ? दोनों प्रकार के सोल्डर्स की विवेचना कीजिए। *(U.P. 2000)*
3. धातुओं की प्रतिरोधकता पर तापमान के प्रभाव का वर्णन कीजिए। प्रतिरोध-ताप गुणांक की परिभाषा लिखिये।
4. निक्रोम एवं मैंगनिन का संघटन तथा अनुप्रयोग कीजिए।
5. न्यून प्रतिरोधकता वाले ताम्र एलॉय पदार्थों के महत्वपूर्ण गुण लिखिये तथा उसकी दो प्रायोगिक उपयोगिताएँ दीजिए।
6. धातुओं की प्रतिरोधकता पर तापमान के प्रभाव का वर्णन कीजिए। प्रतिरोध के ताप-गुणांक की परिभाषा दीजिए।
7. ताम्र मिश्रणों वाले न्यून प्रतिरोधकता वाले पदार्थों के नाम लिखिये तथा उनके व्यावहारिक उपयोग दीजिए। *(U.P. 1993)*
8. कॉपर एवं ऐल्यूमिनियम के विगुणों की तुलना कीजिए और वैद्युत् अभियन्त्र पदार्थ के रूप में उनके उपयोग दीजिए। *(U.P. 1994)*
9. निम्नलिखित के रूप में कम से कम दो-दो विद्युत् उपयोग लिखिये— *(U.P.1994)*
   (i) ब्रॉन्ज, (ii) ब्रास, (iii) निक्रोम, (iv) कार्बन, (v) प्लेटिनम।
10. लौह तथा अलौह धातुओं में अन्तर समझाइये। प्रत्येक धातु समुदाय के दो धातुओं के नाम लिखिये। *(U.P.1994)*
11. तीन तारें (wires), जिनमें एक कॉपर, एक ऐल्यूमीनियम, एक स्टील का है, समान लम्बाई तथा प्रतिरोध के हैं। यदि इन तीनों तारों में समान धारा प्रवाहित हो, तो किसका तापक्रम उच्चतम होगा तथा किसका न्यूनतम और क्यों ? *(U.P. 1995)*
12. पीतल (Brass) के संयोजन गुण तथा उपयोग लिखिये। *(U.P.1995)*
13. निम्नलिखित के उपयोग तथा सबसे महत्वपूर्ण विशेषताएँ लिखिये— *(U.P. 1996)*
    (i) मरकरी, (ii) टंगस्टन, (iii) कैडमियम-ब्रॉन्ज
14. चालक पदार्थ की तरह उपयोग के लिये कॉपर की अपेक्षा, ऐल्यूमीनियम के क्या लाभ व हानियाँ हैं ? *(U.P. 1997)*
15. पदार्थ के उन गुणों की विवेचना कीजिए, जो उसमें विद्युत्-तापक के तार के रूप में उपयोग के लिये होने चाहिएँ। *(U.P. 1997)*
    निक्रोम की संरचना, गुणों तथा अनुप्रयोगों को बतलाइए।
16. निम्नलिखित पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए—
    (क) ALNICO के गुणधर्म तथा उपयोग *(U.P. 1999)*
    (ख) काँसे के गुणधर्म व उपयोग।
17. ताँबा तथा टंगस्टन के वैद्युत गुणों की तुलना कीजिए। प्रत्येक के पाँच व्यावहारिक उपयोग लिखिए। *(U.P. 2000)*
18. कौन-सा पदार्थ संचरण लाइनों के लिए प्रयोग होने वाले शिरोपरि चालक के रूप में सामान्यतः प्रयोग होता है ? इसके गुणधर्मों को लिखिए। *(U.P. 2001)*
19. ब्रास (Brass) एवं ब्रान्ज (Bronze) के गुणधर्मों व अनुप्रयोगों को लिखिए। इनकी संरचना भी दीजिए। *(U.P. 2001)*
20. उच्च प्रतिरोध वाले पदार्थों का क्या उपयोग है ? कारण बताइए कि कार्बन का उपयोग (Use) ब्रश (Brush) बनाने में क्यों होता है? *(U.P. 2001)*
21. निम्नलिखित में सामान्यतया प्रयुक्त पदार्थों के कारण सहित नाम दीजिए— *(U.P.2004)*
    (i) इलेक्ट्रानिक स्विचों के सम्पर्क (Contacts) *(U.P.1998, 2002, 04)*
    (ii) धारा-नियन्त्रक की प्रतिरोध तार *(U.P. 2004)*
    (iii) वैद्युत इस्तरी का तन्तु (Filament) *(U.P. 2004)*
    (iv) धारामापी का पार्श्व (Shunt) *(U.P.2004)*
    (v) वोल्टमापी का गुणांक (Multiplier) *(U.P. 1986, 95, 98, 2002, 04)*
    (vi) डी०सी० मशीन के ब्रश (Brush) *(U.P. 1959, 63, 66, 91, 98, 99, 2K)*
    (vii) गलक अर्थात् फ्यूज

    (viii) लैम्प फिलामेन्ट *(U.P. 1986, 95, 97, 98, 2K, 06)*
    (ix) इलेक्ट्रिक रजिस्टैन्स *(U.P. 2003)*
    (x) विद्युत-तापक के अवयव (Element) *(U.P. 1997, 99, 2005)*
    (xi) विद्युत-भट्टियों के तापन अवयव (Elements) *(U.P. 1988, 2001)*
    (xii) सोल्डरिंग या सोल्डरन *(U.P. 1988, 2K, 02)*
    (xiii) ताप-युग्म अर्थात् थर्मोकपल *(U.P. 1998, 2K)*
    (xiv) विद्युत-शक्तिमापी की चक्रिका (Disc) *(U.P. 1999, 2001)*
    (xv) वैद्युत संचरण लाइन के चालक *(U.P. 2001, 02, 05)*
    (xvi) डी०सी० मशीन का दिक्परिवर्तक *(U.P. 2005)*
    (xvii) प्लग-टर्मिनल्स *(U.P.2006)*
22. ताँबा के चालक पदार्थ हेतु उपयोग, सम्बन्धित गुणों तथा अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिए। *(U.P.2005)*
23. विद्युत-तापक के अवयव बनाने हेतु प्रयोग होने वाले पदार्थ का नाम बताइए और उसके गुण भी बताइए। *(U.P. 2005)*
24. पीतल के गुणों तथा अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिए। *(U.P. 2005)*
25. कम प्रतिरोधकता वाले पदार्थों के गुणों का संक्षेप में वर्णन कीजिए। *(U.P. 2005)*
26. एक चालक पदार्थ की तरह ऐल्यूमिनियम के गुणों तथा उपयोगों का वर्णन कीजिए। *(U.P. 2006)*
27. तन्तु-लैम्प के अवयव को बनाने के लिए प्रयोग होने वाले पदार्थ का नाम बताइए और उसके गुण भी बताइए। *(U.P. 2006)*
28. निम्न की परिभाषायें लिखिये— *(U.P. 2015)*
    (i) प्रतिरोध का तापमान गुणक
    (ii) तनन सामर्थ्य
    (iii) टॉकन शीलता
    (iv) मौसम सहनशीलता
29. उच्च प्रतिरोधकता के पदार्थों के गुण समझाइये। *(U.P. 2015)*
30. चालक पदार्थों के रूप में ताँबा व एल्यूमीनियम की तुलना कीजिये। *(U.P. 2015)*
31. निम्न की परिभाषायें लिखिए— *(U.P. 2016)*
    (i) आयतन प्रतिरोध, (ii) सतह प्रतिरोध, (iii) रसायनिक प्रतिरोध (iv) तापीय प्रतिरोध।
32. तीन निम्न प्रतिरोधकता की मिश्र धातुओं के नाम दीजिये। इनके संघटन व अनुप्रयोगों को बताइये। *(U.P. 2016)*
33. फ्यूज तत्त्वों के निर्माण में प्रयुक्त पदार्थों के नाम लिखिए। इन पदार्थों की प्रकृति बताइये तथा फ्यूजों में उनके प्रयोग का औचित्य बताइये। *(U.P. 2016)*

Scanned by CamScanner



3 अर्द्धचालक पदार्थ (Semiconductor Materials)

3.1. परिचय (Introduction)

इसके पहले हम चालक (conductor) तथा कुचालक (Insulator) के विषय में पढ़ चुके है। परंतु कुछ पदार्थ ऐसे होते है जिनकी चालकता (conductivity) चालको से कम परंतु कुचालकों से अच्छी होती है। इस प्रकार के पदार्थ ही अर्द्धचालक (semiconductor) कहलाते है। उदाहरण—सिलिकॉन एवं जर्मेनियम (Germanium) ठोस पदार्थों की विद्युत चालकता के आधार पर इन पदार्थों को निम्नलिखित तीन श्रेणियो मे वर्गीकृत किया जाता है—

(1) चालक (Conductor)—सभी धातुये विद्युतधारा की सुचालक होती है। धातुओं में मुक्त इलैक्ट्रॉनों की संख्या बहुत अधिक लगभग 10^{28} प्रति मीटर^3 होती है। इसलिये बहुत कम विद्युत क्षेत्र लगाने पर मुक्त इलैक्ट्रॉन प्रवाहित होने लगते है और इन्हीं मुक्त इलैक्ट्रॉनो के प्रवाह के कारण विद्युतधारा का प्रवाह होने लगता है तथा इनकी विद्युतीय प्रतिरोधकता बहुत कम होती है। अच्छे चालकों के उदाहरण सोना, चाँदी, ताँबा इत्यादि है।

(2) कुचालक (Insulator)—यह पदार्थ जिनमे मुक्त इलैक्ट्रॉन नहीं होते है अर्थात् जिनमे संयोजी बैण्ड होते है। इलैक्ट्रॉन अपने नाभिक के साथ बहुत मजबूती से बँधे होते है एवं विद्युतीय क्षेत्र लगाने पर विद्युत का प्रवाह सम्भव नही होता है। विद्युतरोधी पदार्थ या कुचालक कहलाते है; जैसे—रबड़, पोर्सलीन, लकड़ी, अभ्रक, कॉच इत्यादि। इन पदार्थों की विद्युतीय प्रतिरोधकता अत्यधिक होती है।

(3) अर्द्धचालक (Semiconductor)—यह पदार्थ जिनकी चालकता चालको से कम एवं विद्युतरोधी पदार्थों से अधिक होती है, अर्द्धचालक कहलाते है। साथ ही इनकी विद्युत प्रतिरोधकता भी चालकों एवं कुचालकों के मध्य होती है, अर्थात् यह पदार्थ न ही पूर्ण चालक होते है और न ही कुचालक होते है।

इन पदार्थों मे मुक्त इलैक्ट्रॉनों की संख्या कमरे के तापमान पर लगभग एकांक आयतन में 10^{18} होती है एवं इनकी विद्युतीय प्रतिरोधकता 10^{-2} से 1 ओम मीटर के क्रम मे होती है।

विशेषतायें—जैसा कि आप जानते है कि चालको का तापमान बढ़ाने पर उनकी चालकता कम होती है और प्रतिरोध बढ़ता जाता है, जबकि अर्द्धचालक का तापमान बढ़ाने पर उसकी चालकता बढ़ती है और प्रतिरोध बहुत तेजी से घटता है। 1°C तापमान बढ़ाने पर प्रतिरोध लगभग 5% कम हो जाता है।

अतः अर्द्धचालको का प्रतिरोध ताप गुणांक (Resistance Temp. Coefficient) ऋणात्मक होता है एवं किसी शुद्ध अर्द्धचालक मे यदि बहुत थोड़ी-सी (10^8 में 1) अशुद्धि मिला दी जाती है, तो अर्द्धचालक की चालकता अत्यधिक बढ़ जाती है।

(परमशून्य तापमान या – 273° C) शून्य केल्विन पर अर्द्धचालक पूर्ण रूप से विद्युतरोधी होते है अर्थात् शून्य केल्विन पर उनमे स्वतन्त्र इलैक्टॉन नहीं होते है।

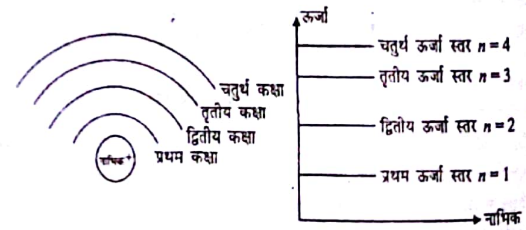
कुछ चालक, अर्द्धचालक एवं कुचालकों को चालकता एवं प्रतिरोधकता सामान्य वातावरण के तापमान पर निम्नलिखित तालिका में दर्शायी गई है—

तालिका 3.1

पदार्थ	चालकता (mho/m)	प्रतिरोधकता (Ω m)	वर्गीकरण
सिल्वर (Ag)	6.25×10^7	1.6×10^{-8}	चालक
कॉपर (Cu)	5.88×10^7	1.7×10^{-8}	
ऐल्यूमिनियम (Al)	3.85×10^7	2.6×10^{-8}	
शुद्ध जर्मेनियम (Ge)	1.54	6.5×10^{-1}	अर्द्धचालक
शुद्ध सिलिकॉन (Si)	5.0×10^{-4}	2.0×10^3	
चीनी मिट्टी (Porcelain)	3.33×10^{-10}	3×10^9	कुचालक
कॉच (Glass)	5.88×10^{-12}.	1×10^{11}	
कठोर रबड़ (Hard Rubber)	1.0×10^{-16}	1.0×10^{16}	

3.2. इलैक्ट्रॉन ऊर्जा एवं ऊर्जा बैंड सिद्धान्त (Electron Energy and Energy band theory)

परमाणु में कक्षीय गति करते हुये इलैक्ट्रॉन के पास गतिज ऊर्जा (KE) तथा स्थितिज ऊर्जा (PE) दोनों होती हैं। गतिज ऊर्जा का स्रोत इलैक्ट्रॉन की गति तथा स्थितिज ऊर्जा का स्रोत इलैक्ट्रॉन पर नाभिक के द्वारा लगने वाला आकर्षण बल होता है। अतः इलैक्ट्रॉन की कुल ऊर्जा $E = KE + PE$। नाभिक के निकटतम कक्षा में घूमने वाले इलैक्ट्रॉन की ऊर्जा न्यूनतम एवं सबसे बाह्य कक्षा मे घूमने वाले इलैक्ट्रॉन की ऊर्जा अधिकतम होती है। सबसे बाहरी कक्षा को संयोजी कक्षा (Valence Orbit) कहते है एवं संयोजी कक्षा में घूमने वाले इलैक्ट्रॉन को संयोजी इलैक्ट्रॉन कहते हैं।



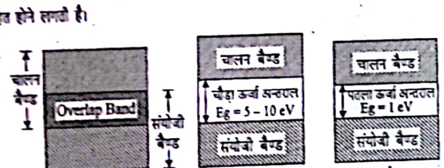
चित्र 3.1. परमाणु में ऊर्जा स्तर (Energy levels in atom)

Scanned by CamScanner

और जैसे-जैसे कक्षा की संख्या (n) का मान बढ़ता जाता है वैसे-वैसे इलैक्ट्रॉन की ऊर्जा भी बढ़ती जाती है। इसका कारण यह है कि कक्षा की संख्या बढ़ने पर इलैक्ट्रॉन व नाभिक के बीच की दूरी बढ़ती जाती है जिससे नाभिक द्वारा लगने वाला आकर्षण बल का मान घटता जाता है। यही कारण है कि विद्युत चालन के लिये आवश्यक मुक्त इलैक्ट्रॉन सदैव बाहरी कक्षा (नाभिक से सबसे अधिक दूरी पर स्थित कक्षा) से प्राप्त होते हैं। इसलिये बाहरी कक्षा (outer most orbit) का इलैक्ट्रॉन अपनी कक्षा छोड़कर विद्युत चालन में मुक्त इलैक्ट्रॉन के रूप में भाग लेता है। उपरोक्त तथ्यों से स्पष्ट होता है कि परमाणु की प्रत्येक कक्षा में स्थित इलैक्ट्रॉन की ऊर्जा भिन्न-भिन्न होती है।

3.3. ऊर्जा बैण्ड के आधार पर चालक, कुचालक तथा अर्धचालक में वर्गीकरण (Classification of Conductor, Insulator and Semiconductor on the Basis of Energy Band)

(1) चालक (Conductor)—सभी धातुयें विद्युत धारा की सुचालक होती हैं। चालकों में चालन बैण्ड व संयोजी बैण्ड एक-दूसरे पर आंशिक रूप से आच्छादित (overlap) होते हैं। जैसा कि चित्र 3.2 (a) में दिखाया गया है कि धातुओं में मुक्त इलैक्ट्रॉनों की संख्या अत्यधिक (लगभग 16^{28} m^{-3}) होती है, इसलिये बहुत कम विद्युत क्षेत्र लगाने पर भी तुरंत विद्युतधारा प्रवाहित होने लगती है।



(a) चालक (b) कुचालक (c) अर्द्धचालक

चित्र 3.2

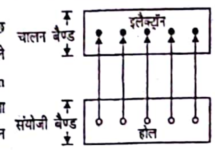
(2) कुचालक (Insulators)—जैसा कि चित्र 3.2 (b) में दिखाया गया है कि कुचालक, जिनमें संयोजी बैण्ड के इलैक्ट्रॉन अपने नाभिक के साथ मजबूती से बंधे होते हैं तथा चालन बैण्ड में कोई इलैक्ट्रॉन नहीं होता है तथा चालन बैण्ड और संयोजी बैण्ड में चौड़ा ऊर्जा अन्तराल होता है जिससे Eg का मान (5 eV से 10 eV) के मध्य होता है। अतः कुचालकों में विद्युत चालन के लिये मुक्त इलैक्ट्रॉनों का अभाव होता है इसलिये विद्युत चालकता नगण्य होती है।

(3) अर्द्धचालक (Semiconductor)—चित्र 3.2 (c) के अनुसार अर्द्धचालकों में चालन बैण्ड व संयोजी बैण्ड के मध्य वर्जित ऊर्जा अन्तराल कुचालकों की तुलना में बहुत कम होता है। सिलिकॉन के लिये वर्जित ऊर्जा अन्तराल का मान 1.12 eV तथा जर्मेनियम के लिये Eg का मान 0.72 eV होता है। अतः अर्द्धचालकों में वर्जित ऊर्जा अन्तराल पतला (narrow) होता है। सामान्य वातावरण के तापमान पर अर्द्धचालकों की चालकता बहुत कम अर्थात् कुचालक होते हैं लेकिन तापमान बढ़ाने पर संयोजी बैण्ड के इलैक्ट्रॉन पतले ऊर्जा अन्तराल को पार कर चालन बैण्ड में कूद जाते हैं जिससे चालन बैण्ड में मुक्त इलैक्ट्रॉनों की संख्या बढ़ जाती है जिसके कारण इनकी विद्युत चालकता भी बढ़ जाती है।

3.4. अर्द्धचालक में इलैक्ट्रॉन व होल (विवर) (Electrons and holes in Semiconductors)

अर्द्धचालक के ऊर्जा बैण्ड चित्र 3.3 के अनुसार चालन बैण्ड पूर्णतया रिक्त एवं संयोजी बैण्ड पूर्णतया भरा हुआ तथा दोनों के मध्य पतला ऊर्जा अन्तराल होता है।

जब अर्द्धचालक का तापमान बढ़ाया जाता है, तब संयोजी बैण्ड के कुछ इलैक्ट्रॉन ऊर्जित (energize) होकर उत्तेजित (excited) हो जाते हैं तथा वे पतले ऊर्जा अन्तराल (narrow energy gap) को पार कर चालन बैण्ड (conduction band) में चले जाते हैं। इस प्रकार संयोजी बैण्ड (valence band) में रिक्तता (valency) उत्पन्न हो जाती है, बैलेंस बैण्ड में उत्पन्न रिक्तता वास्तव में वह स्थान होता है जहाँ पर पहले इलैक्ट्रॉन स्थित था। इलैक्ट्रॉन द्वारा स्थान छोड़ने पर उत्पन्न रिक्तता हो विवर या होल (Hole) कहलाती है। चूँकि इलैक्ट्रॉन एक ऋण आवेशित (–ve charge) कण है अतः इलैक्ट्रॉन की absence में होल पर धनआवेश (+ve charge) होता है। अतः इलैक्ट्रॉन व होल के आवेश बराबर लेकिन विपरीत चिह्न के होते हैं।



चित्र 3.3

जब बैलेंस बैण्ड में एक covalent band टूटता है तो उत्पन्न इलैक्ट्रॉन चालन बैण्ड में चला जाता है तथा अपने पीछे एक होल छोड़ जाता है। इस प्रकार जब कभी भी एक सहसंयोजी (covalent bond) टूटता है तो एक इलैक्ट्रॉन-होल pair उत्पन्न होता है।

जब किसी अर्द्धचालक (e.g. silicon) के सिरों पर विभवांतर लगाया जाता है तब चालन बैण्ड के इलैक्ट्रॉन विद्युत क्षेत्र की विपरीत दिशा में तेजी से गति करके विद्युत धारा का निर्माण करते हैं। संयोजी बैंड में covalent bond में टूटने के कारण उत्पन्न होल वास्तव में सहसंयोजी बैण्ड के लगातार टूटने के कारण गतिशील होते हैं। जब valence band का electron गति करता है तो Hole को गति प्राप्त होती है। इलैक्ट्रॉन गति करता हुआ सिलिकॉन के परमाणु से टकराता है, इसलिये होल की गति चालन बैण्ड में स्थित इलैक्ट्रॉन की गति से कम होती है। होल के गति करने की दिशा विद्युत क्षेत्र की दिशा में होती है इसलिये अर्द्धचालक की कुल धारा इलैक्ट्रॉन व होल की गति से बनती है।

3.5. अर्द्धचालक (Semiconductor)

अर्द्धचालक दो प्रकार के होते हैं—

(I) इन्ट्रिन्जिक अर्द्धचालक (Intrinsic semiconductors)

(II) एक्सट्रिन्जिक अर्द्धचालक (Extrinsic semiconductors)

शुद्ध सिलिकॉन तथा जर्मेनियम शुद्ध अर्द्धचालक या इन्ट्रिन्जिक अर्द्धचालक कहलाते हैं। इनकी चालकता बहुत कम होती है।

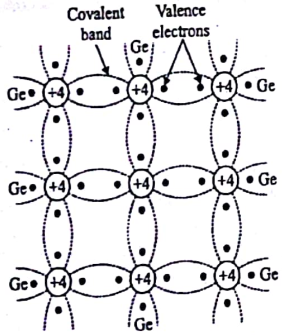
अर्द्धचालक पदार्थों की चालकता बढ़ाने के लिये उनमें कोई उपयुक्त अशुद्धि (उदाहरणतः As, Sb, In आदि) मिलाई जाती है। इस प्रकार प्राप्त अशुद्धियुक्त अर्द्धचालक एक्सट्रिन्जिक अर्द्धचालक कहलाते हैं।

(I) इन्ट्रिन्जिक अर्द्धचालक (Intrinsic semiconductor)—पदार्थों की चालकता उनमें उपलब्ध मुक्त इलैक्ट्रॉनों की संख्या पर निर्भर करती है। अच्छे चालकों में यह संख्या बहुत अधिक और कुचालकों में बहुत कम होती है। अर्द्धचालकों में मुक्त इलैक्ट्रॉनों की संख्या इन दोनों के मध्य होती है। अर्द्धचालकों में संयोजी इलैक्ट्रॉन, धातुओं के समान घूमने के लिये स्वतन्त्र नहीं होते हैं बल्कि अपने समीप के आयनों के साथ सहसंयोजी बन्ध (covalent bond) में बंधे रहते हैं।

जर्मेनियम आवर्त तालिका के चतुर्थ वर्ग का सदस्य है। इसकी परमाणु संख्या 32 होती है। यह एक सफेद रंग की भंगुर (Brittle) धातु है। इसका ऑपरेटिंग तापमान 85°C से 100°C है। इनका उपयोग इलैक्ट्रॉनिक युक्तियों; जैसे—ट्रान्जिस्टर, इन्टीग्रेटेड सर्किट्स आदि के निर्माण में किया जाता है।

Scanned by CamScanner

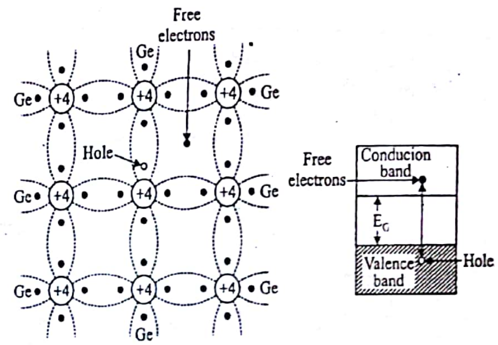
इन पदार्थों का क्रिस्टल संरचना एक ऐसे चतुष्फलक की रैगुलर पुनरावृत्ति के समान है जिसके प्रत्येक शीर्ष पर एक परमाणु है। यह संरचना दो विमाओं (two dimensions) में चित्र 3.4 में दिखाया गया है। जर्मेनियम परमाणु में कुल 32 इलैक्ट्रॉन होते हैं, प्रत्येक जर्मेनियम परमाणु में 4 संयोजी इलैक्ट्रॉन (valency electron) होते हैं। अर्थात जर्मेनियम चार संयोजी (tetravalent) है। चूँकि प्रत्येक परमाणु अपनी बाह्य कक्षा में 8 इलैक्ट्रॉन रखने की प्रवृत्ति रखता है, अत: जर्मेनियम का प्रत्येक परमाणु अपने चार पड़ोसी परमाणुओं के चार संयोजी इलैक्ट्रॉनों से सहसंयोजी बन्ध (covalent bond) बना लेता है। इस प्रकार जर्मेनियम परमाणु का प्रत्येक संयोजी इलैक्ट्रॉन अपने चार समीपस्थ परमाणुओं में से किसी एक द्वारा शेयर किया जाता है। चित्र 3.4 में इलैक्ट्रॉन युग्म अथवा सहसंयोजी बन्ध डॉटेड लाइनों से प्रदर्शित किया गया है जो प्रत्येक परमाणु को समीप के परमाणुओं के मध्य बन्धन बल (binding force) प्रदान करते हैं। इस प्रकार शुद्ध जर्मेनियम अथवा सिलिकॉन में धारा चालन के लिये मुक्त इलैक्ट्रॉन (free electrons) उपलब्ध नहीं होते हैं। सामान्य ताप पर कभी-कभी परमाणु में ऊष्मीय विक्षोभ (Thermal agitation) के कारण कुछ सहसंयोजी बन्ध टूट जाते हैं जिससे कुछ इलैक्ट्रॉन energy gap को पार कर धारा चालन के लिये उपलब्ध हो जाते हैं। क्रिस्टल का तापमान बढ़ाने पर अत्यधिक इलैक्ट्रॉन मुक्त होने लगते हैं, जिससे क्रिस्टल की चालकता बढ़ जाती है। साधारण ताप पर जर्मेनियम के 10^8 परमाणुओं में से केवल दो या तीन इलैक्ट्रॉन ही मुक्त हो पाते हैं। अत: शुद्ध अर्द्धचालकों की चालकता बहुत कम होती है।



चित्र 3.4 : इन्ट्रिन्जिक जर्मेनियम की क्रिस्टल संरचना

3.6. इन्ट्रिन्जिक अर्द्धचालक में इलैक्ट्रॉन-होल युग्म का उत्पादन

बहुत निम्न ताप (0K) पर क्रिस्टल संरचना (जर्मेनियम की) चित्र के समान ही होती है तथा क्रिस्टल एक विद्युतरोधी के समान बर्ताव करता है किन्तु सामान्य तापमान पर अर्द्धचालकों के सहसंयोजी बन्ध ऊष्मीय विक्षोभ (Thermal agitation) के कारण टूट जाते हैं तथा इलैक्ट्रॉन मुक्त होकर चालन बैण्ड में चले जाते हैं, तथा इलैक्ट्रॉन मुक्त होते समय अपने स्थान पर होल (hole) छोड़ जाते हैं। इस प्रकार मुक्त इलैक्ट्रॉन तथा होल साथ-साथ एक युग्म बनाते हैं तथा चालन सम्भव हो जाता है। यह स्थिति चित्र में दर्शायी गई है। एक इलैक्ट्रॉन जो कि अधिकांश समय तक एक सहसंयोजी बन्ध बनाता है, अपना स्थान छोड़कर बाहर दिखाया गया है। अत: क्रिस्टल में अनियमित भ्रमण करने के लिये स्वतन्त्र है। इस प्रकार का एक सहसंयोजी बन्ध तोड़ने के लिये सामान्य ताप पर जर्मेनियम के लिये लगभग 0.72 eV तथा सिलिकॉन के लिये 1.12 eV ऊर्जा (E_G) की आवश्यकता है। सहसंयोजी बन्ध में इलैक्ट्रॉन के स्थान पर खाली स्थान को एक छोटे वृत्त द्वारा दिखाया गया है तथा इस प्रकार के खाली स्थान को होल (Hole) कहते हैं तथा उस पर इलैक्ट्रॉन के बराबर धन आवेश होता है। इस प्रकार Hole को धन आवेशित माना जाता है।



चित्र 3.5 : जर्मेनियम क्रिस्टल में इलैक्ट्रॉन-होल का उत्पादन

अत: जब भी कोई सहसंयोजी बन्ध टूटता है तो एक मुक्त इलैक्ट्रॉन उत्पन्न होता है तथा ठीक उसी समय एक होल भी उत्पन्न होता है, इस प्रकार इलैक्ट्रॉन व होल एक युग्म (Pair) में उत्पन्न होते हैं। अत: इन्ट्रिन्जिक अर्द्धचालक (जर्मेनियम) में इलैक्ट्रॉनों तथा होल्स का घनत्व (concentration) बराबर होता है। क्रिस्टल में मुक्त इलैक्ट्रॉन उत्पन्न होने से पदार्थ की चालकता बढ़ती है। परन्तु इलैक्ट्रॉनों व होल्स का समान रूप से क्रिस्टल में धारा प्रवाह मे भाग लेते हैं।

जब कोई सहसंयोजी बन्ध टूटता है तब एक होल उत्पन्न होता है, इस अवस्था में किसी समीप के परमाणु से संयोजी इलैक्ट्रॉन, अपने सहसंयोजी बन्ध को छोड़कर, सरलता से इस होल में आ जाता है। एक होल को भरने के लिये, एक बन्ध से इलैक्ट्रॉन निकलने के कारण, उसके स्थान पर रिक्तता आ जाती है। इस रिक्तता से ही होल उत्पन्न होता है। नई स्थिति में उत्पन्न इस होल को किसी अन्य सहसंयोजी बन्ध से इलैक्ट्रॉन आकर भर सकता है, जिसके फलवरूप होल पुन: इलैक्ट्रॉन की गति के विपरीत दिशा में गति कर जाता है। इस प्रकार क्रिस्टल में होल्स (Holes) के कारण भी आवेश का प्रवाह होता है अर्थात् होल्स भी अर्द्धचालक में आवेश वाहक (charge carrier) का कार्य करता है।

3.7. शुद्ध अर्द्धचालक पर ताप का प्रभाव (Effect of Temperature on Intrinsic Semiconductor)

0°K (परम शून्य ताप) पर शुद्ध अर्द्धचालक (जर्मेनियम या सिलिकॉन) कुचालक की भाँति व्यवहार करता है। सामान्य ताप पर शुद्ध अर्द्धचालक में ऊष्मीय विक्षोभ (Thermal agitation) के कारण कुछ इलैक्ट्रॉन-होल पेयर उत्पन्न हो जाते हैं। उदाहरणार्थ; 300K (27°C) ताप पर लगभग प्रति घन मीटर इलैक्ट्रॉनों या होल्स की संख्या $2.5 \times 10^{19} / m$ होती है। इस अर्द्धचालक की चालकता बहुत कम होती है। अब यदि अर्द्धचालक की ऊष्मीय ऊर्जा अर्थात् ताप में वृद्धि की जाये तब अधिक इलैक्ट्रॉन-होल्स पेयर उत्पन्न होंगे तथा अर्द्धचालक की चालकता भी बढ़ती जाती है। अर्थात्, अर्द्धचालक की प्रतिरोधकता तापक्रम बढ़ने पर कम होती है। यही कारण है कि अर्द्धचालको का प्रतिरोध ताप गुणांक (Resistance Temperature Coefficient) ऋणात्मक होता है।

Scanned by CamScanner

3.8. एक्सट्रिन्जिक अर्द्धचालक (Extrinsic semiconductors)

पूर्व विवरण के अनुसार यह स्पष्ट है कि परम शून्य ताप पर अर्द्धचालक कुचालक की तरह व्यवहार करता है तथा इसमें धारा प्रवाह नहीं होता है। यदि इन्ट्रिन्जिक अर्द्धचालक (Si or Ge) में तीन संयोजी (trivalent) अथवा पाँच संयोजी (pentavalent) तत्त्व अपमात्रा में अशुद्धि के रूप में मिला दिया जाये अथवा डोपिंग की जाये, तब एक doped semiconductor, एक्सट्रिन्जिक अर्द्धचालक निर्मित होता है तथा निर्मित अर्द्धचालक में मुक्त इलैक्ट्रॉन व होल्स की संख्या बढ़ जाती है, जिससे इसकी चालकता भी बढ़ जाती है।

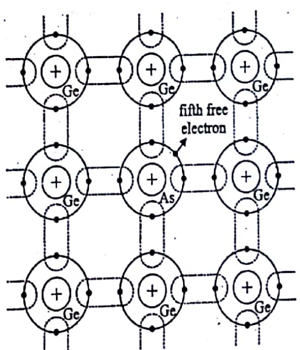
पाँच संयोजकता वाली अशुद्धि, उदाहरणत: आर्सेनिक को इन्ट्रिन्जिक अर्द्धचालक में मिलाने से N-टाइप एक्सट्रिन्जिक अर्द्धचालक प्राप्त होता है। पाँच संयोजी वाली अशुद्धि को प्राय: दाता अशुद्धि (donor impurity) कहते हैं।

तीन संयोजकता वाली अशुद्धि उदाहरणत: इन्ड्रियम को इन्ट्रिन्जिक अर्द्धचालक में मिलाने से P-टाइप एक्सट्रिन्जिक अर्द्धचालक प्राप्त होता है। इन्ड्रियम अर्थात् तीन संयोजी अशुद्धि को प्राय: स्वीकारक अशुद्धि (acceptor impurity) कहते हैं।

इस प्रकार एक्सट्रिन्जिक अर्द्धचालक दो प्रकार के होते हैं—

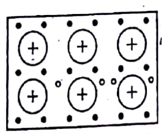
(i) N-टाइप अर्द्धचालक (ii) P-टाइप अर्द्धचालक

(i) N-टाईप अर्द्धचालक (N-type Semiconductor)—जब किसी Ge या Si क्रिस्टल में पाँच संयोजकता वाला अशुद्धि परमाणु (जैसे आर्सेनिक, फॉस्फोरस एन्टीमनी) मिलाया जाता है तो वह अर्द्धचालकता के एक परमाणु को हटाकर उसका स्थान ले लेता है। अशुद्धि पदार्थ के परमाणु के पाँच संयोजी इलैक्ट्रॉन में से चार इलैक्ट्रॉन अर्द्धचालक के चार परमाणुओं के एक-एक इलैक्टॉन के साथ सहसंयोजी बन्ध बना लेते हैं तथा पाँचवाँ इलैक्ट्रॉन क्रिस्टल में घूमने के लिये मुक्त हो जाता है। चित्र में जर्मेनियम में आर्सेनिक अशुद्धि मिलाने पर नये क्रिस्टल की संरचना दिखाई गई है तथा चित्र (b) में स्थिर डोनर आयन (As) एवं प्राप्त मुक्त इलैक्ट्रॉन दिखाये गये हैं।



चित्र 3.6 : (a) N-type अर्द्धचालक की परमाणु संरचना में आर्सेनिक अशुद्धि मिलाने पर एक इलैक्ट्रॉन मुक्त है।

N-type क्रिस्टल को बनाने की विधि— जर्मेनियम को आर्सेनिक द्वारा डोप (dope) करने की विधि में शुद्ध जर्मेनियम को उसके गलनांक बिन्दु (melting point) से अधिक तापक्रम पर गर्म करने के बाद उसमें आर्सेनिक (As) की बहुत थोड़ी मात्रा (लगभग दस लाखवाँ भाग) मिला दी जाती है। इस प्रकार प्राप्त पदार्थ (जर्मेनियम आर्सेनिक) का शीतलन करने से एक ठोस क्रिस्टल बन जाता है। इस क्रिस्टल का स्पेक्ट्रोस्कोपिक निरीक्षण करने पर मालूम हुआ कि आर्सेनिक परमाणु जर्मेनियम का स्थान ले लेते हैं तथा जर्मेनियम की मूल टेट्राहेड्रल (Tetrahedral) संरचना अप्रभावित रहती है।


चित्र 3.6 : (b) N-type अर्द्धचालक में स्थिर डॉनर आयन तथा उपलब्ध मुक्त इलैक्ट्रॉन

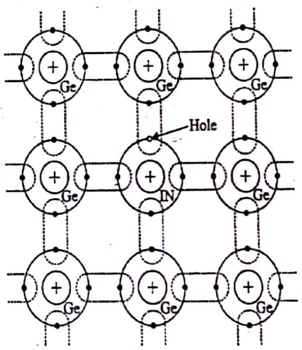
इस पाँचवें इलैक्ट्रॉन को मुक्त करने के लिये जर्मेनियम के लिये केवल 0.01 eV तथा सिलिकॉन के लिये 0.05 eV ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

इस प्रकार जर्मेनियम में आर्सेनिक की अशुद्धि मिलाने के पश्चात् जो इलैक्ट्रॉन मुक्त होता है वह किसी के साथ बन्ध नहीं बनाता है तथा स्वतन्त्र रूप से धारा चालन के लिये प्राप्त हो जाता है। प्रत्येक अशुद्धि परमाणु से एक इलैक्ट्रॉन मुक्त होता है। इसलिये N-type Semiconductor में इलैक्ट्रॉनों की संख्या अधिक (majority) होती है। अत: इस अशुद्धि को दाता अशुद्धि (donor impurity) कहते हैं।

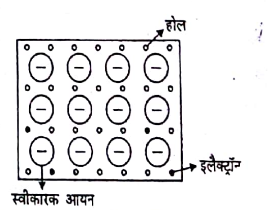
साधारण तापमान पर N-type अर्द्धचालक में कुछ सह संयोजी बन्धों के टूटने के कारण कुछ मात्रा में इलैक्ट्रॉन पुन: मुक्त हो जाते हैं और उनके स्थान पर रिक्तता आती है जिससे होल्स बन जाते हैं। अत: डोपिंग के कारण स्वतन्त्र या मुक्त इलैक्ट्रॉनों की संख्या होल्स की संख्या से बहुत अधिक हो जाती है। इसी कारण से इलैक्ट्रॉनों को मेजॉरिटी आवेश वाहक (Majority charge carrier) तथा होल्स की संख्या कम होने के कारण माइनॉरिटी आवेश वाहक (Minority charge carrier) कहते हैं।

(ii) P-टाइप अर्द्धचालक (P-type Semiconductor)—जब किसी शुद्ध Ge या Si क्रिस्टल में तीन संयोजकता वाले पदार्थ (जैसे इन्डियम, गैलियम, बोरोन अथवा ऐल्यूमिनियम) को अशुद्धि के रूप में सूक्ष्म मात्रा में मिलाया जाये, तो इस पदार्थ के परमाणु भी जर्मेनियम परमाणु का स्थान ले लेते हैं। अशुद्धि परमाणु (impurity atom) के तीन संयोजी इलैक्ट्रॉन तीन निकटतम जर्मेनियम परमाणु के एक-एक इलैक्ट्रॉन से मिलकर सहसंयोजी बन्ध बना लेते हैं तथा जर्मेनियम का एक इलैक्ट्रॉन बन्ध नहीं बना पाता है। अत: क्रिस्टल में अशुद्धि परमाणु के एक तरफ रिक्त स्थान रह जाता है जिसे होल (Hole) कहते हैं।

चित्र (a) में शुद्ध जर्मेनियम में त्रिसंयोजी अशुद्धि इन्डियम मिलाने पर प्राप्त क्रिस्टल की संरचना दिखाई गई है तथा चित्र (b) में स्थिर स्वीकारक आयन व उपलब्ध होल को दिखाया गया है। प्रत्येक In परमाणु के साथ एक होल उत्पन्न होता है जो कि एक इलैक्ट्रॉन मिलने पर विलुप्त हो जाता है तथा यह होल, आने वाले इलैक्ट्रॉन के स्थान पर खिसक जाता है। इस प्रकार की अशुद्धि को स्वीकारक अशुद्धि (acceptor impurity) कहते हैं तथा नवनिर्मित अर्द्धचालक P-टाइप semiconductor कहलाता है।



चित्र 3.7 : (a) P-type अर्द्धचालक में त्रिसंयोजी अशुद्धि In इन्डियम मिलाने पर एक होल उपस्थित है।



चित्र 3.7 : (b) P-type अर्द्धचालक में स्थिर स्वीकारक आयन तथा उपलब्ध होल

Scanned by CamScanner

इसी विधि से प्राप्त P–टाइप अर्द्धचालक में होल्स की संख्या मुक्त इलैक्ट्रॉनों (free electrons) की तुलना में अत्यधिक होती है अर्थात् होल्स मेजॉरिटी में उपस्थित होते हैं। इसलिये P–टाइप अर्द्धचालक में मेजॉरिटी आवेश वाहक होल्स तथा माइनॉरिटी आवेश वाहक इलैक्ट्रॉन होते हैं।

3.9. अर्धचालक पदार्थ (Semiconductor Materials)

जैसा कि पहले स्पष्ट किया गया है, बैंड सिद्धान्त की दृष्टि से, अर्धचालक (semi-conductor) चालक (conductor) तथा विद्युतरोधक [insulators] इस प्रकार भिन्न हैं कि इनमें निषेध अन्तराल [forbidden gap] संकीर्ण [narrow] होता है। आवर्त सारणी [periodic table] में दिए गए सभी मूल तत्त्वों [elements] में से 11 अर्ध-चालक हैं जो निम्नलिखित है—

बोरोन	Boron
कार्बन	Carbon
सिलिकॉन	Silicon
जर्मेनियम	Germanium
फॉस्फोरस	Phosphorus
आर्सेनिक	Arsenic
एन्टीमनी	Antimony
सल्फर	Sulphur
सिलेनियम	Selenium
टैलूरियम	Tellurium
आयोडीन	Iodine

जैसा कि पहले अनुच्छेद में विस्तृत रूप से वर्णन किया गया है कि अर्धचालक पदार्थ (semi-conductor material) के प्रतिरोध (Resistance) को तापमान (Temperature) में अन्तर अथवा अपद्रव्य (impurities) मिलाने से नियंत्रित (control) किया जा सकता है। निम्नलिखित कारकों (factors) द्वारा भी अर्ध-चालक पदार्थों (Semi-conductor materials) का प्रतिरोध (resistance) नियंत्रित किया जा सकता है।

(i) प्रदीपन (Illumination)

(ii) वोल्टता (Voltage)

(iii) वैद्युत क्षेत्र (Electric field)

अर्धचालक निम्नलिखित प्रकार से वर्गीकृत हो सकते हैं—

(i) एकांकी क्रिस्टल (Mono-crystal) परमाणु जालक संरचना वाले (with atomic lattice structure) जैसे कार्बन, सिलिकॉन जर्मेनियम, तथा बहु क्रिस्टलीय (poly crystal) अणु जालक संरचना वाले (with molecular lattice structure) जैसे सिलेनियम, टैल्यूरियम, एन्टीमनी, आर्सेनिक, फॉस्फोरस।

(ii) ऑक्साइड ऐसे धातुओं (metals) के जैसे ताँबा (copper), जस्ता (zinc) कैडमियम, टिटेनिमय, मॉलिब्डेनम, टंगस्टन।

(iii) सल्फाइड, सैलेनाइड तथा टैलुराइड-सीसा (lead), ताँबा (copper), कैडमियम और अन्य मूल तत्त्वों [elements] के।

आवर्त सारणी (periodic table) के कुछ मूल तत्त्वों (elements), रासायनिक आमिश्र जो तृतीय समूह में है जैसे ऐल्यूमिनियम, गैलियम, इन्डिम, पाँचवें समूह (fifth group) के पदार्थों के साथ जैसे फॉस्फोरस, एन्टीमनी, आर्सेनिक, तथा पाँचवे समूह के मूल तत्त्वों के आमिश्र (compounds of the fifth group elements) भी जैसे एन्टीमनी, दूसरे समूह के साथ जैसे मैग्नीशियम तथा जस्ता (zinc)।

3.10. अर्धचालक पदार्थों के अनुप्रयोग (Applications of semiconductor meterials)

3.10.1. दिष्टकारी (Rectifiers)

3.10.1.1. जर्मेनियम तथा सिलिकॉन दिष्टकारी (Germanium and silicon rectifiers)—*P*-प्रारूप पदार्थ (*P*-type materials) तथा *N*-प्रारूप पदार्थ (*N*-type materials) को एक साथ जोड़ कर बनी संधि (junction) को *P-N* संधि (P-N junction) कहा जाता है। जब इन पदार्थों के सिरों पर बाह्य वोल्टता धन (positive terminal) पदार्थ पर तथा ऋण सिरा (negative terminal) पदार्थ पर रख कर प्रयुक्त की जाती है तो एक वैद्युत धारा (electric current) का प्रवाह (flow) होता है। इस प्रकार वोल्टता लगाने को "अग्रिम अभिनतिकरण" (Forward biasing the *P-N* junction) कहते हैं। यदि वोल्टता विपरीत लगी हो अर्थात् प्रदाय वोल्टता (supply voltage) का धन (positive) सिरा *N*-छोर पर लगा हो और ऋण (negative) सिरा छोर पर लगा हो तो कोई धारा का प्रवाह (flow of current) नहीं होगा। इसे "पश्च अभिनतिकरण" (reverse biasing) कहते हैं। इस प्रकार *P-N* संधि "अग्रिम अभिनतिकृत" (forward bias) होने पर उच्च चालकता (high conductivity) तथा पश्च अभिनतिकृत (reverse biased) होने पर उच्च चालकता (high conductivity; तथा पश्च अभिनतिकृत (reverse biased) होने पर अचालकता (non-conductivity) प्रदान करती है।

इस प्रकार अर्ध-चालकों (semi-conductors) को दिष्टकारी (rectifier) के रूप में प्रयोग किया जा सकता है। अर्ध-चालकों *P-N* संधि (diodes semi-conductor *P-N* junction Diodes) ने दिष्टकारी (rectifier) के तौर पर लगभग सभी ताप आयनिक वाल्वों (thermo-ionic valves) का स्थान ले लिया है।

नवीन *P-N* दिष्टकारी (modern *P-N* prectifiers) में अर्धचालक पदार्थ (semi-conductors materials) के रूप में जर्मेनियम या सिलिकॉन का प्रयोग होता है।

सिलिकॉन दिष्टकारी (silicon rectifiers) से पूर्व ही जर्मेनियम दिष्टकारी (germanium rectifiers) का अविष्कार हो चुका था। जर्मेनियम एकांकी क्रिस्टल (mono-crystal) का बनाना आसान है। जर्मेनियम का गलनांक (melting point) 958°C है। पर सिलिकॉन का गलनांक 415°C है। पिघला हुआ सिलिकॉन बड़ी आसानी से सभी रासायनिक मूल तत्त्वों (chemical elements) से क्रिया करता है इसलिए इसे शुद्ध रखना तथा अपद्रव्यों से बचा कर रखना कठिन होता है, यह सब जर्मेनियम के पक्ष में हैं। पर महत्त्वपूर्ण आर्थिक (economic) तथा तकनीकी (technological) लाभों (advantages) के कारण विशेष रूप से अति धारामान अनुप्रयोग (heavey current applications) में सिलिकॉन दिष्टकारी ही औद्योगिक कार्यों में अधिक प्रयोग किये जा रहे हैं।

उच्च आवृत्ति (high frequency) तथा प्रदाय आवृत्ति (supply frequency) दोनों के परिपथों (circuits) में विशेष अनियंत्रित दिष्टकारी (non-controlled rectifier) के तौर पर जैसे डायोड के लिए तथा नियंत्रित दिष्टकारी (controlled rectifier) के तौर पर जैसे ट्रांजिस्टर तथा सिलिकॉन नियंत्रित दिष्टकारी (silicon controlled rectifiers) के लिए जर्मेनियम और सिलिकॉन दिष्टकारी (rectifiers) व्यापक रूप से प्रयोग होते हैं। जर्मेनियम तथा सिलिकॉन दिष्टकारी (rectifiers) उच्च धारा घनत्व (high current densities) तथा विपरीत वोल्टता (reverse voltage) पर कार्यकारी हो सकते हैं जहाँ उनकी दक्षता (efficiency) लगभग 98% तक हो सकती है।

जर्मेनियम दिष्टकारी (germanium rectifier) की एक गंभीर समस्या है कि वह केवल –50°C से +70°C तक के तापमान में ही सीमित रूप से कार्यकारी हो सकता है। +60°C से अधिक तापमान पर लगातार कार्य करते रहने पर उसमें तापीय जरण (thermal aging) तथा वैद्युत लक्षणों में कमी (Deterioration of electrical characteristics) हो जाती है। जिस

Scanned by CamScanner

तापमानों (low temperatures) पर उसकी अनुमय विपरीत वोल्टता (permissible reverse voltage) में काफी पतन (drop) होता है।

सिलिकॉन दिष्टकारी (silicon rectifiers) 200°C तक के तापमान (temperature) पर कार्यकारी हो सकते हैं। उच्च आवृत्ति परिपथों (high frequency-circuits) में जर्मेनियम दिष्टकारी (germainium rectifiers) से सिलिकॉन दिष्टकारी (silicon rectifiers) इसलिए भी लाभकारी है क्योंकि ये कमजोर सिग्नल (संकेतों) के लिए अधिक संवेदनशील (sensitive) हैं।

एक सिलिकॉन नियंत्रित दिष्टकारी (silicon controlled rectifier) को दो ट्रांजिस्टरों (एक *N-P-N* तथा दूसरा *P-N-P*. का मिश्रित रूप (combination) माना जा सकता है। इस युक्ति (device) की पुनर्योजी क्रिया (regenerative action) दो अलग-अलग ट्रांजिस्टरों के धारा लाभों (current gains) पर निर्भर होती है। इसके दो ट्रांजिस्टरों के धारा लाभों (current gains) का योग (sun) इकाई (unity) के निकट होना चाहिए। क्योंकि जर्मेनियम (Ge) यह लक्षण (property) नहीं प्रदर्शित करता है। इसलिए केवल सिलिकॉन (Si) को ही सिलिकॉन नियंत्रित दिष्टकारी (silicon controlled rectifiers) के निर्माण में आधार मूल पदार्थ (base material) के रूप में प्रयोग किया जाता है। उच्च *PIV* विनिर्धारण rating के लिए जिसका मान 25 kV तथा 1000 amp की धारामान में हो सकता है।, के लिए सिलिकॉन दिष्टकारी (rectifiers) उपलब्ध है। लेकिन इनकी आवृत्ति अनुक्रिया (frequency response) कम है। अर्थात् उच्च आवृत्ति (high frequency) पर अवक्षय संधारिता (depletion capacitance) अधिक प्रभावकारी हो सकती है और दिष्टकारी (दिष्टीकृत तरंग आकार) rectified wave shape को विकृत (distort) कर देती है।

सिलिकॉन दिष्टकारी (silicon rectifiers) सामान्यत: वैद्युत शक्ति की दिष्टकारी युक्तियों (power rectifying devices) में प्रयोग होते हैं।

3.10.1.2. ताम्र ऑक्साइड तथा सिलेनियम दिष्टकारी (Copper-oxide and selenium rectifiers)—दिष्टकारी (rectifier) के रूप में प्रयोग होने वाले अर्धचालकों (semi-conductors) में सब से आरम्भिक पदार्थों में ताम्र ऑक्साइड (तांबे का ऑक्साइड) (copper oxide) और सिलेनियम हैं।

ताम्र ऑक्साइड (copper oxide) दिष्टकारी (rectifier) 99.89 शुद्ध तांबे की एक पट्टिका (plate) होती है जिस पर विशेष प्रक्रम (process) द्वारा ऑक्साइड परत (oxide film) बनाई जाती है। एक ओर से पट्टिका (plate) पर ताम्र ऑक्साइड को साफ करके उस तांबे पर सीधे ही इलेक्ट्रोड का झाल कर दिया जाता है। दूसरे इलेक्ट्रोड को क्यूप्रस ऑक्साइड की परत पर झाला जाता है। जब ऑक्साइड परत (oxide layer) पर धन विभव (positive potential) तथा ताम्र (copper) पर ऋण विभव (negative potential) को लगाया जाता है, तो वह *P-N* संधि (junction) के अग्रिम अभिनति (forward bias) जैसा कार्यकारी होता है। ताम्र पट्टिकाओं (copper plates) को एक दूसरे पर रख कर इकट्ठा (stack) लगाकर अनेक मापन परिपथों (measuring circuits) तथा यंत्रों (instruments) के लिए दिष्टकारी (rectifiers) प्राप्त किए जा सकते हैं।

सामान्यत: निम्न PIV मान के लिए ताम्र ऑक्साइड दिष्टकारी (copper oxide rectifiers) उपलब्ध होते हैं। इनकी आवृत्ति अनुक्रिया (frequency response) उत्तम है (अर्थात् सभी आवृत्तियों (frequencies) पर, युक्ति के सिरों पर (across the device) वोल्टतापात (voltage drop) लगभग स्थिर (constant) रहता है और दिष्टिकृत तरंग आकार (rectified wave shape) में कोई विकृति (distoration) नहीं होती।

ताम्र ऑक्साइड दिष्टकारी (copper oxide rectifiers) सिलिकॉन दिष्टकारी (silicon rectifiers) की तुलना में सस्ते है। इनको दिष्टकारी प्रारूप के यंत्रों (rectifier type instruments) जैसे इलेक्ट्रॉन मल्टीमीटर में, प्रयोग किया जाता है।

सिलेनियम दिष्टकारी (selenium rectifiers) में 99.99 प्रतिशत से अधिक शुद्ध, सिलेनियम का प्रयोग किया जाता है। अनुमय धारा घनत्व (permissible current density) तथा विपरीत वोल्टता (reverse voltage) के हिसाब से शुद्धता बहुत महत्त्वपूर्ण है। दिष्टकारी (rectifier) बनाने के लिए क्रिस्टलीय सिलेनियम को जिसका गलनांक (melting point 220°C) है,

प्रयोग किया जाता है कैडमियम सिलेनाइड के रूप में बाधक स्तर (burrier layer) को एक विशेष फार्मीकरण प्रक्रम (forming process) द्वारा बनाया जाता है।

ताम्र ऑक्साइड दिष्टकारी (copper oxide rectifier) की तुलना में, सिलेनियम दिष्टकारी (selenium rectifier) में अधिक अनुमयधारा घनत्व (permissible current density) तथा अधिक व्यापक (winder) कार्यकारी तापमान परिसर (working temperature range) होता है।

अन्य कार्यों के अतिरिक्त, सिलेनियम दिष्टकारी (selenium rectifiers) का अनुप्रयोग बैट्री चार्जर (बैट्री आवेशन युक्ति) तथा वैद्युत लेपन (electroplating) प्रदायों (supplies) में होता है।

ताम्र ऑक्साइड (copper oxide) तथा सिलेनियम दिष्टकारी (selenium rectifiers) दोनों को ही नमी (moisture) से बचाने के लिए, उनके एककों (elements) पर विद्युतरोधी (insulating varnish) की एक परत (coat) लगाई जाती है। इस उद्देश्य के लिए प्राय: ताम्र ऑक्साइड (Copper oxide) दिष्टकारियों (rectifiers) को समुद्रित आवास (hermitically sealed container) मे रखा जाता है।

काफी अधिक विपरीत वोल्टता (reverse voltage) पर ताम्र ऑक्साइड दिष्टकारी (copper oxide rectifiers) पूर्णत: बेकार हो जाते हैं। यदि विपरीत वोल्टता (reverse voltage) पर भंजन (breakdown) होता है तो कभी-कभी सिलेनियम दिष्टकारी (selenium rectifier) स्वत: मुद्रित (self seal) हो जाते है और संगलन (fusion) द्वारा रवाहीन अक्रिस्टलीय (amorphous) रूप धारण कर लेते हैं जो एक विद्युतरोधी (insulator) होता है।

■ 3.10.2. तापमान संवदेनशील प्रतिरोधक अथवा थर्मिस्टर (Temperature sensitive Resistors or Thermisters)

अर्धचालक पदार्थ (semi-conductor material) का तापमान (temperature) बढ़ा देने पर उसका प्रतिरोध घट जाता है। इस गुण का अनुप्रयोग थर्मिस्टर (thermister) युक्ति (device) में किया जाता है। थर्मिस्टर, तापीय संवेदित प्रतिरोध (thermally sensitive resistance) है। वे कुछ पदार्थों के ऑक्साइड, जैसे ताँबा (copper), मैंग्नीज, कोबाल्ट, लोहा (iron), जस्ता (zinc) से बनते है। प्राय: कई पदार्थों के ऑक्साइडों के एक मिश्रण (mixture) का प्रयोग किया जाता है ताकि वांछनीय गुणों को प्राप्त करने के लिए उन्हें अपने ढंग से लगाया जा सके।

तापमापन तथा नियंत्रण (Temperature measurement & control) कार्यों में थर्मिस्टर का अनुप्रयोग होता है। थर्मिस्टर तापमापन में विभिन्नता (temperature variation) को जान कर वैद्युत संकेत (electrical signals) में परिवर्तित कर देते हैं जिसे फिर ऊष्मक युक्तियों (heating devices) के नियंत्रण के लिए प्रयोग किया जाता है।

थर्मिस्टर के अन्य अनुप्रयोग (applications) रेडियो आवृत्ति, शक्ति के मापन (measurement of radio frequency power) में वोल्टता नियंत्रण (voltage regulation) में तथा समय क्रम (timing) व विलम्ब परिपथों (delay circuits) में होते हैं।

■ 3.10.3. प्रकाश चालनीय सैलें (Photo-conductive cells)

अर्धचालक पदार्थों (semi-conductor materials) का प्रतिरोध (resistance) रोशनी (उजाले) में निम्न (low) होता है और अंधेरे में बढ़ जाता है। इस तथ्य का प्रयोग प्रकाश चालनीय सैलों (photo-conductive cells) में किया जाता है, जहाँ एक अर्धचालक पदार्थ (semi-conductor materials) को वोल्टता स्रोत (voltage source) से श्रेणीक्रम (series) में जोड़ दिया जाता है। प्रकाश की तीव्रता (intensity of light) के साथ अर्धचालक पदार्थ (semi-conductor materials) के प्रतिरोध में परिवर्तन होता है और इसमें परिपथ की धारा (current of the circuit) नियंत्रित रहती है।

Scanned by CamScanner

यहाँ पर प्रकाश के रंग या तीव्रता (colour or intensity of light) के आधार पर किसी कार्य या घटना को तदनुसार नियंत्रित करना है वहाँ प्रकाश चालकीय सैलों का अनुप्रयोग हो सकता है। इनके कुछ अनुप्रयोग इस प्रकार हैं—स्व: चालित दरवाजा खोलने की युक्ति (automatic door closing device), चोर सचेतक (burglar alarm), ज्वाला संसूचक (smoke detection) और पथ प्रकाश नियत्रंण (street light control) के लिए।

3.10.4. प्रकाश वोल्टीय सैलें (Photo-voltaic cells)

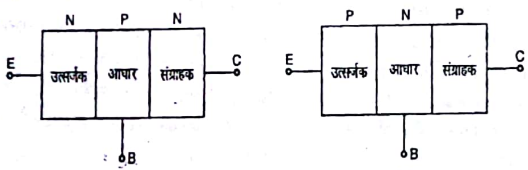
प्रकाश वोल्टीय सैले ऐसी युक्तियों (devices) है जो प्रदीप्त (illuminate) किए जाने पर विद्युतवाहक बल e.m.f. उत्पन्न करती है। इस प्रकार वे प्रकाश ऊर्जा (light energy) को सीधे ही वैद्युत ऊर्जा (electrical energy) में परिवर्तित कर देती है इनमें धारा प्रवाह (current flow) उत्पन्न करने के लिए किसी बाह्य वैद्युत ऊर्जा स्रोत (outside source of electrical energy) की आवश्यकता नहीं होती है।

प्रकाश वोल्टीय सैलों (photo-voltaic cells) का मुख्य अनुप्रयोग, फोटोग्राफी के उद्भासन मापकों (exposure meters) लक्स या प्रकाश तीव्रता मापन (illumination meter or lux meter) प्रकाश तीव्रता नियंत्रण (lighting control) कैमरों में स्वत: छिद्र नियन्त्रण (automatic aperture control in cameras) के लिए होता है।

3.10.5. वैरिस्टर (Varistors)

प्रयुक्त वोल्टता (applied voltage) के साथ अर्धचालक पदार्थों (semi-conductor materials) के प्रतिरोध (resistance) में परिवर्तन होता है। इस लक्षण का अनुप्रयोग ऐसी युक्तियों में होता है जिन्हें ''वैरिस्टर'' कहते हैं। मोटर की गति नियंत्रक (motor speed control) तथा वोल्टता स्थायीकरण (voltage stabiliser) में वैरिस्टर का प्रयोग किया जाता है।

3.16.6. ट्रांजिस्टर (Transistors)



(क) (ख)

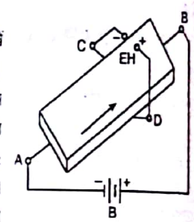
चित्र 3.10 : (क) NPN ट्रांजिस्टर संरचना (ख) PNP ट्रांजिस्टर संरचना

अर्धचालक पदार्थों (Semi-conductor materials) का प्रतिरोध (resistance) वैद्युत क्षेत्र (electric field) के आमान (magnitude) पर निर्भर करता है। अर्धचालक (semi-conductor) में धारा (current) ओम के नियम (Ohm's & law) का अनुपालन नहीं करती है और वोल्टता (voltage) कहीं से अधिक बढ़ जाती है। इस गुण को ''ट्रांजिस्टर'' नामक युक्ति (device) में प्रयोग किया गया है। ट्रांजिस्टर, दो संधि (two junctions) तथा तीन टर्मिनल वाली युक्ति (device) है। संधि P,N और P अथवा N,P और N पदार्थों (materials) की संधि हो सकती है जैसा कि चित्र 3.10 (क) और (ख) में दिखाया गया है। ट्रांजिस्टरों ने अब निर्वात (vacuum) तथा गैसीय ट्यूबों की स्थान ले लिया है जिसमें सिग्नल प्रवर्धन (amplification of signal) तथा स्विच परिपथ (circuit) भी शामिल है।

3.10.7. हॉल प्रभाव जनित्र (Hall effect generators)

चुम्बकीय क्षेत्र (magnetic field) में रखे किसी अर्धचालक पदार्थ (पट्टी) (semi-conductor bar) में धारा (current) तथा चुम्बकीय क्षेत्र दोनों के लम्बवत् समकोण (at right angles) पर एक वोल्टता उत्पन्न होती है। यह वोल्टता धारा (current) के मान तथा चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता (intensity of magnetic field) के समानुपाती (proportional) होती है। इसे ''हॉल प्रभाव'' (hall effect) कहते हैं।

चित्र 3.11 में दिखाए गए अर्धचालक पट्टी (semi-conductor bar) को देखें जिसके चारों सिरों पर संपर्क (contacts) हैं। यदि दो सिरों A तथा B पर एक वोल्टता E_1 लगाई जाये तो एक धारा (current) प्रवाहित होगी। यदि पट्टी (bar) को एक चुम्कीय क्षेत्र (magnetic field) B के लम्बवत् (perpendicular) रखा जाये जैसा कि चित्र में दिखाया गया है, तब अन्य दो सम्पर्क (contacts) C तथा D के बीच एक वैद्युत विभव (electric potential) E_H उत्पन्न होगा। यह वोल्टता E_H चुम्बकीय क्षेत्र सामर्थ्य (magnetic field strength) का सीधा मापन या मान (direct measure) है और एक साधारण वोल्टमापी (simpel voltmeter) से संसूचित (detect) हो सकता है।



चित्र 3.11

हॉल प्रभाव जनित्र (Hall effect generator) को चुम्बकीय क्षेत्रों के मापन (To measure magnetic fields) के लिए प्रयोग किया जा सकता है। यह धरती के चुम्बकीय क्षेत्र (magnetic field of earth) के 10-6 तक की तीव्रता (strength) का मापन करने में सक्षम है।

3.10.8. विकृति मापी (Strain gauge)

अर्धचालक (semi-conductors) ताप (heat) प्रकाश (light), वोल्टता (voltage) तथा चुम्बकीय क्षेत्र (magnetic field) के अतिरिक्त यांत्रिक बलों (mechanical forces) के लिए संवेदनशील (sensitive) होते हैं। यदि एक लम्बी और पतली सिलिकॉन का छड़ (rod) को दोनों सिरों से खींचा जाए तो उसका प्रतिरोध (resistance) बढ़ जाता है क्योंकि यांत्रिक बल (mechanical forces) सिलिकॉन के प्रत्येक परमाणु (atom) को अपने परस्पर स्थित परमाणु (adjacent atom) से थोड़ा आगे खींच लेता है। इस प्रकार यह निषेध ऊर्जा अन्तराल (forbidden energy gap) को बढ़ाता है जिससे छड़ (rod) की प्रतिरोधकता (resistivity) बढ़ जाती है।

सिलिकॉन तथा अन्य अर्धचालक पदार्थ (semi-conductor materials) अति संवेदनशील (very sensitive) विकृति मापी (strain gauge) बनाते हैं जो ऐसी युक्तियाँ (devices) हैं जिनसे ठोस वस्तुओं (solid objects) की लम्बाई में निम्न परिवर्तनों (small change) का मापन (measurements) किया जा सकता है। जनपद अभियंताओं (civil engineers) पदार्थों के तनन सामर्थ्य (tensile strength) तथा संरचनाओं (structure) की लम्बाई में परिवर्तन को ज्ञात करने के लिए विकृति-मापी (strain gauge) का व्यापक प्रयोग करते है। इसका मुख्य अवगुण (drawback) इसकी ताप संवेदनशीलता (temperature sensitivity) है। इस कुप्रभाव को समाप्त करने के लिए परिपथ (circuit) में एक थर्मोमीटर लगाकर, तापमान के प्रभावों (temperature effect) को निरस्त (cancel) किया जा सकता है।

3.10.9. सौर शक्ति (Solar Power)

सूर्य (sun) ऊर्जा (energy) का एक विस्तृत स्रोत (vast source) है। इधर कई वर्षों में ऐसे अनेक अनुसंधान (research) हुए हैं जिनके परिणामस्वरूप ऐसी व्यावहारिक युक्तियों (practical devices) का विकास हुआ है जिनसे इस स्रोत का उपयोग (use of this source) संभव है और आज कार्यकारी रूप से प्रयोग हो रहे हैं।

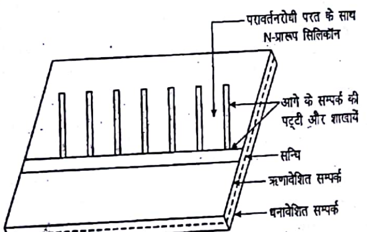
इसका एक महत्त्वपूर्ण अनुप्रयोग (important application) सौर शक्ति को सीधे ही वैद्युत शक्ति में परिवर्तित करने में हुआ है। इस अनुक्रिया (phenomenon) को ''प्रकाश वोल्टीय प्रभाव'' (photo-voltaic effect) कहते हैं। सौर सेल (solar

Scanned by CamScanner

cell) एक अति महत्वपूर्ण प्रकाश वोल्टीय युक्ति (photo-voltaic device) है जिसके द्वारा सौर विकिरण (solar radiation) अथवा उसकी प्रकाश ऊर्जा (light energy) को सीधे ही वैद्युत ऊर्जा (electrical energy) में परिवर्तित किया जा सकता है।

सौर सेल (solar cell) मूलत: P-N संधि की एक पतली चक्रिय (thin disc) है जिसकी सतह का क्षेत्र बड़ा है। P-प्रारूप के पदार्थ की एक बहुत पतली कुछ माइक्रॉन मोटाई की परत को चक्रिका (disc) के ऊपरी सतह पर विसरित (diffuse) करके एक छिछली P-N संधि बनाई जाती है। फिर इसे काँच आवास (glass container) में बन्द कर दिया जाता है जिसकी ऊपरी सतह को सिलिकॉन ग्रीज से भर दिया जाता है ताकि परावर्तन की हानि (losses of reflection) की रोकथाम हो सके। जब प्रकाश की किरणें (light rays) इस प्रयोजन की सतह (surface of arrangement) पर पड़ती है दो प्रकाश उत्सर्जन प्रक्रम (photo emission) N पट्टिका (plate) से P (plate) की ओर इलेक्ट्रॉनों का प्रवाह (flow of electrons) होता है। यह एक विभवान्तर (potential difference) को बनाता है जिससे परिणाम स्वरूप वैद्युत धारा (current flow) होता है। सामान्य रूप से प्रयोग होने वाली एक सौर सेल (solar cell) के चित्र 3.12 में दिखाया गया है।

चित्र में दिखाये गये सौर सेल के सिलिकॉन के एक क्रिस्टल (single crystal silicon) को फांक (slice) से विकसित किया जाता है। इसका सदर्श आमान (typical size) $20\,mm \times 20\,mm \times 300\,\mu m$ है। अपद्रवित बोरोन क्रिस्टल में फॉस्फोरस विसरित (diffuse) करके N-P आकृति (configuration) को विकसित किया जाता है। धातु संपर्क (metal contacts) को सैल के आगे और पीछे प्लेटिंग द्वारा (plated कर के) लगाया जाता है और कार्यकारी सतह (active surface) पर सिलिकॉन ऑक्साइड या टिटेनम ऑक्साइड को परावर्तन रोधी परत (anti-reflective layer) का लेपन (coated) किया जाता है।



चित्र 3.12–सामान्यता उपयोग होने वाली सौर सैल का ऊपरी दृश्य

सौर सेल का निर्गम, सूर्य की किरणों के आपतन कोण (angle of incidence) की कोज्या को विलोमानुपाती (inversely proportional to cosine) होता है। तापमान में वृद्धि (rise in temperature) परिवर्तन की दक्षता (conversion efficiency) में तेजी से गिरावट (sharp fall) लाती है। एक स्थाई रूप से परिवर्तन की अवस्था (steady state conversion) के लिए लगभग 600°C का तापमान पर्याप्त (optimum temperature) होगा।

वातावरण (Atmosphere) में नमी (moisture) या कार्बन डाइ-ऑक्साइड की उपस्थिति (presence) सौर सेल के कार्य दायित्व (performance) पर बुरा प्रभाव डालती है। सौर सेल की कुल दक्षता (overall efficiency) 10 से 12% तक होती है।

वोल्टता और धारा के यौगिक मान (total) को, सौर सेलों के श्रेणी (series), समान्तर (parallel) संबंध (connection) द्वारा बढ़ाया जाता है। इस व्यवस्था से सौर बैट्री विकसित होती है जिसे आम तौर पर सौर बैंक (solar bank) कहा जाता है।

सौर सैलों का अनुप्रयोग (Application of solar sell)—प्राय: छोटे वैद्युत शक्ति के स्रोत (small power source) के रूप में घड़ियाँ गणनक (कैल्कुलेटर) ग्रामीण क्षेत्रों में दूरभाष (टेलीफोन), सौर जल ऊष्मक (solar water heater), सौर पम्प तथा अंतरिक्ष अनुसंधान कार्यों (space research work) आदि में किया जाता है।

3.11. वैद्युत अभियांत्रिकी में अर्धचालक पदार्थों के प्रयोग के लाभ (Merits of Semiconductor Materials for use in Electrical Engineering)

(i) वे आमान में बहुत छोटे और हल्के होते हैं।

(ii) दिष्टकारी (rectifier) या ट्रांजिस्टर के रूप में प्रयोग होते समय इनके लिए ऊष्मक (heater) या तंतु (filament) की आवश्यकता नहीं होती है। जैसे कि इलेक्ट्रॉनीय वाल्वों या दिष्टकारियों (rectifiers) में होती है।

(iii) वे निम्न शक्ति (power) का व्यय करते हैं और इस प्रकार उच्च दक्षता (high efficiency) का परिणाम प्रदान करते हैं।

(iv) इनकी आयु लम्बी होती है और इन पर जरण (ageing) का लगभग नगणनीय (negligible) प्रभाव होता है।

(v) ये लगभग आघातरोधी (shock proof) होते हैं।

(vi) निम्न वोल्टता (low voltage) पर कार्य करते हैं।

अभ्यास-प्रश्न

1. अर्द्धचालक पदार्थों के नाम लिखिये।
2. अर्द्धचालक के साथ अशुद्धि के रूप में कौन-से पदार्थ मिलाये जाते हैं ?
3. इन्ट्रिन्जिक तथा एक्सट्रिन्जिक अर्द्धचालक किसे कहते हैं ?
4. डोपिंग से क्या अभिप्राय है ? बाह्य (एक्सट्रिन्जिक) अर्द्धचालक पर तापमान का प्रभाव समझाइये। *(U.P. 1999)*
5. इन्ट्रिन्जिक अर्द्धचालक से आप क्या समझते हैं ? एक इन्ट्रिन्जिक अर्द्धचालक को P-टाइप अर्द्धचालक में बदलने के लिये कौन-सा पदार्थ प्रयोग में लाया जाता है ? बताइये। *(U.P. 2002)*
6. P-टाइप तथा N-टाइप अर्द्धचालक में अन्तर लिखिये। *(U.P. 1998)*
7. अर्द्धचालक के कुछ उपयोगों का वर्णन कीजिये।
8. कम्प्यूटर मैमोरी युक्तियों को बनाने में प्रयुक्त पदार्थों पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिये।
9. उल्लेख करें कि संयोजन चक्र (valence ring) में कितने इलेक्ट्रॉनों द्वारा (क) सवोत्तम चालक (the best conductor)
   (ख) सर्वोत्तम विद्युतरोधी (the best insulator) बनाता है?
10. ऐल्यूमिनियम तथा गैलियम दोनों में ही तीन संयोजक इलेक्ट्रॉन (valance electrons) हैं। कारण दें कि क्यों ऐल्यूमिनियम एक अच्छा चालक है? लेकिन गैलियम ऐसा नहीं है?
11. ऊर्जा (energy) के पाँच ऐसे स्रोतों (sources) के नाम लिखें जो परमाणु (atom) को उत्तेजित कर सकते हैं।
12. सोडियम या लीथियम में कौन अधिक उत्तम चालक है? स्पष्ट करें।
13. स्पष्ट करें कि संयोजी बैण्ड (valence band) के नीचे स्थित इलेक्ट्रॉनों की तुलना में, उसके ऊपर स्थित संयोजक इलेक्ट्रॉन (valence) तापीय उत्तेजन (thermal excitation) के लिए क्यों अधिक प्रतीत होता है?
14. स्पष्ट करें कि उच्च तापमानों (high temperature) पर एक नैज अर्धचालक (intrinsic semi-conductor) में प्रतिरोधकता (resistivity) क्यों घटती है?

Scanned by CamScanner

15. सिरेमिक पदार्थ पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। *(U.P. 2004)*
16. इन्ट्रिन्सिक एवं एक्सट्रिन्सिक अर्द्धचालक पदार्थों के अन्तर का वर्णन कीजिए। *(U.P. 2005)*
17. PCBS को बनाने के लिए उपयोग में आने वाले पदार्थों का नाम एवं गुणों का उल्लेख कीजिए। *(U.P. 1993)*
18. ट्रांजिस्टर निर्माण में उपयोग करने के लिए जर्मेनियम व सिलिकान की तुलना कीजिए। *(U.P. 1997)*
19. निम्नलिखित में से कौन से परमाणु (atom) *N*-प्रारूप के अपद्रव्य (impurity) तथा कौन से *P*-प्रारूप के अपद्रव्य के रूप में प्रयोग हो सकते हैं?
    (i) जस्ता (zinc)
    (ii) गैलियम
    (iii) कार्बन
    (iv) गंधक (sulphur)
    (v) बेरियम
20. परम शून्य (absolute zero) पर अर्धचालक (semi-conductor) में कौन से धारा वाहक (current carriers) उपलब्ध होते हैं? लिखे।
21. इनमें बहुसंख्यक वाहकों (majority carriers) के नाम लिखें—
    (i) *N*-प्रारूप अर्धचालकों (*N*-Type semi-conductors) में
    (ii) *P*-प्रारूप अर्धचालकों (*P*-Type semi-conductors) में
    (iii) नैज अर्धचालकों (Intrinsic semi-conductors) में।
22. इलेक्ट्रॉनीय वाल्वों से तुलना करते हुए, समान कार्यों के लिए अर्धचालक दिष्टकारी (semi-conductor rectifier) तथा ट्रांजिस्टरों के लाभ लिखें।
23. औद्योगिक अनुप्रयोगों (Industrial applications) में अर्ध-चालकों (semi-conductors) के उपयोग लिखें।
24. अर्धचालकों हेतु सिलिकोन को जरमेनियम से श्रेष्ठतर क्यों माना जाता है? संधारित्रों व ट्रांजिस्टरों में प्रयुक्त पदार्थों के नाम दीजिये। *(U.P. 2015)*
25. *P* व *N* प्रकारी अर्धचालक क्या है? इनके अनुप्रयोग बताइये। *(U.P. 2015)*
26. अर्धचालक क्या होते है? इनके प्रकार बताइये। उनके अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिए। *(U.P. 2016)*
27. PCB व I.C.S. के पूर्ण नाम बताइये। इनके विनिर्माण में प्रयुक्त पदार्थों के नाम दीजिये तथा नामों के सम्मुख इन पदार्थों की प्रकृति लिखिये। *(U.P. 2016)*

4 विद्युतरोधी पदार्थ (Insulating Materials)

4.1. परिचय (Introduction)

प्राथमिक रूप से, कोई भी ऐसा पदार्थ जो विद्युतरोधन कर सके, अर्थात् उसके सिरों पर विभव में अन्तर के प्रयुक्त किये जाने पर वह विद्युत प्रवाह को रोके, उसे विद्युतरोधी कहा जाता है। अगर हम अपने आस-पास विभिन्न प्रकार के वैद्युत अनुप्रयोगों को देखें तो हमें इनमें सामान्य रूप से दो प्रकार के पदार्थ मिलेंगे—एक जो चालकीय पदार्थ (conducting material) के तौर पर जाने जाते हैं और दूसरे वे जो विद्युतरोधी (Insulating Material) कहलाते हैं। यहाँ इनके कुछ उदाहरण प्रस्तुत किए जा रहे हैं।

आपके घर में जो वैद्युत तार संस्थापन (electrical wiring) है उसमें ताँबे या एल्यूमिनियम के चालक होते हैं और उन पर किसी प्रकार की विद्युतरोधी आवरण रबड़, प्लास्टिक या वार्निश लगे सूती कपड़े या कैम्ब्रिक लपेटन (cambric tape) के रूप में होती है।

वैद्युत इस्त्री में उच्च प्रतिरोध चालक तार ऊष्मा प्रजनन के लिए होता है तथा उसके साथ अभ्रक अथवा एस्बेस्टस का विद्युतरोधन लगा होता है जिससे कि इस्त्री के बाह्य कवच में धारा का प्रवाह न हो सके। वैद्युत पंखे में एकल फेस मोटर होता है जिसकी कुण्डलन स्टेटर पर स्थित होती है और ताँबे के चालकों से बनी होती है और उस पर आवरण के रूप में वार्निश लगा कपड़ा या कैब्रिक लगा होता है। रास्ते (सड़कों) पर जो शिरोपरि चालक विद्युत ऊर्जा के वितरण के लिए लगे होते हैं। वे ऐल्यूमिनियम या इस्पात क्रोड पर स्थित ऐल्यूमिनियम चालक के रूप में होते हैं जिनके बीच वायु विद्युतरोधक के रूप में होती है। वैद्युत के उपयोग का कोई भी उपकरण हो, एक साधारण टार्च से जटिल शक्ति जनित्र संस्थानों तक अथवा रॉकेट छोड़ने वाले स्थल तक में परिपथ के प्रत्येक भाग में एक या अधिक प्रकार के विद्युतरोधी पदार्थ अवश्य होंगे जो चालक भाग के विद्युतरोधन करने के लिए प्रयोग होते हैं।

विद्युतरोधन के दोषी होने का अधिकांशतः एक मात्र कारण है कि किसी विद्युत उपकरण के भंजन के अलावा मानवीय, क्रियाकारी अथवा परिकल्प की त्रुटियों के विद्युतरोधी पदार्थों के महत्त्व को भूतकाल में काफी समय तक नकारा जाता रहा है। लेकिन जटिल आकांक्षाओं में वृद्धि, विद्युतरोधी पदार्थों के क्रियान्वयन के दौरान आचरण के मूल तत्त्वों तथा विभिन्न परिस्थितियों में भंजन की यांत्रिकी को समझने पिछले दो दशकों में इस वर्ग में पदार्थों को अति महत्त्वपूर्ण बना दिया है। विद्युतरोधी पदार्थों को इसलिए भी महत्त्वपूर्ण माना गया क्योंकि तकनीकी को अनेक शाखाओं में शायद ही कोई दूसरा ऐसा वर्ग

Scanned by CamScanner

होगा जिसमें पदार्थों की संख्या में इतनी द्रुत गति से वृद्धि हुई है। इस समय हजारों विद्युतरोधी पदार्थ बाजार में उपलब्ध है। परमाणु सिद्धान्त के आधार पर, विभिन्न पदार्थ में जो मूल अन्तर है, इस पर हम पहले ही विचार कर चुके हैं। (पूर्व अध्यायों में) वहाँ यह स्पष्ट किया जा चुका है कि विभिन्न प्रकार के वैद्युत अभियान्त्रिकी पदार्थों का वर्गीकरण, धारा के प्रवाह को अनुमति करने अथवा रोकने की उनकी क्षमता पर आधारित होता है।

वैद्युत विभावान्तर प्रयुक्त किये जाने पर विद्युतरोधी पदार्थ अपने भीतर से धारा का प्रवाह का कड़ा विरोध करते हैं।

अब हम विद्युतरोधी पदार्थों के विभिन्न लक्षणों व गुणों का अध्ययन करेंगे तथापि reader को यह सचेत कर देना आवश्यक है कि इसके अलावा उन लक्षणों व गुणों को जिन्हें हम आगे आने वाले परिच्छेदों में पढ़ेंगे, अन्य कुछ महत्त्वपूर्ण कारण भी जिन्हें विद्युतरोधी पदार्थ का चयन करते समय ध्यान में रखना होगा। इन्हें अनुच्छेद 4.1 में पहले विचार-विमर्श के लिए लिया जा चुका है और यहाँ इनका सार इस प्रकार होगा—

- विनिर्माण (fabrication) में आसानी
- उपलब्धता (availability)
- अमूल्य अथवा लागत (cost)

4.2. विद्युतरोधी पदार्थों के सामान्य गुण (Properties of Insulating Materials)

किसी उचित विद्युतरोधी पदार्थ के चयन में कठिनाइयों से निपटने के लिए उसके विभिन्न लक्षणों व गुणों की जानकारी, एक शक्तिशाली अस्त्र होती है। व्यापक आकांक्षाओं तथा बाजार में हजारों की संख्या में विद्युतरोधी पदार्थों के उपलब्ध होने से पैदा होने वाली उलझनों से निपटने के लिए इसका ज्ञान ही एकमात्र रास्ता है। बचाव का विद्युतरोधन के चयन में प्रभावी लक्षणों का पूर्ण अध्ययन तो एक सदर्श पुस्तक (reference book) का विषय बनेगा, तथापि यहाँ हम उन गुणों पर विचार करेंगे जो तुलनात्मक रूप से अधिक महत्वपूर्ण हैं।

हम जिन विभिन्न गुणों का अध्ययन करेंगे, उन्हें हम निम्नलिखित वर्गों में रख सकते हैं—

- चाक्षुष गुण (Visual properties)
- वैद्युत गुण (Electrical properties)
- यांन्त्रिक गुण (Mechanical properties)
- तापीय गुण (Thermal properties)

उपरोक्त क्रम अनिवार्य रूप से महत्त्व पर अधारित नहीं है। इर अनुप्रयोग गुणों की अपनी अलग माँग अथवा आकांक्षा करता है और वरीयता चाहता है। अचरज की बात है अधिकतर मामलों में यांन्त्रिक लक्षणों की वैद्युत लक्षणों में उच्चतम वरीयता की माँग होती है। आइये हम इस महत्त्वपूर्ण मुद्दे को ओर अधिक स्पष्ट करें। एक विद्युतरोधी का प्राथमिक कार्य वैद्युत है अर्थात् विद्युतरोधन करना है। किसी विशिष्ट अभियान्त्रिक अनुप्रयोग के अनुसार अक्सर तापीय स्थायित्व, रसायन रोधन, नमी रोधन तथा जरण जैसे गुण महत्त्व रखते हैं।

4.2.1. वैद्युत गुण (Electrical Properties)

विद्युतरोधी पदार्थ का प्राथमिक कार्य वैद्युत रोधन है इसलिए इन गुणों का महत्त्व स्पष्ट है। विभिन्न विद्युतरोधी गुणों निम्नलिखित रूप से होंगे।

4.2.1.1. विद्युतरोधन प्रतिरोध (Insulation Resistance)—इस गुण से पदार्थ धारा के प्रवाह को रोकता है। इसे यथासम्भव उच्चतम होना चाहिए। वैद्युत दाब लगाए जाने पर, सर्वदा एक वैद्युत धारा का प्रवाह होगा, चाहे उसका मान कितना ही निम्न क्यों न हो क्योंकि विद्युतरोधन प्रतिरोध का मान अनन्त कदापि नहीं होगा। एक विद्युतरोधक से यदि निम्न धारा I

प्रवाहित होती है, जब उस पर एक वोल्टता V प्रयुक्त की जाती है तो उसके विद्युतरोधन प्रतिरोध R को निम्नलिखित सूत्र से व्यक्त किया जाता है—

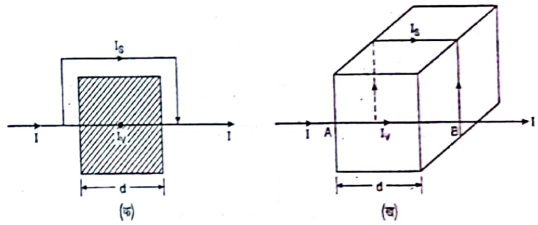
$$R = \frac{V}{I} \qquad ...(4.1)$$

विद्युतरोधन प्रतिरोध दो प्रकार का होता है—

(i) आयतनी प्रतिरोध (Volume resistance)

(ii) पृष्ठीय प्रतिरोध (surface resistance)

चित्र 4.1 (ख) में एक विद्युतरोधी पदार्थ के एक अंश को समदूरीय दृश्य में तथा काट कर चित्र (क) में दिखाया गया है। यदि A और B पृष्ठ पर वोल्टता प्रयुक्त की जाए तो एक धारा का प्रवाह होगा। इस धारा का संभावित पथ सीधे पदार्थ तथा पदार्थ की सतह पर से होकर बनेगा। चित्र 4.1 में पदार्थ में से होकर बहने वाली धारा को I_V से अंकित किया गया है तथा सतह पर से होकर बहने वाली धारा को I_S से अंकित किया गया है। I_S धारा के, सतह से ऊपर से बहने की संभावना नमी होने के कारण या वातावरण अथवा अन्य आस-पास के अपद्रव्यों (impurities) के कारण होगी।



चित्र 4.1 : एक विद्युतरोधी पदार्थ के अंश की आयतनी प्रतिरोधकता तथा पृष्ठ प्रतिरोधकता।
(Volume resistivity and surface resistivity of a piece of insulating material)

(i) आयतनी प्रतिरोध (Volume Resistance)—धारा I_V के लिए, पदार्थ के प्रवाह के विरोध में जो प्रतिरोध प्रस्तुत होगा उसे "आयतनी प्रतिरोध" कहा जाएगा। पदार्थ के एक इकाई परिमाप वाले घन के लिए इसे आयतनी प्रतिरोधकता (volume resistivity) है जो पदार्थ द्वारा अपने शरीर से होकर धारा के प्रवाह के विरोध में प्रस्तुत किया जाता है और इसे भी इसी प्रकार व्यक्त किया जाता है जैसे कि चालकीय पदार्थ के लिए व्यक्त होता है अर्थात् विद्युतरोधी पदार्थ के लिए भी अन्य पदार्थों की भाँति ही, आयतनी प्रतिरोध को इस प्रकार व्यक्त किया जाएगा—

$$R_V = \rho_V \frac{d}{a}$$

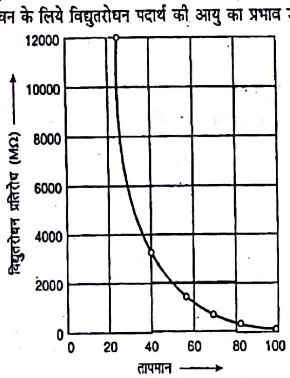
जहाँ ρ_V को आयतनी प्रतिरोधकता कहते हैं और ओह्म-मीटर में व्यक्त करते हैं, 'd' पदार्थ में धारा के पथ की लम्बाई है (मीटर में, 'a' धारा के पथ का अनुप्रस्थ काट क्षेत्र (cross-sectional area) है। (धारा की दिशा के लम्बवत् वर्ग मीटर m^2 में)।

(ii) पृष्ठीय प्रतिरोध (Surface resistance)—धारा I_S जो कि विद्युतरोधी पदार्थ के पृष्ठ पर बहती है, के प्रवाह के लिए पदार्थ द्वारा जो प्रतिरोध प्रस्तुत किया जाये उसे "पृष्ठ प्रतिरोधकता" (surface reststance) कहते हैं। पृष्ठ प्रतिरोधकता आर्द्रता (humidity) पर निर्भर होती है।

Scanned by CamScanner

विद्युतरोधन प्रतिरोध पर विभिन्न कारकों का प्रभाव (Effect of various factors on Insulation resistance)—

1. विद्युतरोधन प्रतिरोध पर भिन्न-भिन्न तापमान का बहुत प्रभाव पड़ता है। एक सदर्श उदाहरण के रूप में, जैसा चित्र 4.2 में दिखाया गया है तेल संशोधित कागज अवरोधन (oil impregnated paper insulation) के लिए प्रतिरोध मान, तापमान की वृद्धि के साथ घटता है।
2. नमी के उद्भासन (exposure) से पृष्ठ विद्युतरोधन प्रतिरोध में विशेष घटती कमी होती है। जहाँ विद्युतरोधन वातावरण में नमी से प्रभावित हो सकती है, वहाँ यह कारक अति महत्त्वपूर्ण है, क्योंकि ये विद्युतरोधन के भंजन के मुख्य कारणों में से एक है।
3. विद्युत प्रतिरोध का मान प्रयुक्त वोल्टता तथा कुछ सीमा एक उसकी दिशा से प्रभावित होता है।
4. आयु के साथ भी विद्युतरोधी पदार्थ का मान घटता है इसलिए वैद्युतरोधन का प्रयोग जिस उपकरण के लिए किया जा रहा है उसके जीवन के लिये विद्युतरोधन पदार्थ की आयु का प्रभाव उस उपकरण पर पड़ता है।



चित्र 4.2 : तेल संशोधित कागज विद्युतरोधन में तापमान के साथ विद्युतरोधन प्रतिरोध की विभिन्नता

4.2.1.2. परावैद्युत सामर्थ्य (Dielectric strength)—प्रत्येक वैद्युत उपकरण का परिकल्प एक निश्चित वोल्टता परिसर के लिए किया जाता है और तद्नुसार ही उसे प्रयोग किया जाना चाहिए। यदि धीरे-धीरे वोल्टता को बढ़ाया जाता है तो तर्क संगत है कि एक वोल्टता मान पर भंजन होगा, जो विद्युतरोधन के गुण को स्थायी रूप से खराब कर देगा, विशेषकर ठोस विद्युतरोधी पदार्थ में द्रवीय या गैसीय विद्युतरोधी पदार्थों में संभवत: ऐसा नहीं होगा। (यह गुण जो इस प्रकार के भंजन से सबन्धित है, या उस पर आधारित है) "परावैद्युत सामर्थ्य" कहलाता है।

अत: परावैद्युत सामर्थ्य अथवा वैद्युत सामर्थ्य या भंजन वोल्टता वह न्यूनतम वोल्टता है जिसे विद्युतरोधन पदार्थ पर प्रयुक्त करने पर उसके विद्युतरोधन के गुण नष्ट हो जाते है। दूसरे शब्दों में, किसी विद्युतरोधी पदार्थ का परावैद्युत सामर्थ्य विभव प्रवणता का वह अधिकतम मान है जो वह बिना हानि के टूटने या rupture को सहन कर सकता है इस वोल्ट या किलोवोल्ट विद्युतरोधी पदार्थ के लिए प्रति इकाई मोटाई में व्यक्त किया जाता है। पदार्थ को किस परिस्थति या अवस्था में प्रयोग किया जा रहा है। इसके अनुकूल ही यह मान भी प्रभावित होता है। इसलिए सदर्श (reference) के रूप में जो मान सूचित किया जाएगा, उसके साथ परीक्षण की परिस्थिति को आवश्यक बताना होगा। सारणी (Table 4.1) में विभिन्न विद्युतरोधी पदार्थों के लिए परावैद्युत सामर्थ्य के सन्निकट मानों (approximate value) को दिया गया है।

सारणी 4.1 : विभिन्न विद्युतरोधी पदार्थों की परावैद्युत सामर्थ्य
(Dielectric Strength for different Insulating Materials)

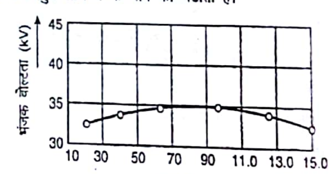
पदार्थ (Material)	परावैद्युत सामर्थ्य (Dielectric Strength) (किलोवोल्ट/मिलीमीटर)
प्राकृतिक रबड़	24
कृत्रिम रबड़	4.0-36
एस्बेस्टस (कागज आधारित रतन)	3.5-4
अभ्रक	80
उच्च वोल्टता पोर्सलीन	10-16
निम्न वोल्टता पोर्सलीन	1.5-4

उपरोक्त मान मानक नहीं हैं और इन्हें यहाँ केवल तुलनात्मक अनुमान के लिए दिया गया है। जब किसी उपकरण का परिकल्प किया जाता है तब विद्युतरोधी पदार्थ की मोटाई तय करने में पैरावैद्युत सामर्थ्य को प्राथमिक रूप से अति महत्त्वपूर्ण माना जाता है। उच्च परावैद्युत सामर्थ्य वाले पदार्थों के प्रयोग से उपकरण की लागत में घटत प्राप्त होती है।

परावैद्युत सामर्थ्य को प्रभावित करने वाले कारक (Factors Affecting Dielectric Strength)

1. वायु तापमान में वृद्धि के साथ परावैद्युत सामर्थ्य में घटत होती है। द्रवीय विद्युतरोधी पदार्थ में इसका प्रभाव तेल के प्रारूप के अनुसार तय होता है।

   चित्र 4.3 में परिणामित्र तेल (transformer oil) की भंजन वोल्टता पर तापमान के प्रभाव को एक वक्र द्वारा दिखाया गया है।
2. आर्द्रता सामान्यत: परावैद्युत सामर्थ्य के मान को घटाती है।



चित्र 4.3 : ट्रांसफार्मर तेल के परावैद्युत सामर्थ्य पर तापमान का प्रभाव
(Effect of temperature on dielectric strength of transformer oil)

4.2.1.3. परावैद्युत स्थिरांक (Dielectric Constant)—हर विद्युतरोधी पदार्थ में एक मूल गुण होता है कि उस पर वोल्टता V प्रयुक्त किये जाने पर, वह आवेश Q संग्रह करता है, आवेश, वोल्टता के समानुपाती होता है,

अर्थात्
$$Q \propto V$$
अथवा
$$Q = C.V$$

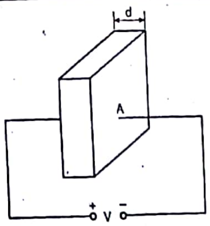
जबकि C को वोल्टता प्रयुक्त किए जाने वाले पदार्थ की 'धारिता' या 'संधारित्र' (capacitance) कहते हैं परन्तु केवल कुछ ही को व्यावहारिक रूप से संधारित्रों के रूप में प्रयोग किया जाता है।

Scanned by CamScanner

भिन्न-भिन्न पदार्थों के लिए संधारिता का मान भी भिन्न होता है। यदि भौतिक विमानन (dimension) में अन्तर न हो तो पदार्थ का वह गुण जो धारिता में अन्तर करता है, 'परावैद्युत स्थिरांक' (dielectric constant) या विद्युतशीलता (Permittivity) के नाम से जाना जाता है। चित्र 4.4 को देखें यहाँ संधारिता को इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है—

$$C \propto \frac{A}{d}$$

और $$C = \varepsilon \frac{A}{d} \qquad ...(4.4)$$



चित्र 4.4 : एक विद्युतरोधी पदार्थ जिसके सिरों पर वोल्टता प्रयुक्त किया गया है (An insulating material across which a voltage is applied)

जहाँ A विद्युतरोधी के पृष्ठ का क्षेत्रफल है। d दोनों पृष्ठों के बीच की दूरी है। ε परावैद्युत स्थिरांक अथवा विद्युतशीलता है।

सारणी 4.2 : विभिन्न विद्युतरोधी पदार्थ के परावैद्युत स्थिरांक
(Dielectric Constants for different insulating materials.)

$\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ Farad metre^{-1}	
पदार्थ (Material)	परावैद्युत स्थिरांक ε_r (Dielectric constant)
कागज	2.0-2.4
अभ्रक	2.5-6.6
कांच	5.4-9.9
संगमरमर	8.3
हीरा	16.5
तेल	2.2-4.7
मोम (पैराफिन)	2.1-2.5
पोर्सलीन	5.7-6.8
रबड़	2.0 × 3.5
काष्ठ	2.5 -7.7
जल	7.0

तथा $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$, जहाँ ε_r पदार्थ का परावैद्युत स्थिरांक (dielectric constant) और ε_0 निर्वात का परावैद्युत स्थिरांक या विद्युतशीलता है। ε_0 का मान $= 8.854 \times 10^{-12}$ फैरड प्रति मीटर होता है।

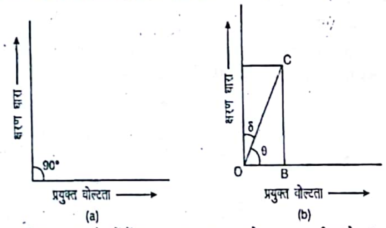
विद्युतशीलता या परावैद्युत सामर्थ्य एक महत्वपूर्ण गुण और किसी दिए गए अनुप्रयोग के लिए पदार्थ के चयन के समय इसे उचित महत्व देना चाहिए। सारणी 4.2 में विभिन्न पदार्थों के लिए विद्युतशीलता के मान को दिया गया है। अधिकतर अनुप्रयोगों में विद्युतरोधन के लिए श्रेणीक्रम में दो या अधिक विद्युतरोधी पदार्थ होते हैं। उदाहरण के लिए, यदि साधारण कागज का विद्युतरोधन है तो यथार्थ में यहाँ दो पदार्थ हैं—एक कागज तथा दूसरा वायु जो कागज के अतिनिम्न छिद्रों में व्याप्त होती हैं। जब कागज को तेल, मोम या रेजिन से क्रियान्वित किया जाता है तो स्पष्ट है कि विद्युतरोधन व्यवस्था का दूसरा पदार्थ तेल,

मोम या रेजिन होता है। परावैद्युत स्थिरांक का महत्त्व इस तथ्य में है कि जब प्रत्यावर्ती वोल्टता को इस संयुक्त विद्युतरोधन पर प्रयुक्त किया जाता है तो विद्युतरोधन पर वोल्टता वितरण पदार्थों के (oil impregnable paper insulation) परावैद्युत स्थिरांकों के विलोमानुपाती (inversely proportional) होता है। आइए हम बिवैल संशोधित कागज विद्युतरोधी का उदाहरण लें। मान लें कि समान मोटाई की तेल परत जिसका परावैद्युत स्थिरांक 2 है, तथा कागज, जिसका परावैद्युत स्थिरांक 4 है, श्रेणीक्रम में लगी है 67% वोल्टता तेल पर तथा 33% कागज पर प्रभावी होगी। यदि इस संयुक्त विद्युतरोधन में कहीं पर वायु अन्तराल भी है तो यह वोल्टता के वितरण में और भी गड़बड़ी करेगी और जटिलताओं को प्रस्तुत करेंगी।

इसलिए संयुक्त अवरोधन का परिकल्प करते समय यह देखना होगा कि प्रयोग किए जा रहे विद्युतरोधी पदार्थों का परावैद्युत स्थिरांक उपयुक्त है, ताकि उनमें से किसी एक पर कोई खतरनाक वोल्टता प्रभावी न होने पाए।

तापमान तथा आर्द्रता भी परावैद्युत स्थिरांक को प्रभावित करती है लेकिन यह कोई विशेष नहीं है।

4.2.1.4. परावैद्युत हानि (Dielectric loss)—एक आदर्श विद्युतरोधन पर प्रत्यावर्ती वोल्टता प्रयुक्त करना, किसी आदर्श संधारित्र पर प्रत्यावर्ती वोल्टता लगाने के समान है। ऐसी स्थिति में शक्ति का कोई भाग व्यय नहीं होता है। केवल निर्वात और शुद्ध गैसें ही इस निकट आदर्श अवस्था को प्राप्त करती है।



चित्र 4.5 : परावैद्युतों में क्षरण धारा तथा प्रयुक्त वोल्टता का कलीय (फेज) सम्बन्ध (Phase relation between leakage current and applied voltage

इस स्थिति में आवेषण धारा, प्रयुक्त वोल्टता से पूर्व 90° आगे रहेगी जैसा कि चित्र 4.5 (a) में दिखाया गया है। इसका अर्थ होगा कि विद्युतरोधन पदार्थों में कोई शक्ति हानि नहीं है पर अधिकतर विद्युतरोधी पदार्थों में ऐसा नहीं होता है। जब किसी विद्युतरोधक पर प्रत्यावर्ती वोल्टता प्रभावी होती है तो एक निश्चित मात्रा में ऊर्जा व्यय होता है। ऊर्जा के इस व्यय को इस प्रकार "परावैद्युत हानि" कहते हैं।

व्यावसायिक विद्युतरोधकों में क्षरण धारा प्रयुक्त वोल्टता से यथार्थ 90° आगे नहीं रहती है। चित्र 4.5 (b) देखें। कला का कोण सर्वदा 90° से कम ही रहता है। पूरक कोण (complementary angle = 90°) को परावैद्युत हानि कोण कहते हैं। एक विद्युतरोधक के लिए जिसकी धारिता C है और जिस पर प्रयुक्त वोल्टता V है। f Hz की आवृत्ति पर परावैद्युत हानि की गणना इस प्रकार हो सकती है—

$$P = VI \cos\theta$$

$$= V^2 \times 2\pi f \; C \sin\delta$$ जबकि संधारित्रीय प्रतिघात (Capacitive reactance) है।

$$= V^2 \times 2\pi f \; C \sin\delta \qquad \because \cos\delta = \sin\delta$$ (देखें अनुच्छेद 4.5)

(ख) अधिकतर अवरोधकों में δ कोण बहुत निम्न होता है।

$$P = V^2 2\pi f C \tan\delta \qquad ...(4.5)$$

Scanned by CamScanner

उपरोक्त समीकरण से यह विदित है कि शक्ति हानि tan δ पर निर्भर होती है यदि अन्य सभी कारक जैसे वोल्टता, आवृत्ति और संधारिता स्थिर हों। इसी कारण tan δ को विद्युतरोधक का शक्ति गुणांक (Power factor of insulation) भी कहते हैं।

■ परावैद्युत हानि को प्रभावित करने वाले कारक (Factors Affecting Dielectric loss)

1. प्रयुक्त वोल्टता की आवृत्ति की वृद्धि के समानुपाती ही हानि में वृद्धि होती है।
2. तापमान की वृद्धि के सामान्यत: हानि में वृद्धि होती है।
3. आर्द्रता की उपस्थिति से हानि में वृद्धि होती है।
4. वोल्टता में वृद्धि हानि को बढ़ाती है।

परावैद्युत हानि एक अभियान्त्रिकी समस्या है जिसमें ऊष्मा उत्पत्ति तथा ऊष्मा विसर्जन मूल कारक है। इन दोनों को सन्तुलन में उचित रूप से समझना, हर अनुप्रयोग के लिए अनिवार्य होता है। उच्च वोल्टता के अनुप्रयोगों में परावैद्युत हानि की प्रधान एक भूमिका होती है। भारतीय मानक संस्थान (Indian Standards Institution) ने 33 kV या उच्च केबिलों के लिए, अनुमय परावैद्युत हानि का निर्धारण (specification) किया है।

■ परावैद्युत शक्ति गुणांक/वोल्टता का परीक्षण (Dielectric Power Factor Voltage Test)

1. यह परीक्षण केवल 19/33 केबिलों पर प्रभावी होता है।
2. प्रत्येक क्रोड का परावैद्युत शक्ति गुणांक के लिए सामान्य कक्ष तापमान पर, परीक्षण होगा जिसमें निम्नलिखित की आवृत्ति की प्रत्यावर्ती वोल्टता चालक और आवरण के बीच प्रयुक्त होगी—

   9.5 kV   28.5 kV

   19 kV   38 kV

3. मापन को शेरिंग सेतु (Shering bridge) द्वारा एक हानि मुक्त संधारित्र को मानक के रूप में प्रयोग किया जायेगा।
4. मापन किये गये शक्ति गुणांक का मान निर्धारित वोल्टता पर (अर्थात् 19 kV पर) निर्माता द्वारा घोषित मान से अधिक नहीं होगा और किसी भी दशा में नीचे दी गई सारणी में दिये गये पर्याप्त मान से अधिक नहीं होगा।
5. विनिर्धारित वोल्टता के आधे मान (9.5 kV तथा दुगुने मान) 38 kV पर शक्ति गुणक में अन्तर का मान, निर्माता द्वारा घोषित मान से अधिक नहीं होगा और किसी भी दशा में नीचे दी गई सारणी में दिए पर्याप्त मान से अधिक नहीं होगा।

19/33 केबिलों के लिए परावैद्युत शक्ति गुणांक नीचे दर्शाये गये हैं—

विद्युत रोधन प्रारूप Type of insulation voltage (19 kV)	विनिर्धारण वोल्टता पर अधिकतम शक्ति गुणांक Maximum power factor of एकल क्रोड परदे	अधिकतम अन्तर अध विनिर्धारित वोल्टता 9.5 kV तथा दुगनी निर्धारित वोल्टता 38 kV के शक्ति गुणांक के मान में	
		एक क्रोड परदे वाला केबिल	तीन क्रोड परदे वाला केबिल
स्थूल संसेचित	0.004	0.001	0.0006
स्थूल संसेचित न बहने वाला	0.005	0.006	0.006
संसेचन पूर्व	0.007	0.0006	0.0006

■ 4.2.2. चाक्षुष गुण (Visual Properties)

विद्युतरोधी पदार्थों के चाक्षुष (दिखाई अनिर्भाव देने वाले) गुण निम्नलिखित है—

(क) आविमा (Appearance)

(ख) रंग (Colour)

(ग) क्रिस्टलन (Crystallinity)

अभियान्त्रिक दृष्टि से ये गुण कोई महत्त्व नहीं रखते हैं और इसलिए कार्यकारी रूप से भी इनका कोई महत्त्व नहीं है तथापि विद्युतरोधी के लिए ऐसे कारक जैसे अभिभाव भड़कीले रंग और चिकना या चटाईदार खुरदरी सतह को उपभोक्ता अथवा ग्राहक की इच्छानुसार चयन के लिए रखना आवश्यक होता है।

■ 4.2.3. यान्त्रिक गुण (Mechanical Properties)

विद्युतरोधक के चयन में प्रभावी गुण अनेक हैं पर जहाँ हम केवल उन्हें ही ले रहे हैं जो तुलनात्मक रूप से अति महत्त्वपूर्ण है।

4.2.3.1. यान्त्रिक सामर्थ्य (Mechanical Strength)—अधिकतर ठोस विद्युतरोधकों को उत्पादन के दौरान तथा कार्य के दौरान (किसी उपकरण मे) विभिन्न प्रकार के भार सम्भालने होते हैं। सामर्थ्य का होना इस प्रकार मूल रूप से आवश्यक है लेकिन अनुप्रयोग के अनुसार इसका परिमाण भिन्न-भिन्न होगा। उदाहरण के लिए झूलते हुए पोर्सलीन पृथक्कारी को काफी भार सहन करना होता है, मोटरों तथा जनित्रों को रोटर कुण्डलन को घूर्णी रोटर का अपकेन्द्रीय बल (Centrifugal forces) सहन होता है और घरेलू उपकरणों के साथ प्लग तथा सॉकेट को बार-बार क्रियान्वयन सहन करना होता है।

विद्युतरोधी पदार्थ अनेक प्रकार के यान्त्रिक प्रतिबलों से प्रभावी होता है, जैसे तनन, संपीडन, अपघर्षण रोघन, फटन (tear), कर्तन (shear) तथा आघात इनमें कौन-सा प्रतिबल महत्त्वपूर्ण होगा, यह अनुप्रयोग पर निर्भर होगा।

विद्युतरोधी पदार्थों की यान्त्रिक सामर्थ्य अनेक घटकों पर निर्भर करता है जो निम्नलिखित हैं—

(i) तापमान वृद्धि (Temperature Rise)—चालक में ऊष्मा की उत्पत्ति तथा विद्युतरोधक में परावैद्युत हानि के कारण तापमान में वृद्धि होती है। उच्च तापमान विद्युतरोधी पदार्थ के यान्त्रिक सामर्थ्य को हानिकारक रूप से प्रभावित कर सकते हैं। विद्युतरोधी पदार्थ का चयन करते समय इस कारक को ध्यान में रखना चाहिए और जहाँ उच्च तापमानों की सम्भावना है वहाँ इसे सहन करने के उद्देश्य के अनुसार उपयुक्त पदार्थ का चयन किया जाना चाहिए।

(ii) मौसमी प्रभाव (Clamatic Effects)—आर्द्रता भी विद्युतरोधी पदार्थों के यान्त्रिक सामर्थ्य को हानिकारक रूप से प्रभावित कर सकती है। इसलिए जहाँ आवश्यक हो आर्द्रता अग्राही (non hygroscopic) पदार्थों का चयन किया जाना चाहिए।

4.2.3.2. विस्कॉसिता (Viscosity)—द्रवीय परावैद्युतों में विस्कासिता, उत्पादन प्रक्रमों (manufacturing processes) को प्रभावित करती है। उदाहरण के लिए, कागज विद्युतरोधन वाले केबिलों में कागज के भीतर तेल किस तापमान पर प्रवेश करेगा यह उसकी विस्कॉसिता पर निर्भर करेगा।

परिणामित्र तथा अन्य अनुप्रयोगों में उपयोग होने वाले विद्युतरोधी तेल के शुद्धिकरण के लिए कौन-सी विधि उपयुक्त होगी, यह तेल की विस्कॉसिता पर निर्भर होगा।

4.2.3.3. संरंध्रता (Porosity)—उच्च संरंध्रता वाले विद्युतरोधी पदार्थ नमी रखने की क्षमता को बढ़ा देते हैं और तदनुसार वैद्युत गुणों पर हानिकारक प्रभाव डालते हैं। अत: सामान्य उच्च संरंध्रता वाले परावैद्युतों का प्रयोग वांछनीय

Scanned by CamScanner

(desired) नहीं होता है। लेकिन कुछ अनुप्रयोगों में संरध्रता लाभकारी है और वांछनीय समझी जाती है, उदाहरण के लिए जब कागज को तेल में अवशोषित किया जाता है।

4.2.3.4. घुलनशीलता (Solubility)—अनेक अनुप्रयोगों में, विद्युतरोधन को किसी विलायक में घोल कर लगाना ही सम्भव होता है। ऐसी दशा में विद्युतरोधन पदार्थ को किसी उपयुक्त विलायक में घुलनशील होना चाहिये। विद्युतरोधी वार्निश इसका एक उदाहरण है। इस वार्निश को किसी विलायक में, जैसे ऐसीटोन या toluene में घोलकर ही लगाया जा सकता है। इस प्रकार के विद्युतरोधन को कार्य के दौरान, सम्पर्क में आने वाले द्रवों में घुलना नहीं चाहिए। यदि विद्युतरोधी पदार्थ पानी में घुलनशील है तो वातावरण की नमी उसे हटा देने में सफल होगी और भंजन (break down) उत्पन्न करेगी।

4.2.3.5. मशीन सुकरता या ढलनशीलता (Machinability and Mouldability)—यह गुण सस्ते ढंग से समूह उत्पादन के लिए महत्वपूर्ण है।

■ 4.2.4. तापीय गुण (Thermal Properties)

जैसा कि स्पष्ट किया जा चुका है कि विद्युतरोधन का एक मुख्य कार्य ऊष्मा का स्थानान्तरण हैं। एक भूमिगत केबिल को कार्यकारी अवस्था में देखें। वोल्टता तथा धारा को एक निश्चित सीमा में कार्यान्वयन के लिए इस केबिल को संस्तुति (rcommendation) होती है। मान लें कि वोल्टता अधिक हो गई है। यदि प्रयोग किये गये विद्युत पदार्थ में इस उच्च वोल्टता प्रतिबल को सहन करने की क्षमता हो तो इस अन्तर द्वारा परावैद्युत हानियों में वृद्धि होगी जो ऊष्मा की उत्पत्ति को बढ़ाएगी। अन्ततः विद्युतरोधन का तापमान और भी बढ़ जायेगा और यदि तब विद्युतरोधन के गुणों में कमी होने लगेगी तो एक स्थिति ऐसी भी होगी जब भंजन की घटना हो जायेगी।

दूसरी बात यह है कि जब केबिल के भार की धारा बढ़ेगी तो I^2R हानियाँ बढ़ेंगी, जिनके परिणामस्वरूप फिर एक बार ऊष्मा प्रजनन मे वृद्धि होगी और पूर्व की भाँति बताई गई भंजन की घटना होगी। इस उदाहरण में ऊष्मा स्थानान्तरण क्रिया के महत्त्व का पता चलता है और यह भी यह क्रिया निम्नलिखित के लिए निर्णायक होती है।

(i) वोल्टता विनिर्धारण (Voltage rating) तथा उच्चतम वोल्टता सीमा तथा प्रयुक्त समय जो भंजन बिना सुरक्षात्मक रूप से प्रयुक्त हो सकता है।

(ii) भार तथा अतिभार धारा की सीमा।

(iii) परिवेशी तापमान तथा अधिकतम तापमान जिसे एक विद्युतरोधन सहन कर सकता है।

तापमान का प्रभाव अनेक विविध व महत्त्वपूर्ण गुणों पर होता है जैसे विद्युत यान्त्रिक सामर्थ्य, कठोरता, विस्कॉसिता, घुलनशीलता इत्यादि। यह तथ्य तापीय गुणों को अति महत्त्वपूर्ण बना देता है और इससे हम समझ सकते हैं। कि विद्युतरोधी पदार्थों का एक सम्पूर्ण वर्गीकरण उनके कार्यकारी तापमान के आधार पर ही क्यों किया गया है। विभिन्न तापीय गुणों को विचार-विमर्श के लिए हम यहाँ ले रहे हैं।

4.2.4.1. गलनांक, ज्वलनांक तथा वाष्पशीलता (Melting point, flush point and volatility)—गलनांक का विशेष महत्त्व ऐसे विशिष्ट अनुप्रयोगों में होता है जैसे संशोधित कागज वाले विद्युतरोधन के केबिल के न बहने वाले आमिश्र (non-drawing compound impregnated insulated cable) आदि में वांछनीया यह है कि केबिल के सम्पूर्ण कार्यकारी तापमान परिसर में अवशोषित आमिश्र (impregnating compound) को गलना नहीं चाहिए ताकि तेल का गमन (migration) न हो।

ज्वलनांक (flash point) के कारण केबिल उत्पादन प्रक्रम के दौरान अधिकतम तापमान की सीमा निश्चित होती है ताकि उस समय आग लगने की दुर्घटना न हो।

वाष्पशीलता का महत्त्व इसलिए है कि जब किसी वाष्पशील विद्युतरोधी पदार्थ में वोल्टता के प्रतिबल में प्रभावी होने पर फंसी हुई गैस उबरती (evolve) होती है तो भंजन क्रिया देर से होती है। वाष्पशील पदार्थ एक अच्छा विद्युतरोधक नहीं हो सकता है।

4.2.4.2. तापीय चालकता (Thermal Conductivity)—I^2R हानियों तथा परावैद्युत हानियों के कारण जो ऊष्मा उत्पन्न होती है वह विद्युतरोधक के माध्यम से ही विसर्जित हो जाती है। ऊष्मा का यह प्रभाव कितने ढंग से होगा यह विद्युतरोधक पर निर्भर करता है।

उत्तम तापीय चालकता वाला विद्युतरोधक अपने भीतर से वातावरण में प्रभावी स्थानान्तरण के कारण तापमान वृद्धि को अनुमय नहीं करेगा। उच्च वोल्टता उपकरणों में जहाँ विद्युतरोधन की मोटाई अधिक होती है, यह गुण अधिक महत्त्व रखता है।

4.2.4.3. तापीय प्रसार (Thermal Expansion)—अधिक प्रसार गुणांक रखने वाले विद्युतरोधक समस्या का कारण होता है। उपकरण के भार के बार-बार चक्रों के अनुकूल अवरोधक में फैलाव तथा सिकुड़न के कारण बीच में अंतराल छिद्र बनने की सम्भावना होती है। जब विद्युतरोधन व्यवस्था दो विद्युतरोंधी पदार्थों से बनी हो, तो उनके भिन्न प्रसार गुणाकों के कारण, अन्तराल छिद्रों के बनने की सम्भावना और अधिक होगी। विद्युतरोधन के भंजन के अन्तराल छिद्रों के मुख्य रूप से कारक होते हैं। यह समझना आवश्यक है कि भारी धारा के कार्यों में तापीय प्रसार को विशेष रूप से महत्त्व दिया जाता है। संचार या इलैक्ट्रॉनिक कार्यों में इसका कोई महत्त्व नहीं है।

4.2.4.4. ताप रोधकता (Heat Resistance)—यह एक सामान्य गुण है जो यह माँग करती है कि परावैद्युत बिना अपने अन्य महत्त्वपूर्ण गुणों को क्षतिग्रस्त किए ही, वांछिनीय सीमा में तापमान के परिवर्तनों को सहन कर सके। यदि विद्युतरोधक में परिवेशी तापमान पर उपयुक्त गुण है पर उच्च तापमानों पर वांछनीय रूप से वह इन गुणों को बनाए रखने में वह सक्षम नहीं है तो वह विद्युतरोधी अनुप्रयुक्त होगा और एक उत्तम विद्युतरोधक नहीं माना जायेगा। इसके विपरीत यदि कोई विद्युतरोधक उच्च तापमानों को भी बिना अपने गुणों को हानि पहुँचाए, सहन करने में सक्षम है तो उसे ऐसे उच्च तापमानों पर कार्य करने के लिए उपयुक्त माना जाएगा। इसका अर्थ है कि उसकी भार क्षमता को बढ़ाया जा सकता है और उपकरण अधिक शक्ति को सम्भालने योग्य होगा। इसके आर्थिक रूप से बचत होती है।

4.2.4.5. विद्युतरोधक के जीवन पर तापमान वृद्धि का प्रभाव (Effect of temperature increase on life of insulator)—प्रत्येक विद्युतरोधक के लिए एक कार्यकारी तापमान की संस्तुति होती है। इस कार्यकारी तापमान के सम्बन्धित उपकरण के जीवन पर सीधा असर होता है। एक साधारण नियम के अनुसार, प्रत्येक 8 से 10° C संस्तुत तापभान के अधिक तापवृद्धि से उपकरण का जीवनकाल आधा हो जाता है।

4.2.4.6. कार्यकारी तापमान पर आधारित विद्युतरोधी पदार्थों का वर्गीकरण (Classification of insulating materials on the basis of operating temperature)—जैसा कि उपरोक्त विचार-विमर्श से हमने जाना है कि तापीय गुणों का एक महत्त्वपूर्ण योगदान होता है इसलिए परावैद्युत पदार्थों को कार्यकारी तापमान के आधार पर वर्गीकृत किया जाता है।

■ 4.2.5. रासायनिक गुण (Chemical Properties)

4.2.5.1. रासयन रोधकता (Chemical Resistance)—विभिन्न विद्युतरोधकों पर विभिन्न रूप से गैसों, जल, अम्लों, क्षारों तथा लवण का प्रभावा होता है। रासायनिक रूप से यदि कोई पदार्थ रासायनिक क्रियारोधी है तो वह एक उत्तम विद्युतरोधी होता है।

Scanned by CamScanner

सारणी 4.3 : कार्य के दौरान तापीय स्थायित्व के आधार पर विद्युतरोधी पदार्थों का वर्गीकरण
(Classification of insulating Materials on the basis of thermal stability in service)
अन्य विवरण के लिए IS : 1271 - 1958 का अवलोकन करें।

वर्ग (Class)	अधिकतम कार्यकारी तापमान (Maximum Working Temperature)	पदार्थ अथवा पदार्थों के यौगिक (Materials or combination of Materials)
Y (पूर्ववत 0)	90° C	सूती कपड़ा, रेशम, कागज, प्रैस बोर्ड, काष्ठ, पी० वी० सी० (प्लास्टिसाइजर) के साथ या उसके बिना वल्कनाइज किया प्रकृतिक रबड़।
A	105° C	कपड़ा (सूती), रेशम तथा कागज अब इन्हे द्रवीय विद्युत रोधक जैसे तेल में डुबोया या उससे संसेचित किया जाता है।
E	120° C	ऐसे पदार्थ जिसमें उच्च कोटि का तापीय स्थायित्व जो उन्हें वर्ग के पदार्थों से 15 उच्चतर तापमान पर कार्य के लिए अनुमय करें।
B	130° C	अभ्रक, काँच तंतु, एस्बेस्टस आदि उपयुक्त बंधक पदार्थों के साथ।
F	155° C	अभ्रक, काँच तंतु एस्बेस्टस आदि उपयुक्त बंधक पदार्थों तथा अन्य दूसरे पदार्थों अथवा उनके संयुक्तों के साथ (जो आवश्यक नहीं है कि अकार्बनिक ही हो) जिन्हें अनुभव अथवा मान्य परीक्षण द्वारा 155 पर कार्य के लिए सक्षम सिद्ध कर दिया गया है।
H	180° C	पदार्थ जैसे सिलिकॉन इलास्टोमर (elastomar) तथा पदार्थों के यौगिक जो अभ्रक, काँच तन्तु, एस्बेस्टस आदि के हैं, उपयुक्त बंधक पदार्थों जैसे पर्याप्त सिलिकॉन रेजिन के साथ।
C	180° से अधिक	अभ्रक, पोर्सलीन, काँच तथा क्वार्ट्ज, अकार्बनिक बंधक के साथ या उसके बिना।

कुछ प्लास्टिक पदार्थ इस अवस्था के निकट होते है तद्नुसार उनके अनुप्रयोग में वृद्धि हुई है। प्लास्टिक ने अनेक अनुप्रयोगों में कागज विद्युतरोधन का स्थान ले लिया है क्योंकि वह रासायनिक रूप से अक्रिय है और आर्द्रता अग्राही है। मोटर कुण्डलन के प्रतिरोधन की तुलना में भूमिगत केबिलों के लिए जिन्हें कठिन रासायनिक अवस्थाओं में कार्यकारी रहना है। जल, लवण, अम्लों तथा क्षारों की उपस्थिति के कारण उनके लिए विद्युतरोधन की अति विशिष्ट माँग होती है। उच्च वोल्टता के संस्थापनों में जहाँ परिवेश में वायु के आयनन से ओजोन गैस की अधिकता होती है, ओजोन रोधकता (ozone resistance) को अतिमहत्त्वपूर्ण माना जाता है।

4.2.5.2. आर्द्रता ग्राहिता (Hygroscopicity)—अनेक विद्युतरोधी उत्पादन अथवा क्रियांवयन या दोनों में वातावरण से विद्युतरोधन का यह सम्पर्क कभी-कभी इतना सम्पूर्ण होता है कि कम रासायनिक प्रभाव वाला वातावरण भी, उपकरण के उचित रूप से कार्यकारी रखने में खतरनाक हो सकता है।

उच्च आर्द्रता वाले वातावरण के कारण नमी विद्युतरोधकों पर दो प्रकार से प्रभावी हो सकती हैं—

(i) यह विद्युतरोधी की सतह पर क्रियाशील होती है।

(ii) विद्युतरोधन नमी को सुखा लेती है।

इस प्रकार अवशोषित नमी, सभी वैद्युत गुणों पर कुप्रभाव डालती है तथापि कुछ विद्युतरोधी पदार्थ जैसे मोम, पॉलीथीन पॉलीटैट्रा फ्लोरो इथीलीन (P.T.F.E.) ऐसे हैं जो आर्द्रता अग्राही (non-hygroscopic) हैं।

4.2.5.3. अन्य पदार्थों के सम्पर्क का प्रभाव (Effect of contact of other materials)—विद्युतरोधी सदा ही विभिन्न प्रकार के पदार्थों के सम्पर्क में रहता है जैसे वायु, गैस, नमी, चालक पदार्थ तथा संरचनात्मक पदार्थ गैस अथवा नमी के प्रभावों का अध्ययन हम पहले ही कर चुके हैं। चालक तथा संरचनात्मक पदार्थों का विद्युतरोधन से सम्पर्क होने पर बहुत निम्न प्रभाव होता है। कुछ मामलों में, जैसे उदाहरण के लिए ताँबे के सम्पर्क में रबड़ के रहने पर रासायनिक क्रिया होती है। इस रासयानिक क्रिया को रोकने के लिए ताँबे पर टिन का एक लेपन (coating) को लगाने के पश्चात् ही रबड़ के विद्युतरोधन को लगाया जाता है। संरचनात्मक पदार्थों से भी विद्युतरोधन का सम्पर्क होता है, उदाहरण के लिए तेल से भरे संधारित्र में इसमें कृत्रिम विद्युत तेल प्रयोग होता है। तेल, टंकी की दीवारों को आन्तरिक सतह पर क्रिया करता है जिसके कारण लोहे के कण तेल में मिल जाते हैं इस क्रिया से तेल के विद्युतरोध गुणों पर कुप्रभाव हो सकता है।

4.2.6. जरण (Aging)

जरण निम्नलिखित के दीर्घकालीन प्रभावों के कारण होती है—

- ताप या ऊष्मा (Heat)
- रासायनिक क्रिया (Chemical action)
- वोल्टता की प्रयुक्ता (Voltage application)

उपरोक्त कारक विद्युतरोधक के जीवनकाल को तथा तद्नुसार उपकरणों के सामान्य जीवनकाल को तय करते हैं।

4.3. विद्युतरोधी पदार्थों के भौतिक गुण (Physical properties of insulating materials)

(अ) आर्द्रता ग्राह्यता (Hygroscopycity)—विद्युतरोधी पदार्थ में ऐसे गुण होने चाहिये कि वह वातावरण में उपस्थित नमी (आर्द्रता)को न सोखे। कभी-कभी विद्युतरोधी पदार्थ के निर्माण के समय वह वातावरण की नमी को सोख लेते है किन्तु कभी-कभी अपेक्षाकृत कम नमीयुक्त वातावरण भी विद्युतरोधी पदार्थ के निर्माण प्रक्रिया को बुरी तरह प्रभावित करता है। नमी विद्युतरोधी पदार्थ को निम्न दो प्रकार से प्रभावित करती है—

(i) विद्युतरोधी पदार्थ की सतह को प्रभावित करती है।

(ii) विद्युतरोधी पदार्थ द्वारा नमी का सोखे जाना।

नमी के विद्युतरोधी पदार्थ द्वारा सोखे जाने से विद्युतरोधी पदार्थ की विद्युतरोधी सामर्थ्य बहुत अधिक घट जाती है।

पैराफीन पौलोथीन आदि ऐसे सिन्थेटिक विद्युतरोधी पदार्थ हैं जिन पर आर्द्रता का कोई प्रभाव नहीं पड़ता तथा ये स्थान भी कम घेरते हैं।

तनन सामर्थ्य (Tensile strength)—पदार्थ के इकाई अनुप्रस्थ काट-क्षेत्रफल पर लगाये जाने वाला वह न्यूनतम तनन (खिंचाव) बल जो कि पदार्थ को किसी विशिष्ट परीक्षण की दशा में चीर दे, पदार्थ का तनन सामर्थ्य कहलाता है। इस बल को पौण्ड/इन्च^2 या किग्रा/सेमी^{2} में मापा जाता है।

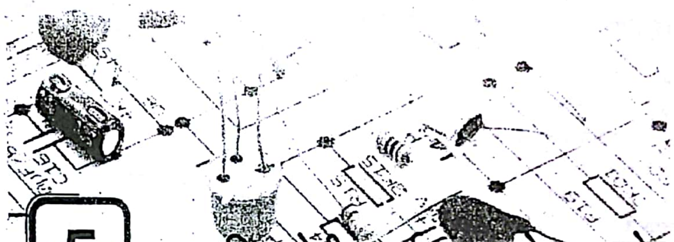
घर्षण प्रतिरोध (Abrasive resistance)—पदार्थ की वह क्षमता जो कि सतह को यांत्रिक घर्षण से पहुँचने वाली क्षति (जैसे घिसना, रगड़ना खुरचना या सतह परत का उखड़ना) का विरोध करती है। घर्षण प्रतिरोध (Abrastive resistance) कहलाती है।

भंगुरता (Brittleness)—पदार्थ की वह क्षमता जो कि बताये गये परीक्षण की दशा में लगाये जाने वाले यांत्रिक झटके को सह सके पदार्थ की भंगुरता कहलाती है। इसकी शक्ति इकाई, फुट-पौण्ड है।

Scanned by CamScanner

अभ्यास-प्रश्न

1. किसी विशिष्ट कार्य के लिए विद्युतरोधी पदार्थ के चयन को तय करने वाले मुख्य घटकों को बताइए।
2. एक चित्र (Sketch) की सहायता से स्पष्ट करें कि किस प्रकार उचित परिकल्प (Design) द्वारा किसी विद्युतरोधक के पृष्ठ प्रतिरोध को बढ़ाया जा सकता है।
3. किसी विद्युतरोधी पदार्थ के सामर्थ्य को स्पष्ट करें। वह इकाई बताइए जिसमें इसे व्यक्त किया जाता है। उन घटकों को भी बताइए जो विद्युतरोधी पदार्थ की परावैद्युत सामर्थ्य को प्रभावित करते हैं।
4. पारिभाषिक शब्द "आयतन प्रतिरोध" तथा "पृष्ठ प्रतिरोध" को स्पष्ट करें।
5. पारिभाषिक शब्द "परावैद्युत हानि" तथा हानि कोण को स्पष्ट करें। अपने उत्तर को सदिश आरेख की सहायता से स्पष्ट करें।
6. उन घटकों को बताइए जो विद्युतरोधी की 'परावैद्युत हानि' को प्रभावित करते हैं।
7. उच्च वोल्टता उपकरणों के परिकल्प में उच्च परावैद्युत सामर्थ्य वाले विद्युतरोधी पदार्थों के प्रयोग के लाभ को बताएं।
8. एक आदर्श परावैद्युत के गुणों को व्यक्त करें।
9. वैद्युत मशीनों तथा उपकरणों के लिए कार्य के दौरान तापीय स्थायित्व के सम्बन्ध से विद्युतरोधी पदार्थों के वर्गीकरण का संक्षिप्त स्पष्टीकरण दें।
10. विद्युतरोधी पदार्थों के कम-से-कम दो वर्गों को अनेक उच्चतम अनुमय तापमान के साथ बताइए और उन दोनों वर्गों में से प्रत्येक के लिए कुछ उदाहरण दें। *(U.P. 2012)*
11. स्पष्ट करें कि किसी उपकरण के विनिर्धारण पर क्या प्रभाव होगा यदि उसके विद्युतरोधन के स्थान पर उच्चतर तापमान वर्ग में के विद्युतरोधन का प्रयोग किया जाए।
12. कारण बताइए कि किसी वैद्युत मशीन को अतिभार (overload) से बचाना क्यों आवश्यक है?
13. विद्युतरोधी पदार्थों की भौतिक और रासायनिक संरचना के आधार पर वर्गीकृत किया जा सकता है। इसके अनुसार इन पदार्थों का नामांकन करें। *(U.P. 2011)*
14. प्रत्येक के लिए तर्क के साथ निम्नलिखित विद्युतरोधी पदार्थों के अनुप्रयोगों के क्षेत्र को बताइए—
    (क) संसेचन कागज (ख) खनिज तथा कृत्रिम द्रव (ग) सिरैमिक
    (घ) अभ्रक (mica) (ङ) काँच तन्तु (fibre glass)
15. परिभाषित शब्दों घुलनशील तथा 'मौसम सहनशीलता' को विद्युतरोधी पदार्थों के सन्दर्भ से स्पष्ट करें। *(U.P. 2009)* *(U.P. 2016)*
16. निम्न की विवेचना कीजिये—
    (i) वैद्युत मशीन की आयु पर अतितापन का प्रभाव
    (ii) विद्युतरोधी पदार्थों का उपयोग
17. विद्युतरोधी पदार्थों से क्या आशय है? इन पदार्थों पर तापमान वृद्धि व आर्द्रता के प्रभावों की व्याख्या कीजिए। अनुमन्य तापमान-वृद्धि के आधार पर इनके वर्गीकरण की विवेचना कीजिए। *(U.P. 2016)* *(U.P. 2015)*
18. निम्न की परिभाषायें दीजिए—
    (i) आयतन प्रतिरोध (ii) सतह प्रतिरोध (iii) रसायनिक प्रतिरोध (iv) तापीय प्रतिरोध *(U.P. 2015)*
19. निम्न की परिभाषायें लिखिये—
    (i) तनन सामर्थ्य (ii) टाँकन शीलता *(U.P. 2016)*
20. PVC पदार्थों के गुण-धर्मों व अनुप्रयोगों की विवेचना कीजिए।



5 विद्युतरोधी पदार्थ तथा उनके अनुप्रयोग
(Insulating Materials and their Application)

5.1. विद्युतरोधी पदार्थ-वर्गीकरण, लक्षण, अनुप्रयोग
(Insulating Materials : Classification, Properties, Applications)

आइये हम स्मरण करें उन बातों को जो पूर्व अनुच्छेदों में हमारे अध्ययन के लक्ष्य रहे हैं। हमारा उद्देश्य था कि हम दिये गये अनुप्रयोगों के लिए उचित विद्युतरोधक या विद्युतरोधकों का चयन कर सकें। किसी विद्युतरोधक या इस प्रकार कहिए कि किसी भी पदार्थ के लिए जब चयन का प्रश्न उठता है तो हमें तीन प्रश्नों का उत्तर देना होगा।

(i) हम किसी अनुप्रयोग के विनिर्माण तथा क्रियांवयन की आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए विद्युतरोधक के किन गुणों की आशा रखते हैं।
(ii) उपरोक्त में जो उत्तर हमने पाया है उसका उद्देश्य क्या है।
(iii) वांछनीय विद्युतरोधक को कैसे और कहाँ खोजा जाए।

पूर्व के अनुच्छेदों में हमने उपरोक्त (i) तथा (ii) प्रश्नों के उत्तर देने का प्रयत्न किया है। प्रश्न (iii) का उत्तर देने के लिए हम निम्नलिखित रूप से बढ़ेंगे।

(v) सैरैमिक पदार्थ (Ceramics)
(vi) अभ्रक तथा उसके उत्पादन
(vii) एस्बेस्टस तथा उसके उत्पाद
(viii) काँच
(ix) प्राकृतिक व कृत्रिम रबड़ पदार्थ
(x) विद्युतरोधी रेजिन तथा उनके उत्पाद
(xii) परतदार पदार्थ आसंजक इनामेल तथा वार्निश

5.1.3.1. रेशेदार पदार्थ (Fibrous Materials)—रेशेदार पदार्थ जन्तु स्रोतों (animal origin) से प्राप्त होते हैं अथवा सैलूलोज (cellulose) से जो वनस्पति का मुख्य ठोस संघट्य (constituent) है। अधिकतर ये पदार्थ, सैलूलोज से प्राप्त होते हैं। कुछ पदार्थों में सैलूलोज के रेशे स्पष्ट दिखाई देते हैं जैसे कपड़े में सूती टेप में, धागे आदि में, कुछ पदार्थों में जैसे कागज, काष्ठ, दफ्ती आदि में। रेशे 25 mm लम्बाई और 0.15 mm मोटाई तक के होते हैं। विभिन्न रेशेदार पदार्थ अग्रलिखित हैं—

Scanned by CamScanner

(क) काष्ठ निम्न वोल्टता संस्थापनों के लिए पूर्ववत प्राय: काष्ठ (लकड़ी) का प्रयोग किया जा रहा है। यह भार में हल्की है और इसका आपेक्षिक घनत्व 0.5 से 1.0 तक और तनन सामर्थ्य 700 से 1300 kg/cm^2 तक रेशे की अनुकूल दिशा में हो सकता है। तथापि यह मान काष्ठ के प्रारूप पर निर्भर होता है। लम्बवत् दिशा में रेशों का तनन सामर्थ्य निम्न होता है। यथार्थ में तापमान इसके लिए सीमित करने वाला एक है। काष्ठ काफी आर्द्रताग्राही है और नमी अवशोषक और इसके पश्चात् बड़ी हद तक अपने यांत्रिक गुणों को खो देता है। अपने इस अचरणों के कारण, काष्ठ को बिरले ही विद्युतरोधन के रूप में सीधे ही प्रयोग किया जाता है। जब कभी उसे विद्युतरोधी पदार्थ के रूप में प्रयोग करना होता है उसे तेल में संसेचित (impregnated in oil) कर दिया जाता है।

पूर्वकाल में कम मूल्य, सरल उपलब्धता तथा विनिर्माण में आसानी ही कारण थे जिनके आधार पर इसे काष्ठ को वितरण तथा संचारण, खम्भों में संरचनात्मक पदार्थ के रूप में प्रयोग किया जाता था।

सारणी 5.1 : व्यावसायिक कागज के विद्युतरोधन के गुण

(Properties of Commercial Paper Insulations)

गुण (Property)	क्रैप कागज (Crap paper	केबिल कागज (Cable paper)	संधारित कागज (Capacitor paper)	प्रेस बोर्ड (Press boards)
प्रत्यक्ष घनत्व ग्राम प्रति घन से 0×10^{-2}		68-71	84-94	100-120
मोटाई (सेंटीमीटर $\times10^{-2}$)	4.3-50	1.27-2.0	0.127	1.27-31.75
टूटन सामर्थ्य रेशों के अनुकूल किलोग्राम/सेमी चौड़ाई $\times10^{-2}$	445	979-1424	—	178-213.6
टूटन सामर्थ्य रेशों के लम्बवत् किलो ग्राम/सेमी चौड़ाई $\times10^{-2}$	231.4	267-534	—	71.2-89
राख की मात्रा प्रतिशत में $\times10^{-2}$	50	150	35	100

खम्भों (poles) में, संरचनात्मक पदार्थ (Structure material) के रूप में प्रयोग किया जाता था।

(ख) कागज तथा गत्ता (Paper and Cardboard)—विद्युतरोधी कागज के उत्पादन का आधार पदार्थ शंकुधारी काष्ठ है। इसमें से कार्बनी 6 अपद्रव्य जैसे लिगनिन और पैन्टोसन को भली-भाँति हटा दिया जाना चाहिए। कुछ क्षारीय अभिकारकों के साथ संदलित काष्ठ को उबाला जाता है। इसे "सल्फेट प्रक्रम" (sulphate process) कहते हैं। फिर भी सामान्य विद्युतरोधी कागज में 7 प्रतिशत तक लिगनी और पैन्टोसन शेष रहते हैं। संधारित्रों के लिए प्रयोग होने वाले निदर्श कागज का विनिर्धारण निम्नलिखित होता है।

सैलूलोज	95-97 प्रतिशत अधिकतम (max)
पैन्टोसन	4 प्रतिशत अधिकतम (max)
लिगनिन	3 प्रतिशत अधिकतम (max)
लोहा	0.01 प्रतिशत अधिकतम (max)
ताँबा	0.003 प्रतिशत अधिकतम (max)

संसेचित कागज विद्युतरोधन को अति सफलतापूर्वक विद्युत शक्ति के प्रजनन संचारण तथा उपयोग के उपकरणों में प्रयोग किया जाता है। कागज के उपयोग के विशिष्ट उत्साहवर्धक गुण उच्च तापमानों को सहन करने की क्षमता निम्न परावैद्युत हानि चालक के इर्द-गिर्द लपेटन।

बाजार में हजारों विद्युतरोधी पदार्थ उपलब्ध हैं। विद्युतरोधन तकनीकी ऐसे कुछ शाखाओं में से एक है जिसमें पदार्थ की संख्या बहुत अधिक है। कोई भी विशिष्ट आवश्यकता हो, हम किसी-न-किसी विशिष्ट पदार्थ द्वारा पूर्ण कर सकते है। विविध पदार्थों का बड़ी मात्रा में उपलब्ध होने का यह सुअवसर, एक परेशानी का कारण भी हो सकती है। यदि संबन्धित व्यक्ति में चयन करने का वांछनीय कौशल विद्यमान नहीं है। हजारों की तुलना में, यदि केवल दस पदार्थों में से चयन किया जाए तो चयन के उचित होने की सम्भावना अधिक होती है। पदार्थ के इस महासागर में उचित पदार्थ के चयन की विधि यह होगी कि हम स्वयं को ऐसे अस्त्रों से लैस करें जैसे—(i) यह जानकारी प्राप्त करें कि किसी (विशिष्ट अनुप्रयोग) के लिए किन गुणों की आवश्यकता है। (ii) पदार्थों की पहचान को व्यक्तिगत रूप से न करके विभिन्न समूहों या वर्गों में करें। पहली बात को हम पहले समझ चुके हैं। दूसरी बात को, विद्युतरोधी पदार्थों के तापमान के आधार पर वर्गीकरण के रूप में सारणी 5.3 में लिया जा चुका है। तथापि अब हम, सरल रूप से पहचान तथा अध्ययन के लिए विद्युतरोधी पदार्थ को उनकी भौतिक तथा रासायनिक संरचना के आधार पर वर्गीकृत करेंगे। उदाहरण के लिए सूती कपड़ा और कागज दो भिन्न विद्युतरोधी पदार्थ हैं, फिर भी इन्हें वर्गीकरण में रेशेदार पदार्थों के एक परिवार का सदस्य मानते हुए, एक साथ रखा गया है। इसी प्रकार पी० वी० सी० तथा पॉलीथीन एक परिवार जो बहुलकह कहलाता है, के सदस्य है।

5.1.3.2. विद्युतरोधी पदार्थों के विकास का इतिहास

(History of Development of Insulating Materials)

विद्युतरोधन तकनीकी में प्रयोग होने वाले पदार्थों में सबसे प्राचीन पदार्थ वायु है। चूँकि यह हर स्थान पर विद्यमान है, वायु ने विद्युतरोधी पदार्थों के रूप में अधिकतर अनुप्रयोगों में अन्य सभी पदार्थों को पीछे छोड़ दिया है। इसका प्रत्यक्ष उदाहरण वे लाखों किलोमीटर लम्बी संचार तथा वितरण की शिरोपरि लाइनें हैं, जो विश्व भर मे प्रयोग हो रही है। 1000 kV तक उच्च कार्यकारो वोल्टताओं पर विद्युत संचार अनुप्रयोग को तकनकी के विकास ने यह आवश्यक कर दिया है कि रेशेदार विद्युतरोधी पदार्थों जैसे कागज, सूत, कपड़ा, लकड़ी, काष्ठ आदि का विकास किया जाए। तत्काल ही विद्युतरोधी द्रवों का विकास हुआ तत्पश्चात् नमी तथा अन्य परिवेशी पदार्थों के रहने की समस्या दबाव में ऐसे रेशेदार पदार्थ जैसे संसेचित कागज, वार्निश लगा कपड़ा, सूत आदि विकसित हुए। उच्च वोल्टता को तकनकी के लिए उपयुक्त अनेक उत्तम पदार्थ इस वर्ग से प्राप्त हुए हैं। पचास वर्षों से उच्च वोल्टता के अनुप्रयोगों (65 kV से 40 kV) तक संसेचित कागज का परावैद्युत अन्य विद्युतरोधी पदार्थों से आगे रहा है एक ओर शक्तिशाली विद्युतरोधक पदार्थ अभ्रक पृथ्वी से सीधा प्राप्त हुआ। सीधे प्रकृति से प्राप्त हुआ (वायु के अतिरिक्त) वह अभ्रक था। उच्च तापमान कार्य के लिए इसे उत्तम विद्युतरोधी पाया गया। अन्य अकार्बनिक पदार्थ जैसे एस्बेस्टस, कॉच तथा सेरैमिक ऐसे अभ्रक के तुरन्त पश्चात् विकसित हुए हैं। रेजिन रालदार बहुलक (polymer) के पूर्व, जो विद्युतरोधी हमें उपलब्ध रहे हैं, वे किसी विशिष्ट अनुप्रयोग की सभी आवश्यकतओं की पूर्ति के लिए सक्षम नहीं थे।

उदाहरण के लिए, अभ्रक में वैद्युत तथा तापीय गुण जो अति उत्तम है, पर लचीलापन नहीं है। कागज में लचीलापन है और उत्तम वैद्युत व तापीय गुण भी है, पर अति आर्द्रताग्राही होने के कारण, इसके रासायनिक गुण बहुत निम्न हैं। कार्बनिक पदार्थों के एक वर्ग के विकास से जिसमें उच्च अणुभार वाले पदार्थ हैं, और जिन्हें रालदार बहुलक का नाम दिया जाता है। (साधारण रूप में हम इन्हें प्लास्टिक कहते हैं, विद्युतरोधक से जो नवीन तकनीकी की आकांक्षाएँ वे बड़ी हद तक पूरी हो गई हैं। विद्युतरोधक का यह वर्ग आज लगभग आधे से ज्यादा विद्युतरोधक पदार्थों के रूप में आवश्यकताओं की पूर्ति कर रहा है। सच तो यह है कि रालदार बहुलक (Resin Polymer) का विकास विद्युतरोधन तकनीकी के एक क्रान्तिकारी पग सिद्ध हुआ है।)

एक आदर्श विद्युतरोधक में निम्नलिखित गुण होने चाहिए—

(i) अभ्रक के समान परावैद्युत सामर्थ्य

(ii) गंधक (sulphur) के समान आयतन व पृष्ठ प्रतिरोधकता

Scanned by CamScanner

(iii) इस्पात के समान यान्त्रिक सामर्थ्य

(iv) ग्रेफाइट पत्थर के समतुल्य संदलन प्रतिरोध (crushing resistance)

(v) काष्ठ लकड़ी के समतुल्य मशीनकर्तन में आसानी

(vi) सिलिका के समान अग्निरोधक के गुण।

(vii) प्लेटिनम के समान रासायनिक अक्रियता।

(viii) आबनूस (ebonite) जैसे सतह की परिसज्जा (finish)।

(ix) पैराफिन मोम (wax) जैसा जलरोधन (water proofing) का गुण

सतत् प्रयास हो रहे हैं कि उपरोक्त सभी आदर्श गुण एक ही विद्युतरोधक में प्राप्त हो जायें तथापि इस आदर्श को प्राप्त करना भी बहुत कठिन है।

5.1.3.3 भौतिक व रासायनिक संरचना के आधार पर विद्युतरोधी पदार्थ का वर्गीकरण (Classification of Insulating Materials on the Basis of Physical and Chemical Structures)—अपनी भौतिक तथा रासायनिक संरचना के आधार पर विद्युतरोधी पदार्थों को विभिन्न वर्गों में लिखित रूप से रखा जा सकता है—

(i) रेशेदार पदार्थ (Fibrous materials)

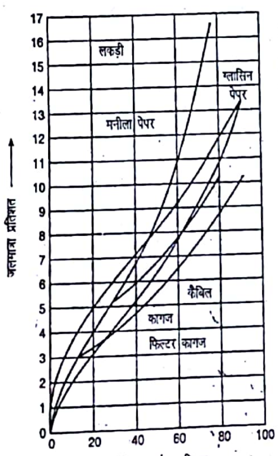
(ii) संसेचित रेशेदार पदार्थ (Impregnated Fibrous materials)

(iii) अरेजनीय पदार्थ (Non-resinous materials)

(iv) विद्युतरोधी द्रव (Insulating liquids)

Wrapping की सुविधा, व्यापक उपलब्धता तथा सस्ता मूल्य। कुछ समस्याओं के बंदिशों के कारण संसेचित कागज़ का प्रयोग कहीं बहुत सीमित हैं, जो इस प्रकार हैं—

(i) आर्द्रता ग्राहिता (ii) ऑक्सीजन से क्रिया (iii) तापीय स्थायित्व कागज के आचरण को चित्र 5.1 द्वारा स्पष्ट किया गया है, जहां विभिन्न आपेक्षिक आर्द्रताओं के लिए कागज में जल की मात्रा को दर्शाया गया है।



चित्र 5.1 : विभिन्न आपेक्षिक आर्द्रताओं पर कागज में जल की मात्रा (Water content of paper at different relative humidities)

कुछ प्रमुख अनुप्रयोग में असंसचित कागज का प्रयोग होता है, वे है टेलिफोन के केबिल तथा संधारित्र संसेचित कागज के मुख्य अनुप्रयोगों के बारे में हम आगे जानेंगे जब संसेचित विद्युतरोधकों का अध्ययन किया जाएगा।

(ग) विद्युतरोधी कपड़े (Insulating Textiles)—सूत (cotton) जूट तथा सन (hemp) जैसे रेशेदार पदार्थों से कपड़ा बुना जाता है। कुछ विशेष प्रयोगों में कीड़ो से प्राप्त रेशम का भी प्रयोग किया जाता है। इस वर्ग के पदार्थ तनन सामर्थ्य तथा फटन (tear) के प्रति यान्त्रिक रूप से सशक्त होते हैं। भीगने के पश्चात् भी इनकी सामर्थ्य पर कोई विशेष प्रभाव नहीं होता है। इधर कुछ समय से कृत्रिम पदार्थों का उपयोग बढ़ गया है। ऐसा इनके गुणों में सुधार के कारण है, जैसे कि उच्च यान्त्रिक सामर्थ्य तापरोधकता, निम्न आर्द्रता ग्रहिता रासायनिक कारकों की उपस्थिति में स्थायित्व आदि।

5.3.3.4. संसेचित रेशेदार पदार्थ (Impregnated Fibrous Materials)—उपयुक्त संसेचन आमिश्रों, रेशेदार पदार्थों के संयुक्त होने से जिसका कि हम पूर्वत: विवरण दे चुके हैं। कुछ अति स्थायी विद्युतरोधी पदार्थों का जन्म हुआ है।

उचित संसेचन द्वारा असंसेचित रेशेदार पदार्थों की आर्द्रता ग्राहिता तथा तापीय व रासायनिक गिरावट जैसी समस्याओं पर काबू पाना सम्भव है।

(क) संसेचित कागज परावैद्युत (Impregnated paper dielectrics)—विद्युतरोधक के रूप में प्रयोग होने वाले सभी रेशेदार पदार्थों में इस वर्ग के पदार्थों का सबसे अधिक योगदान है। संसेचन की तकनीक इसी कारण जटिल है। आवश्यकताओं को ध्यान में रखते हुए इस कार्य के लिए प्रयोग होने वाले तेल का चयन बहुत सावधानी से किया जाता है।

चालक पर कागज विद्युतरोधन को प्राय: बिना संसेचन किए लगाया जाता है। उपकरण में यथास्थान बिना संसेचित कागज अवरोधन वाले चालक को रखने के पश्चात् अपूर्ण उपकरण को संसेचन प्रक्रम में रखा जाता है जिसमें कि निम्नलिखित पग होते हैं—

1. संसेचन तेल से सम्पर्क के पूर्व अधिकतर नमी और वायु को खींच लेने का कार्य। सम्पूर्ण नमी को हटाने के लिए उपकरण को निर्वात में रख कर अप्रत्यक्ष ऊष्मन की आवश्यकता होती है।
2. उपरोक्त रूप से उपकरण को तैयार करने के पश्चात् पूर्ववत जलमुक्त तेल द्वारा कागज का संसेचन होने दिया जाता है।
3. तत्पश्चात, पदार्थ को वातावरण के सम्पर्क में लाने से पूर्व शीतलन का कार्य किया जाता है ताकि कागज में से तेल न बहे और बाहर आए और कागज दोबारा नमी शुष्क करने योग्य न बन पाये।

यदि उच्च वोल्टता के लिए विद्युतरोधन का प्रयोग होना है तो संसेचन के पश्चात् उपकरण को उचित रूप से सीलबन्द करना अति अनिवार्य होगा।

संसेचित कागज विद्युतरोधन के मुख्य लक्षण हैं—

(क) उत्तम यांत्रिक गुण (Good Mechanical Properties)

(ख) उत्तम रासायनिक स्थायित्व (Good Chemical Stability)

(ग) उच्चतम तापमान सहन करने का गुण (Ability to withstand high temperature)

(घ) परावैद्युत स्थिरांक 2.25 से 6.35 तक

(च) तुलनात्मक दृष्टि से कम परावैद्युत हानि (Comparatively less dielectric loss)

(छ) अज्वलनशील (Non-inflammable)

पिछले सौ वर्षों से अधिक के व्यावहारिक अनुभव ने कागज विद्युतरोधन को उच्चतम गुणवत्ता वाला तथा अति विश्वसनीय सिद्ध कर दिया है। तथापि कागज के लिए उपयुक्त वर्ग के संसेचन तेल अभी भारत में उपलब्ध नहीं है। इस कारण निम्न वोल्टता के केबिलों में कागज विद्युतरोधन का स्थान, प्लास्टिक ने ले लिया है। पर उच्च वोल्टता केबिलों के लिए कागज विद्युतरोधन ही उपयुक्त माना जाता है और प्रयोग होता है और आज भी पूर्णत: इस कागज को विदेश से आयात द्वारा प्राप्त किया जाता है। इस अवरोधन के स्थान पर, स्थानीय रूप से उपलब्ध पदार्थों के प्रयोग का प्रयास भारत में केबिल के उत्पादनकर्ताओं द्वारा गंभीरतापूर्वक सतत् है।

संसेचित कागज का अनुप्रयोग (Application of impregnated paper)—संसेचित कागज के मुख्य अनुप्रयोग हैं—

1. केबिलों में हर प्रकार के केबिलों में, जैसे भूमिगत शक्ति केबिल, खनन केबिल, समुद्री केबिल में जिनकी कार्यकारी वोल्टता का परिसर 220 V से 400 kV तक होता है।
2. परिणामित्रों (Transformers) में उच्च वोल्टता के शक्ति परिणामित्रों में प्राय: कागज़ विद्युतरोधन का प्रयोग होता है।
3. संधारित्रों में।

Scanned by CamScanner

(ख) संसेचित या वार्निश लगा कपड़ा (Impregnated or varnished textiles)—सूती या रेशमी कपड़ों को दो प्रकार की वार्निशों में संसेचित किया जा सकता है—

1. तेल वार्निश
2. बिटुमनी वार्निश सामान्यत: प्रयोग होने वाले वार्निश लगे कपड़े की मोटाई 0.08 mm से 0.25 mm तक होती है। यह पदार्थ वर्ग A के विद्युतरोधी पदार्थों से संबंध रखते हैं (देखें सारणी 5.3)।

वार्निश लगे कपड़ों के अलौकिक लक्षण (outstarting main features) हैं—

1. उत्तम यांत्रिक सामर्थ्य
2. उत्तम परावैद्युत सामर्थ्य
3. निम्न आर्द्रताग्राहिता (Low hydroscopocity)
4. कार्बनिक विलायकों (orgenic solvent) के लिए निम्न प्रतिरोधन, विशेष रूप से बिटुमनी वार्निश लगे कपड़े के लिए।
5. 150° C कार्यकारी तापमान सीमा सामान्य वार्निश लगे कपड़े के लिए।
6. बिटुमनी वार्निश लगे कपड़े तेलरोधी नहीं होते हैं।

वार्निश लगे अथवा संसेचित कपड़े का अनुप्रयोग
(Applications of Varnished or Impregnated Textiles)

यह विद्युतरोधन निम्न तथा मध्यम विनिर्धारण की वैद्युत मशीनों की कुण्डलनों से प्रयोग की जाती है। लपेटन व अस्तरों के रूप में यह केबिलों में भी प्रयोग होती है। वैद्युत संस्थापन से संबन्धित कार्यों में, आसंजक चिपकने वाली टेप के रूप में यह पदार्थ, बिजली के मिस्त्रियों के कार्य स्थल पर विद्युतरोधन के लिए प्रयोग होता है।

5.1.3.5. अरेजिनीय पदार्थ (Non-resinous Materials)—इस वर्ग में ठोस तथा अर्द्धठोस विद्युतरोधक पदार्थ आते हैं जो कार्बन आधारित है और प्रकृति से सीधे ही उपलब्ध हैं। ये पदार्थ खनिज मोम, अस्फाल्ट, बिटुमन, क्लोरीनीकृत नेफ्थलीन हैं। इन सभी पदार्थों के प्रयोग में एक मुख्य दोष यह है कि इनकी विद्युतरोधक व्यवस्था में, सर्वदा खाली छिद्र तथा गैस के लिए अन्तराल बन जाते हैं। इस दोष के कारण इनका अनुप्रयोग केवल निम्न वोल्टता व्यवस्था तक सीमित है।

अरेजिनीय पदार्थों (non-resinous materials) को निम्नलिखित रूप से वर्गीकृत किया जाता है—

(क) बिटुमन (Bitumens)—ये ठोस अथवा अर्द्धठोस पदार्थ हैं जो कच्चे पैट्रोलियम के शुद्धिकरण से प्राप्त होते है।

बिटुमन के विशिष्ट लक्षण हैं—

1. खनिज तथा कृत्रिम तेल में अतिघुलनशील है।
2. सरल रूप से ऑक्सीकृत होते हैं।
3. नमी के प्रवेश को रोकते है।
4. विद्युतरोधन का निम्न गुण रखते हैं।
5. इनका नरमक बिंदु (Softening point) 30° C से 40° C के बीच होता है, जो पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करता है।
6. ये अम्ल (acid) तथा क्षाररोधी (alkali resistant) होते हैं।
7. इनका आपेक्षिक घनत्व लगभग इकाई होता है।

बिटुमनों का अनुप्रयोग (Application of Bitumens)—जलरोधी होने के अलौकिक गुण के कारण, वैद्युत अभियांत्रिकी में इन्हें सामान्य रूप से प्रयोग किया जाता है। यह बहुत सस्ता पदार्थ है। भूमिगत केबिलों में सीसे तथा इस्पात के कवच की संक्षारण से सुरक्षा (protection against corrosion) के लिए, बिटुमेन का व्यापक प्रयोग किया जाता है।

बिटुमेन युक्त कागज अथवा सनत्र (Hession) अथवा सूती फीते का व्यापक प्रयोग भूमिगत केबिलों में इस्पात कवच को बिछावन तथा सर्विंग के लिए होता है।

(ख) मोमिया पदार्थ (Waxes)—पैराफिन तथा सूक्ष्म क्रिस्टलीय मोम—

खनिज पैट्रोलियम तेल के आसवन (distillation) से ये मोम प्राप्त होते हैं। ये मोम हाइड्रोकार्बनीय संघटन रखते हैं।

इन मोमों के विशेष लक्षण हैं—

1. ये खनिज तथा कृत्रिम तेल में आसानी से घुल जाते हैं।
2. अवस्था में परिवर्तन के समय अर्थात् ठोस से द्रव अथवा इसके विपरीत परिवर्तन में, इनके आयतन में बहुत अधिक परिवर्तन होता है। अधिकतम संकुचन की मात्रा कुछ स्थितियों में 15 प्रतिशत तक भी हो सकती है। इन असामान्य संकुचन से अन्तराल तथा दरारें बनती हैं।
3. ये यांत्रिक रूप से कमजोर होते हैं।
4. इनके वैद्युत गुण निम्न हैं जो गरम किए जाने पर और भी निम्न हो जाते हैं।

अपने गलनांक से ऊपर तापमान पर गर्म किए जाने पर पैराफिन मोम ऑक्सीकृत हो जाते हैं। इस क्रिया को कम करने के लिए इनके साथ कुछ ऑक्सीकरणरोधी पदार्थ मिलाए जाते हैं। इन दोनों प्रकार के मोमों के सामान्य गुण सारणी 5.2 में दिया जा रहा है।

सारणी 5.2 : फैराफिन मोम तथा सूक्ष्म क्रिस्टलीय मोम के सामान्य गुण
(General properties of paraffin and micro crystalline waxes)

गुण (Properties)	पैराफिन मोम (Paraffin wax)	सूक्ष्म क्रिस्टलीय मोम (Micro-crystalline wax)
आपेक्षिक घनत्व	0.907	0.930
गलनांक (°C)	50-65	67-89
ज्वलनांक (°C)	200-245	235-300
अग्नि बिन्दु (°C)	200-250	280-350
प्रतिरोधकता 25°C पर (ओम सेन्टीमीटर) $\times 10^{-12}$	100-200	100-200
परावैद्युत स्थिरांक 25° C पर	2.20-2.25	2.20-2.330

पैराफिन तथा सक्ष्म क्रिस्टलीय मोमों के अनुप्रयोग
(Applications of paraffin and micro-crystalline waxes)

पदार्थों को सील बंद करने का उत्तम गुण, इन मोमो के सील कारण पदार्थों के लिए उपयुक्त बनाता है। उच्च गलनांक वाले सूक्ष्म क्रिस्टलीय मोम को न बहने वाले संसेचित आमिश्रो के संघट्य के रूप में किया जाता है। इस आमिश्र को MIND (Mass Impregnated Non draining) प्रारूप के कागज विद्युतरोधन वाले केबिलों के लिए प्रयोग किया जाता है। भारत में नगरीय क्षेत्रों में संचारण के लिए इन केबिलो का व्यापक प्रयोग होता है।

(ख) प्राकृतिक मोम (Natural Waxes)—जैसा कि नाम से स्पष्ट है, ये मोम प्रकृति से उपलब्ध होते है। प्राकृतिक मोम को प्राय: प्रकमन के पश्चात् क्लोरीनीकृत पैराफ़िन मोम के रूप में प्रयोग किया जाता है। प्राकृतिक मोम अवस्था में परिवर्तन के समय संकुचन अथवा प्रसार के लक्षण से प्रभावित होता है। इसलिए इन मोमों का प्रयोग केवल निम्न वोल्टता पद्धतियों तक ही सीमित है।

इनके परावैद्युत गुण संतोषजनक हैं। इनके परावैद्युत स्थिरांक का मान 2 से 3 के बीच रहता है।

प्रारूप के अनुसार, प्राकृतिक मोमों का उपयोग गलनांक तक हो सकता है।

Scanned by CamScanner

प्राकृतिक मोमों का अनुप्रयोग (Application of natural waxes)—इन मोमों को विद्युतरोधी तेलों के साथ मिलाकर उनकी विस्कासिता (viscosity) तथा बहने के बिंदु के मान को बढ़ाकर केबिल के न बहने वाले आमिश्र को बनाने के लिए प्रयोग किया जाता है। इन मोमों को सीलकरण आमिश्र के सुघटक (constituent) के रूप में भी प्रयोग किया जाता है।

5.1.3.6. विद्युतरोधी द्रव (Insulating Liquids)—विद्युतरोधी द्रव विद्युतरोधी के रूप में, अन्य कई महत्वपूर्ण आवश्यकताओं की पूर्ति भी करते हैं, जैसे—(क) अन्य ठोस पदार्थों विशेषकर रेशेदार पदार्थों में से वायु तथा अन्य गैसों को हटाकर उनके विद्युतरोधी गुणों में सुधार करते हैं। (ख) ऊष्मा विसर्जन के लिए उत्तम माध्यम प्रस्तुत करते हैं। (ग) कुछ अनुप्रयोगों में इन्हें आर्क ज्वाला को बुझाने के लिए प्रयोग किये जाते हैं।

वनस्पति तेल, विद्युतरोधी तेल के रूप में प्रयोग होने वाले तेलों में सबसे प्रारम्भिक है, तथापि विद्युत अभियान्त्रिक अनुप्रयोगों के लिए जो अनेक विद्युतरोधी द्रव उपलब्ध हैं, इनमें विद्युतरोधन तकनीक के आरम्भिक विकास के पग से आज तक की अवधि में सर्वाधिक व्यापक प्रयोग खनिज तेल का ही हुआ है। इसके कारण है—

(क) इनका सस्ता मूल्य (ख) इनकी सरल उपलब्धता क्योंकि यह कच्चे पैट्रोलियम के उत्पादन के रूप में प्राप्त है। (ग) इनके उत्तम वैद्युत गुण में कुछ अवगुण भी हैं, जैसे इनका आसानी से ऑक्सीकृत होना, जो इसके विद्युतरोधी गुणों को कम कर देता है। इसका एक और अवगुण है इसकी ज्वलनशीलता। इन अवगुणों के सुधार के लिए, आस्केरल (Askarels) जैसे कृत्रिम द्रवों का विकास हुआ है।

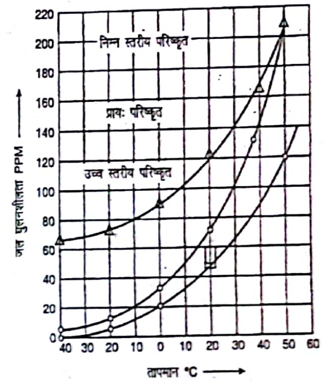
विद्युतरोधी द्रवों के अनुप्रयोग (Applications of insulating liquids)—ये द्रव संधारित्रों तथा परिणामित्रों में प्रयोग का स्थान पा रहे हैं पर कुछ दोषों के कारण तेलों का प्रयोग अब भी तुलनात्मक दृष्टि से सीमित है। एक मुख्य दोष यह है कि संरचनात्मक पदार्थों जैसे पात्र (container) तथा इस्पात नलकियों आदि के सम्पर्क में आकर ये दोषपूर्ण हो जाते हैं। स्टेनलैस इस्पात को इस द्रव के लिए प्रयोग करके इस समस्या का निवारण कर लिया गया है पर इससे संस्थापन तथा विनिर्माण (उत्पादन) प्रक्रम और महँगा हो जाता है। खनिज तथा कृत्रिम द्रवों के अतिरिक्त कुछ और प्रकार के द्रव हैं जो अपने अलौकिक गुणों के कारण विशेष अनुप्रयोगों में स्थान पाते हैं। ये अनुप्रयोग हैं, उच्च आवृत्ति के संधारित्र जिनमें फ्लोरीनित द्रवों का प्रयोग किया जाता है, तथा उच्च ताप-स्थायित्व की आवश्यकता वाले अनुप्रयोग जहाँ सिलिकॉन द्रवों की आवश्यकता होती है। खनिज तेल, ऑस्केरल तथा वनस्पति तेल ऐसे द्रव है जो 50° C से 130° C के सामान्य कार्यकारी ताप परिसर में प्रयोग होते हैं। फ्लोरीनित तथा सिलिकॉन द्रव को 50° C से 200° C तक के उच्च ताप परिसर में प्रयोग किया जाता है।

विद्युतरोधी द्रवों के मुख्य लक्षण (Main features of insulating liquids)—इन विद्युतरोधी द्रवों के विभिन्न वर्गों का विशिष्ट अध्ययन करने से पूर्व यह उपयुक्त होगा कि हम कुछ ऐसे महत्त्वपूर्ण प्रभावी कारकों को देखें जो इन तेलों पर क्रियाशील होते हैं। ये कारक निम्नलिखित हैं—

ऑक्सीकरण (Oxidation)—अधिकतर ऐसे द्रव ऑक्सीकरण से प्रभावित होने की प्रवृत्ति रखते हैं, अधिकतर द्रवों पर इसका प्रभाव तापमान में वृद्धि के साथ और भी अधिक होता है। ऑक्सीकरण वैद्युत गुणों को कमजोर करता है, विशेष रूप से परावैद्युत हानि के लिए। इसमें कीचड़ (sludge) बनने की क्रिया होती है जो ऊष्मा विसर्जन के गुणों को प्रभावित करती है। (जैसे उदाहरण के लिए परिणामित्रों के ऑक्सीकृत होने पर, तेल में जल अवशोषण की क्षमता अधिक होती है जो परावैद्युत सामर्थ्य को प्रभावित करती है। जैसा कि परिपथ विच्छेदकों और तेल सम्मज्जित स्विचों में।) ऑक्सीकरण के कुप्रभावों पर काबू पाने के लिए, या तो हमें ऑक्सीकरण को रोकना होगा या फिर तेल के ऑक्सीकृत अंश को समय-समय पर हटाते रहना होगा। स्पष्ट है कि रोकथाम करना उपचार से उत्तम है। ऑक्सीकरण की रोकथाम के लिए (क) आवश्यक से अधिक समय के लिए वायु को तेल के सम्पर्क में नहीं रहने दिया जाता है। (ख) कंजरवेटर टंकियों का प्रयोग किया जाता है। (ग) ऑक्सीकरणरोधी पदार्थों का प्रयोग किया जाता है। तेल में अधिकांश अंश को हटाने के लिए "फुलुर मिट्टी उपचार" को प्रयुक्त किया जा सकता है जो इसे पृथक् कर देता है। खनिज विद्युतरोधी तेल एक संसूचित (recognised) समस्या है। रोकथाम के अनेक संस्थापित विकसित प्रक्रमों के होने पर भी, इसे पूर्ण रूप से नियन्त्रित करना संभव नहीं हो सका है। इस कारण ऐसे कृत्रिम विद्युतरोधी तेलों का विकास हुआ है, जो ऑक्सीकरण रोधी है।

(ii) नमी (Moisture)—नमी अधिकतर विद्युतरोधी द्रवों में घुलनशील है जिसके परिणामस्वरूप परावैद्युत हानि में वृद्धि तथा ऑक्सीकरण में वृद्धि होती है।

प्रारूप के आधार पर विभिन्न विद्युतरोधी तेल विभिन्न मात्रा में नमी को अवशोषण करते हैं। वे तेल को कम नमी ग्रहण करते हैं। वरीयता के पात्र होते हैं। चित्र 5.2 में विभिन्न तापमानों पर ट्रांसफॉर्मर तेल में जल की घुलनशीलता को प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 5.2 : विभिन्न तापमानों पर ट्रांसफार्मर तेल में जल घुलनशीलता
(Solubility of Water in transformer oil at different temperatures)

यह भी पाया गया है कि अम्लता में वृद्धि से विद्युतरोधी तेलों की जल संग्रह क्षमता भी बढ़ जाती है। तेल की जलधारण क्षमता की दर इस बात पर निर्भर होगी कि नमी अथवा आर्द्रता से तेल के सम्पर्क क्षेत्र कितना है।

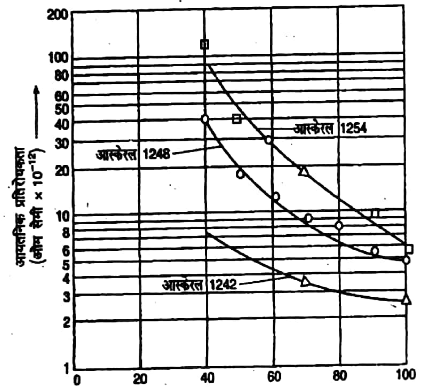
तेल में नमी को रोकने का प्रयास किया जाना चाहिए क्योंकि इससे ऑक्सीकरण में वृद्धि होती है जो तेल के दोषपूर्ण होने में वृद्धि करती है। व्यावसायिक अनुप्रयोगों में, प्रयोग से पूर्व तेल से नमी को हटा दिया जाता है। विद्युतरोधी तेल से नमी को हटाने का कार्य मुख्यत: निर्जलीकरण प्रक्रम द्वारा किया जाता है। इस प्रक्रम में एक विशेष उपकरण द्वारा तेल को कणित (atomise) किया जाता है। फिर इस कणित तेल को उच्च निर्वात् तथा 100 से 120° C के तापमान पर लाया जाता है जिससे नमी पूर्णतया खिंच आती है। विशेष मशीनों द्वारा भी, जिन्हें अपकेन्द्र मशीन कहते हैं, नमी को खींच निकालने का कार्य किया जाता है।

सारिणी 5.3 : खनिज विद्युतरोधी तेल के सामान्य गुण

गुण (Property)	कागज विद्युतरोधन वाले केबिल में प्रयोग होने वाला तेल	संधारित्रों में प्रयोग होने वाला तेल	परिणामित्रों, स्विचों, परिपथ विच्छेदकों में प्रयोग होने वाला तेल
आपेक्षिक घनत्व	0.930	0.885	0.885
ज्वलनांक	253° C	165°C	135° C
बहाव बिन्दु	–5° C	–45°C	–45°C

Scanned by CamScanner

प्रतिरोधकता (100°C) प्रति (ओम-सेन्टीमीटर)	1 से 10×10^{12}	50 से 100 $\times 10^{12}$	1 से 10×10^{12}
परावैद्युत समर्थ्य (kV/mm)	30	30	30
शक्ति गुणांक	0.001	0.001	0.001
100°C पर विशिष्ट ऊष्मा	—	0.412	0.425

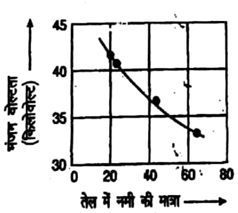


चित्र 5.3 : आस्केरल के लिए तापमान के साथ आयतनी प्रतिरोधकता में भिन्नता
(Variation of volume resistivity with temperature for Askarel)

(iii) तापमान (Temperature)—जैसा कि पहले बताया जा चुका है, तापमान की वृद्धि से द्रवों का ऑक्सीकरण बढ़ जाता है। तापमान वृद्धि से द्रवों में गैस की घुलनशीलता भी बढ़ जाती है जो उनके विद्युतरोधन के गुणों पर बुरा प्रभाव डालती है। द्रवों के विद्युतरोधी गुणों पर तापमान का बहुत स्पष्ट प्रभाव दिखाई देता है। चित्र 5.3 में एक कृत्रिम द्रव आस्केरल के लिए तापमान की भिन्नता को दिखाया गया है।

विभिन्न महत्त्वपूर्ण विद्युतरोधी द्रवों का उल्लेख यहाँ पर दिया जा रहा है—

(क) खनिज विद्युतरोधी तेल (Mineral insulating oils)—ये तेल कच्चे पैट्रोलियम से प्राप्त होते हैं। कच्चे पैट्रोलियम के आस्वन (distillation) से अनेक औद्योगिक उत्पादन प्राप्त होते हैं, जैसे एल्कोहल, मिट्टी का तेल, स्नेहक तेल, एस्फाल्ट, मोम तथा विद्युतरोधी तेल, तथापि इस प्रकार प्राप्त होने वाले विद्युतरोधी तेल वर्तमान समय की आवश्यकता के लिए उपयुक्त नहीं होते हैं जब तक उन्हें उच्च ऑकसीकरण रोधन उत्तम तापीय स्थायित्व तथा अन्य विशिष्ट अभियान्त्रिकी आवश्यकताओं के लिए उचित रूप से सुधार जाए। ये तेल अधिकतर परिणामित्रों, केबिलों तथा संधारित्रों में प्रयोग किए जाते हैं। सारणी 5.3 में विभिन्न प्रमुख अनुप्रयोगों के लिए इन तेलों के मुख्य गुणों को दिया जा रहा है। इन द्रवों के वैद्युत गुण ठोस विद्युतरोधकों से बहुत अच्छी समानता रखते हैं तथापि



चित्र 5.4 : खनिज विद्युतरोधी तेल की भंजन वोल्टता पर नमी का प्रभाव (Effect of moisture or breakdown voltage of mineral insulating oil)

द्रव होने को इनकी अवस्था या प्रकृति के कारण अनेक कारणों द्वारा जैसे ऑक्सीकरण, नमी अपद्रव्य तथा ऊष्मा से इनके गुण अति प्रभावित होते हैं। चित्र 5.9 में नमी से भंजन वोल्टता के प्रभाव को प्रदर्शित किया गया है।

(ख) कृत्रिम द्रव (Synthetic liquids)—पूर्ववत: यह बताया जा चुका है कि विद्युतरोधी द्रवों में खनिज विद्युतरोधी तेल सर्वाधिक प्रयोग होते हैं। तथापि आसानी से ऑक्सीकृत होने में तुलनात्मक रूप से विद्युतरोधन तथा रासायनिक गुणों में द्रुत गिरावट (quick degradation) तथा आग पकड़ने की प्रवृत्ति ने इन तेलों के उपयोग को सीमित कर दिया है। कृत्रिम द्रवों के विकास ने इस सीमा बन्धन पर काबू पा लिया है। हम आगे अपने विचार-विमर्श अध्ययन के दौरान यह देखेंगे कि इन पर काबू पाने के पश्चात्, कृत्रिम द्रवों में अनेक ऐसे उपयुक्त गुण हैं जो उन्हें अपने तौर पर एक अति उत्तम विद्युतरोधी तेल के रूप में प्रस्तुत करते हैं। विभिन्न उत्पादनकर्ता निर्माताओं द्वारा यह कृत्रिम द्रव अनेक व्यावसायिक नामों से बाजार में बेचे जाते हैं। जैसे एस्कारेल, आर्कोलर पाइरानोल आदि। तीन वर्ग के आर्कोलरों के गुणों को सारणी 5.4 में दिया गया है।

सारणी 5.4 : तीन वर्ग के आर्कोलरों के गुण
(Properties of three grades of arcolors)

गुण (Property)	आर्कोलर* (1242)	आर्कोलर* (1248)	[illegible]
आपेक्षिक घनत्व	1.385	1.456	1.549
बहाव बिन्दु (°C)	− 19	−7	+ 10
विशिष्ट ऊष्मा	1.24	1.16	1.08
ज्वलनांक (°C)	154 न्यूनतम	154 न्यूनतम	204 न्यूनतम
अग्नि बिन्दु	कोई नहीं	कोई नहीं	कोई नहीं
परावैद्युत स्थिरांक	5.97	5.58	5.04
परावैद्युत सामर्थ्य 20°C पर (kV/mm)	50 न्यूनतम	60 न्यूनतम	70 न्यूनतम
शक्ति गुणांक 100°C, 50 Hz पर	0.018	0.015	0.010

अंक उत्पादनकर्ता के विनिर्देश में एक व्यक्तिगत कोटि को व्यक्त करते हैं। व्यावहारिक रूप से अनुप्रयोगों में इन द्रवों का उच्च विद्युतरोधी स्थिरांक (5 से 6 के बीच का मान) खनिज विद्युतरोधी द्रवों के 2.8 के निकट मान की तुलना में अति महत्त्वपूर्ण समझा जाता है। उन अनुप्रयोगों में जहाँ कृत्रिम द्रवों को विद्युतरोधन के लिए प्रयोग किया जाता है। यह गुण ठोस विद्युतरोधन की मोटाई को सही सीमा तक घटाने में सक्षम होता है और तदानुसार लागत में बचत करता है खनिज तेल से संसेचित संधारित्रों की लागत की तुलना में यह बचत 40 प्रतिशत तक होती है। कृत्रिम तेल ऑक्सीकरण तथा अग्नि के खतरे के प्रतिरोधन रखते हैं और इसी कारण परिणामित्रों में इनके प्रयोग में वृद्धि हुई है तथापि अनेक ऐसे पदार्थ हैं जिनके सम्पर्क में आने पर ये कृत्रिम तेल प्रतिक्रिया करते हैं।

ये प्रतिकूल विषैले कुप्रभाव भी प्रदर्शित करते हैं इसलिए उतपादन के समय और उपकरण के क्रियांवयन के समय ऐसे द्रवों को सम्भालने में अधिक खर्च आता है। इन्हें सम्भालने के लिए बेदाग इस्पात को नलकियों व पात्रों का प्रयोग किया जाता है। अत: उनके अधिक उत्पादन मूल्य के कारण इन द्रवों के दाम भी अधिक है। साथ ही व्यावहारिक क्रियान्वयन के दौरान इन्हें सम्भालने का खर्च भी अधिक होता है तथापि लगभग 40 प्रतिशत तक सम्पूर्ण बचत के कारण जिसको पूर्वत: स्पष्ट किया जा चुका है तथा अधिक वायु और सुरक्षित कार्यकारी अवस्था की दृष्टि से अब अनेक अनुप्रयोगों में कृत्रिम तेलों को प्रयोग में वरीयता प्राप्त है।

(ग) विविध विद्युतरोधी द्रव (Miscellaneous Insulating Liquids)—

* ये नम्बर विशेष प्रकार के ग्रेड के लिए निर्माता के कोड को प्रदर्शित करते हैं।

Scanned by CamScanner

(i) **वनस्पति तेल (Vegetable oils)**—ये बहुत पहले से प्रयुक्त होने वाले द्रवों में है। बीजों से ये तेल प्राप्त होते हैं। यूं अलसी, कपास के बिनौलों, सूरजमुखी, सोयाबीन अरंड़ी, ताड़, जैतून, मूँगफली से प्राप्त तेल पहले ही द्रव के रूप में प्रयोग किये जाते हैं। इस प्रयोग के मुख्य कारण इसका आसानी से उपलब्ध होना था। अब वर्तमान में ये द्रव बिरले ही प्रयोग होते हैं।

(ii) **फ्लोरीकृत द्रव (Fluorinated Liquids)**—एक पूर्व-निर्धारित तापमान पर इस वर्ग के द्रव अधिक वाष्पशीलता प्रदर्शित करते हैं तथापि द्रव को रासायनिक स्थायित्व कृत्रिम तेलों से कम है। अधिक तापमान पर कार्य के लिए उपयुक्ता और शीतलन के अति उत्तम गुण हैं। कुछ परिस्थितियों में इन द्रवों को प्रयोग होता है।

(iii) **सिलिकॉन द्रव (Silicon liquids)**—यह द्रव कुछ विशिष्ट गुण रखते हैं, ये गुण उच्च तापमान पर स्थायित्व तथा विस्कासिता का व्यापक परिसर जो एक के निम्न मान से 1000000 सेंटीस्टाक तक उच्च हो सकता है।

इन द्रवों का परावैद्युत स्थिरांक खनिज तेलों के समान हैं (2.7 से 2.8) शक्ति गुणांक बहुत निम्न हैं। ये द्रव कभी-कभी परिणामित्रों में प्रयोग होते हैं।

5.1.3.7. सिरामिक (Ceramics)—सिरामिक वे पदार्थ हैं जो प्राकृतिक मृत्तिका तथा अकार्बनिक तत्त्वों को उच्च तापमान पर पकाने की क्रिया द्वारा बनाये जाते हैं। संरचनात्मक रूप से सिरामिकों में मृत्तिका के साथ जो विभिन्न प्रदार्थ प्रयोग किये जाते हैं। वे ऐलुमिना, क्वार्ट्ज, मैगनेसाइट, फेल्सपार आदि हैं। कुछ ज्ञात सिरामिकों में निम्नलिखित सुघट्य होते हैं।

पृथक्कारी को पोर्सलीन—मृत्तिका (clay), क्वार्ट्ज फैल्सपार, उच्च आवृत्ति पोर्सलीन, मृत्तिका क्वार्ट्ज, बेरियम कार्बोनेट स्टीटाइट मृत्तिका टाल्क, मैगनेसाइट सिरामिक के एक सरल उत्पादन प्रक्रम में बारीक में पिसी हुई मुत्तिका तथा धातु ऑक्साइड को बस इतने पानी में मिलाकर गूँधा जाता है कि लुग्दी बन जाए जिसे फिर वांछित आकार में ढाला जाता है। साँचे को सुखा लिया जाता है और फिर 1200° C से 1700° C के बीच तापमान में पका लिया जाता है।

सिरामिक के मुख्य लक्षण (Main features of Ceramics)—सिरामिक के मुख्य लक्षण हैं—

(i) सिरामिक कठोर, बलवान तथा घने होते हैं।

(ii) ये रासायनिक क्रिया से प्रभावित नहीं होते हैं। इसके अलावा तेल अम्ल या क्षारों को छोड़कर

(iii) तनाव की तुलना में संपीडन में ये अधिक बलवान होते हैं।

(iv) वैद्युत अभियान्त्रिक अनुप्रयोगों में इनमें उच्च तापमानों पर स्थायित्व के होने की सम्भावना है।

(v) अति उत्तम परावैद्युत गुण है।

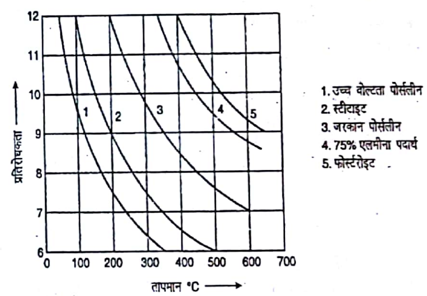
(vi) अघाती सामर्थ्य में कमजोर है। इन्हें कागज या कपड़े जैसे स्वत: आधारित स्वावलम्बी पतली परतों के रूप में प्रयोग नहीं किया जा सकता है। सारणी 5.5 में महत्त्वपूर्ण सिरामिकों के मुख्य भौतिक यान्त्रिक तथा वैद्युत गुणों को दिया गया है।

तालिका 5.5 : सिरामिक पदार्थों (Ceramic Bodies) के गुण
(Properties of Ceramic Boides)

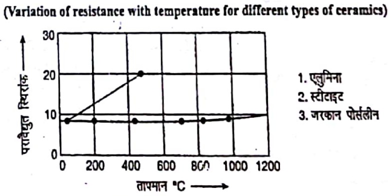
गुण (Properties)	ऐल्यूमिना (Alumina)	उच्च वोल्टता पोर्सलीन (High voltage porcelain)	निम्न वोल्टता पोर्सलीन	स्टीटाइट (Steatite)	जरकॉन (Zircon)
आपेक्षिक घनत्व	3.1-3.9	2.35-5.0	2.2-2.4	2.5-2.92	3.10-3.8
नरमक तापमान (°C)	1450-2000	1300-1350	1300-1335	1300-1450	1390-1550
संरचना का प्रतिबंधन तापमान (°C)	1400-1800	1000-1200	1000-1100	1000-1180	1000-1300
जल अवशोषण %	0.02	0.05.	0.5-2.7	0.03	0-0.02
तनन सामर्थ्य ($kg/cm^2 \times 10^{-3}$)	0.56-3.5	0.2-0.56		0.525-1.05	0.49-1.05
सम्पीडन सामर्थ्य ($kg/cm^2 \times 10^{-3}$)	5.6-3.0	1.75-5.6	1.75-4.2	4.2-30.5	5.6-7.0
परावैद्युत सामर्थ्य (25°C, Hz)	8.0-9.5	5.7	5.5-7.0	5.7-6.5	7.1-9.1
शक्ति गुणांक ($\times 10^3$, 25°C, 60 Hz)	0.5-1.5	8.25	7.20	1.2-2.0	1.5-36.0
आयतनिक प्रतिरोधकता (25°C ओम सेन्टीमीटर)	$10^{14}-10^{16}$	$10^{12}-10^{14}$	$10^{11}-10^{14}$	$10^{12}-10^{15}$	$10^{13}-10^{15}$

सिरामिकों पर विभिन्न कारकों के निम्नलिखित प्रभाव होते हैं—

(क) तापमान का प्रभाव (Effect of Temperature)—जैसा कि चित्र 5.5 में दिखाया गया है तापमान की वृद्धि के साथ सिरामिकों के वैद्युत प्रतिरोध में कमी होती है। परावैद्युत स्थिरांक पर तापमान के प्रभाव को चित्र 5.6 में देखा जा सकता है।



चित्र 5.5 :विभिन्न प्रारूपों के सिरामिकों में तापमान के साथ प्रतिरोध की विभिन्नता
(Variation of resistance with temperature for different types of ceramics)

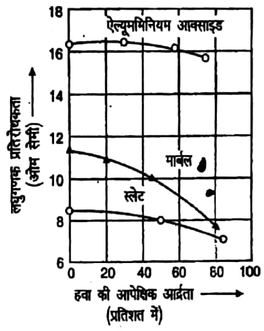


चित्र 5.6 : विभिन्न प्रारूपों के सिरामिकों के तापमान के साथ परावैद्युत स्थिरांक प्रभात
(Effects of temperature on dielectric constant for different types of ceramics)

Scanned by CamScanner

(ख) नमी का प्रभाव (Effect of Moisture)—जैसा कि चित्र 5.7 में दिखाया गया है कि सिरामिक पदार्थों के पृष्ठ प्रतिरोधकता पर आर्द्रतापूर्ण वातावरण का विशेष प्रभाव नहीं होता है।

सिरामिक पृथक्कारी प्रायः ही आर्द्रतापूर्ण वातावरण वर्षा आदि में उद्भासित रहते हैं। इसलिए नमी के प्रवेश को कम करने अथवा जहाँ तक सम्भव हो न होने देने के उद्देश्य से सिरामिक पृथक्कारीयों को कांचित चमकदार किया जाता है। कांचन से पृथक्कारी को सतह पर धूल के जमाव की रोकथाम भी होती है।

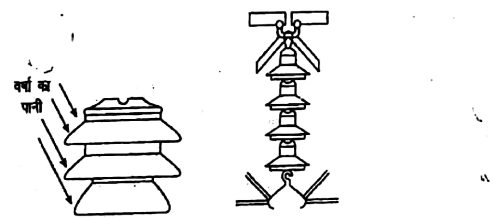


चित्र 5.7 : अकार्बनिक विद्युतरोधकों के पृष्ठ प्रतिरोधकता पर वातावरण की आर्द्रता का प्रभाव (Effect of atmospheric humidity on surface resistivity of inorganic insulators)

सिरामिकों का अनुप्रयोग (Application of Ceramics)

उच्च तापमान सहन करने की क्षमता, नमी से अप्रभावित होना, उत्तम वैद्युत गुण, अति उत्तम संपीडन सामर्थ्य गढ़नशीलता, ये ऐसे गुण हैं जिन्होंने अनेक वैद्युत अनुप्रयोगों के लिए सिरामिक को मूल्यवान कर दिया है। मुख्य अनुप्रयोग इस प्रकार है—

(a) पोर्सलीन पृथक्कारी (Porcelain Insulators)—पोर्सलीन पदार्थों को अनेक विभिन्न प्रारूप के पृथक्कारी जैसे परिणामित्रों की बुशिंग खोच संचार तथा वितरण लाइनों के लिए पृथक्कारी विच्छेदन स्विचों, प्लगों, सॉकिटों, फ्यूज वाहक के पोर्सलीन भाग तथा टैलीफोन पृथक्कारी आदि के निर्माण में प्रयोग किया जाता है। दिए गये अनुप्रयोगों के लिए आवश्यकतानुसार पोर्सलीन को विभिन्न आकार व आमान (dimension) में विभाजित होती है। मोटे व ठोस पृथक्कारियों से बचना चाहिए। उन्हें कम प्रयोग करना चाहिए जहाँ बड़े पृथक्कारियाँ आवश्यक हों, वहाँ काँचन द्वारा जोड़े गये पतले पृथक्करियों का प्रयोग किया जाना चाहिए। पोर्सलीन पृथक्कारियों के परिकल्प के समय एक महत्त्वपूर्ण बात ध्यान रखने की है कि पोर्सलीन का संपीडन सामर्थ्य (compressive strength), तनन सामर्थ्य से कहीं अधिक उच्च होता है। अतः पोर्सलीन पृथक्कारी पर संपीडन भारण लगाना ही बेहतर होता है।



चित्र 5.8 : उचित परकल्प द्वारा वर्षा तथा गन्दगी के जमाव से हो रही फ्लैश तथा पृष्ठ प्रतिरोधकता में कमी की समस्या पर काबू पाने में मदद करती है (Proper design of a insulator helps fin overcoming the problem of reduced surface resistivity and flash over due to rain and accumulation of dirt.)

(b) लाइन पृथक्कारी (Line insulators)—लाइन के पृथक्कारी के रूप में पोर्सलीन का सर्वाधिक अनुप्रयोग होता है। वर्षा तथा गंदगी से पृष्ठ प्रतिरोधकता प्रभावित होती है। अतः इसका परम ध्यान रखा जाता है। चित्र 5.8 द्वारा दिखाया गया है कि कैसे उचित परिकल्प से वर्षा तथा गंदगी के जमाव से हो रही ''फ्लैश ओवर'' तथा पृष्ठ प्रतिरोधकता में कमी की समस्या को सुलझाने में सहायता प्राप्त होती है।

(c) अन्य सिरामिक पदार्थ (Other ceramic materials)—पोर्सलीन के अलावा अन्य सिरामिक भी हैं। तुलनात्मक रूप से उच्च हानि गुणांक विशेषकर इसकी उच्च तापमान तथा उच्च आवृत्तियों पर और अधिक की प्रवृत्ति ने पोर्सलीन के प्रयोग को सीमित कर दिया है। इस तथ्य के कारण अन्य सिरामिक पदार्थों की उत्पत्ति की गई है। यहाँ इनका उल्लेख किया जा रहा है।

(i) स्टीटाइट (Steatite)—मिट्टी तथा टाल्क (जलयोजित मैग्नीशियम सिलिकेट) के उचित मिश्रण को सुखा कर और फेल्सपार, मैग्नेसाइट आदि पदार्थों के साथ पकाकर के स्टीटाइट बनता है।

सारणी 5.5 से हमें स्टीटाइट के अति उत्तम संपीडन समर्थ्य निम्न नमी अवशोषण तथा उत्तम वैद्युत गुणों का पता चलता है। विनिर्माणन के समय पकाये जाने पर स्टीटाइट बहुत कम सिकुड़ता है और इस प्रकार उसकी आमान सहिष्णुता भी उत्तम है।

उच्च आवृत्तियों पद्धतियों के उपकरणों के निर्माण में स्टीटाइट का प्रयोग होता है। वहाँ भी जहाँ तापीय आघात रोधन वांछनीय स्टीटाइट का प्रयोग होता है।

(ii) एलुमिना (Alumina)—यह मूलतः ऐल्यूमिनियम के ऑक्साइड से बनता है। अति उच्च जलाने का तापमान 1750° C तथा अन्य कारक इसके उत्पादन में कठिनाई प्रस्तुत करते हैं। एलुमिना को बनाए रखने के उच्च तापमान जो 1800°C तक है तथा निम्न जल अवशोषण व उच्च संपीडन सामर्थ्य के कारण लाक्षणिक माना जाता है। एलुमिना की ताप चालकता अति उत्तम है जो पोर्सलीन से 20 गुना अधिक है।

(iii) टिटानेट सिरामिक (Titanate Ceramics)—उत्पादन के समय कुछ टिटानेट पदार्थ जैसे बेरियम टिटानेट, लैजटिटानेट इत्यादि के मिला देने पर टिटानिक सिरामिक बनते हैं। ये आश्चर्यजनक रूप से उच्च परावैद्युत स्थिरांक वाले पदार्थ हैं। बेरियम टिटानेट सिरामिक 10000 तक के परावैद्युत स्थिरांक रख सकते हैं। यह असाधारण अति उच्च मान संधारित्र के परिकल्प में बहुत लाभदायक होता है।

(iv) आक्साइड मुक्त सिरामिक (Oxide free ceramics)—पिछले पृष्ठों में हमने ऐसे सिरामिकों का अध्ययन किया है जिनमें विभिन्न अकार्बनिक आक्साइड थे। एक अन्य ऐसा वर्ग भी विकसित हुआ है जिसमें ऑक्साइड नहीं है और ऑक्साइड के स्थान पर इनमें नाइट्राइटड, सल्फाइड तथा कार्बाइड आदि होते हैं। ये सिरामिक तापरोधन गुण के सीमान्त (अति उच्च) मान के लिए विशिष्ट है। बोरोन नाइट्राइट का गलनांक 2000°C से अधिक है और इसे 1700°C तक के उच्च तापमान पर ऑक्सीजन मुक्त माध्यम में प्रयोग किया जा सकता है। ट्रांजिस्टर बनाने के लिए कृत्रिम अभ्रक तथा धातु क्रिस्टल के उत्पादन में बोरोन नाइट्राइड का प्रयोग होता है।

5.1.3.8. अभ्रक तथा अभ्रक उत्पादन (Mica and Mica Product)—अभ्रक एक अकार्बनिक खनिज है। यह प्राकृतिक विद्युतरोधी पदार्थों में से एक सर्वश्रेष्ठ विद्युतरोधी है। विद्युतरोधी तकनीकी में भीषण प्रगति के होते हुए भी, अभ्रक और उसके उत्पादन आज भी अनेक स्थान पर प्रयोग होते हैं। यह अलौकिक कार्य दायित्व वाले विद्युतरोधियों में सबसे पुराने विद्युतरोधीयों में से एक है। सौभाग्य से, भारत, विश्व के सर्वोत्तम व सर्वाधिक मात्रा वाले अभ्रक के भंडारो का दावेदार है। वैद्युत उपयोगों में, विश्व के 80 प्रतिशत अभ्रक की आवश्यकता भारत द्वारा ही पूरी की जाती है।

अन्य देश जहाँ अभ्रक के भण्डार हैं, अमेरिका (U.S.A.), कनाडा, मालागासे, अफ्रीका, रूस (U.S.S.R.) ऑस्ट्रेलिया तथा दक्षिण अमेरिका हैं।

दृष्टीय आधार पर अभ्रक की गुणवत्ता का वर्गीकरण इस प्रकार हो सकता है। पारदर्शी, धबीला, चित्तीदार तथापि वैद्युत उपयोगिता के दृष्टिकोण से निम्नलिखित दो प्रकार की अभ्रक, मस्कोवाइट अभ्रक तथा फ्लोगोपाइट अभ्रक ही महत्त्वपूर्ण है।

(क) मैस्कोवाइट अभ्रक (Muscovite mica)—इसकी आपूर्ति के मुख्य स्रोत भारत, ब्राजील तथा अमेरिका है। पर सर्वोत्तम पदार्थ भारत में उपलब्ध है। मस्कोवाइट अभ्रक का मूल रासायनिक संगठन $KH_2Al_3(SiO_4)_3$ है। इसके सामान्य गुणों को सारणी में दिखाया गया है।

Scanned by CamScanner

सारणी 5.6 अभ्रक के दो मुख्य प्रारूप सामान्य गुण
(General properties of two main types of mica)

गुण (Properties)	मस्कोवाइट अभ्रक	फ्लोगोफाइट अभ्रक
आपेक्षिक घनत्व	2.7-3.2	2.6-2.8
नमी अवशोषण	निम्न	निम्न
तनन सामर्थ्य ($kg/cm^2 \times 10^{-3}$)	0.357-0.7	-
कर्तन सामर्थ्य kg/mm (shear strength)	23-26	10-13
प्रतिरोधकता (ओम सेंटीमीटर 25°C पर)	$10^{13}-10^{15}$	$10^{12}-10^{14}$
परावैद्युत स्थिरांक	6-7	5-6
परावैद्युत सामर्थ्य (kV/mm, 25°C)	80 अंक	60 अंक
शक्ति गुणांक ($\times 10^4$, 25°C)	1-3	10-50
अधिकतम कार्यकारी तापमांन (°C)	500-600	800-900

मस्कोवाइट अभ्रक के अन्य गुण इस प्रकार हैं—

(i) ये बलवान, कड़ा तथा कम लचीलापन वाला पदार्थ है।

(ii) ये रंगहीन, पीला, रजत (चाँदी) या हरे रंग में अपलब्ध है।

(iii) इसके विद्युतरोधी गुण अति उत्तम हैं।

(iv) इसकी घिसन-रोधकता (abrasion resistance) उच्च है।

(v) इस पर तेल तथा हाइड्रोलिक अम्ल कुप्रभावी नहीं होता है। क्षार इस पर प्रभावी नहीं होता है।

मस्कोवाइट अभ्रक के अनुप्रयोग (Applications of Muscovite mica)—मस्कोवाइट अभ्रक का प्रयोग वहाँ पर होता है जहाँ वैद्युत आवश्यकताएँ भीषण इनका उच्च परावैद्युत सामर्थ्य इनको संधारित्रों के प्रयोग की अनुमति प्रदान करता है। उच्च घिसन-रोधकता इन्हें दिक्परिवर्तक (commutator) में प्रयोग होने का अवसर देती है।

(ख) फ्लोगोपाइट अभ्रक (Phlogopite mica)—इसकी आपूर्ति के मुख्य स्रोत हैं—मैलेगासे (Malagasay) अमेरिका (U.S.A.) तथा कनाडा (Canada)। इसका मूल रासायनिक संगठन $KH(MgF)_8Mg\ Al(SiO_4)_3$ है। इसे मैग्नीशियम अभ्रक भी कहते हैं। इस प्रारूप के अभ्रक के गुणों को सारणी 5.6 में दिया गया है।

फ्लोगोपाइट अभ्रक के अन्य गुण इस प्रकार हैं—

(i) ये आबनूसी, पीले, हरे या सुरई रंग में उपलब्ध है।

(ii) मास्कोवाइट अभ्रक से अधिक चीमड़पन तथा कठोरता के कारण यह अधिक संरचनात्मक स्थायित्व रखती है तथापि यह कम दृढ़ है।

(iii) क्षारों के लिए प्रतिरोधन है पर अम्ल के लिए प्रतिरोधन कम है।

(iv) मस्कोवाइट अभ्रक से इनके विद्युतरोधन गुण निम्न है।

(v) इसका तापीय स्थायित्व मस्कोवाइट अभ्रक से अधिक है।

फ्लोगोपाइट अभ्रक के अनुप्रयोग (Applications of phlogopite mica)—फ्लोगोपाइट अभ्रक का प्रयोग वहाँ होता है जहां तापीय स्थायित्व की अधिक आवश्यकता है, जैसे घरेलू वैद्युत उपकरण में जैसे—इस्त्री (iron) चुल्हे या तवे (hot plate) टोस्टर आदि में।

(ग) अभ्रक उत्पाद (Mica Products)—प्राकृतिक अभ्रक के बहुत सीमित औद्योगिक अनुप्रयोग हैं क्योंकि इसके रासायनिक तथा विद्युतरोधन के गुण बहुत निम्न हैं। अनुप्रयुक्त यांत्रिक तथा भौतिक गुणों के कारण ये उत्पादन में भी कठिनाई प्रस्तुत करता है।

कुछ महत्त्वपूर्ण अभ्रक उत्पादन निम्नलिखित हैं—

(i) काँच आबन्धित अभ्रक (Glass Bonded Mica)—अभ्रक के टुकड़ों तथा पिसे हुए काँच को मिलाकर ढालने पर काँच आबंधित अभ्रक प्राप्त होता है। अभ्रक तथा काँच का प्रतिशत 40/60 से 60/40 के मध्य रहता है। यह पदार्थ जल की अनुमति नहीं देता है और रासायनिक रूप से स्थायी है। इसकी परावैद्युत हानि कम है और परावैद्युत सामर्थ्य उच्च है। साथ ही यह मशीनकर्तन के लिए उपयुक्त है और इसे पृथक् रूप से ढाला जा सकता है। यह पदार्थ अधिक आर्द्रता से तथा उच्च परिवेशीय तापमान वाले वातावरण में प्रयोग होता है।

(ii) कृत्रिम अभ्रक (Synthetic mica)—कृत्रिम अभ्रक का विकास दूसरे विश्व युद्ध के समय हुआ जब अनेक देशों को उत्तम वर्ग के मस्कोवाइट अभ्रक की आपूर्ति में अवरोधन होने लगा यद्यपि कृत्रिम अभ्रक, प्राकृतिक अभ्रक वाले अनेक तकनीकी दोष हैं पर सर्वोत्तम वर्ग के प्राकृतिक मस्कोवाइट अभ्रक के सीमित भंडारो पर निर्भरता को पूर्णतया समाप्त करने के उद्देश्य से कृत्रिम अभ्रक के उत्पादन को प्रोत्साहित किया गया है। पर चूँकि भारत में सर्वोत्तम वर्ग के भण्डार बहुत अधिक उपलब्ध हैं, इसलिए यहाँ कृत्रिम अभ्रक उत्पादन की आवश्यकता नहीं हुई है।

(iii) अभ्रक कागज (Mica paper)—अभ्रक की क्रिस्टलीय प्रकृति के कारण अनेक संरचनात्मक कठिनाइयाँ हैं जो वैद्युत मशीनों के लिए प्रयोग में आड़े आती हैं जैसे उसमें लचीलापन नहीं है। इन कठिनाइयों ने अभ्रक कागज को आवश्यक बनाया है। द्रवीय घोल में अभ्रक के छोटे टुकड़ों को तोड़कर डाला जाता है। फिर इसे लेकर कागज की चादरों का उत्पादन सैलूलोज कागज के उत्पादन के समान ही एक प्रक्रम द्वारा किया जाता है। अभ्रक कागज की मोटाई 0.05 से 0.1 मिमी के बीच होती है। घूर्णी मशीनों की ध्रुवीय कुण्डलियों तथा आर्मेचर में विद्युतरोधन के लिए अभ्रक कागज के उत्पादों का प्रयोग किया जाता है।

(iv) उत्पादित अभ्रक (Manufactured mica)—अभ्रक के छोटे टुकड़ों को आसंजक (adhesive) के साथ संघटित रखकर प्राप्त पदार्थ को उत्पादित अभ्रक या अभ्रक पट्टिका (mica plate) कहते हैं। इसमें बंधक पदार्थ सामान्यतः लगभग 20 प्रतिशत होता है। बंधक, रेजिन, शैलाक, इपॉक्सी, सिलिकरिजिन आदि पदार्थ होते हैं। उत्पादित अभ्रक का प्रयोग कम्प्यूटरों, वैद्युत ऊष्मक युक्तियों, मोटरों के खाँचे में विद्युतरोधन, परिणामित्र आदि में होता है।

5.1.3.9. एस्बेस्टस तथा एस्बेस्टस के उत्पाद (Asbestos and Asbestos Products)—लम्बे रेशे वाले प्रकृतिक रूप से उपलब्ध, खनिज के एक वर्ग को एस्बेस्टस का नाम दिया गया है। इनके रेशे मजबूत और लचकदार होते हैं और कुछ ऐसे प्रारूप के भी हैं जिन्हें कटाई द्वारा विभिन्न प्रकार के कपड़ों के रूप में भी बनाया जा सकता है। अति उच्च तापमान सहनशीलता के कारण, एस्बेस्टस को वैद्युत उपकरणों में विद्युतरोधन के रूप में व्यापक प्रयोग किया जाता है।

प्राकृतिक रूप से दो प्रकार के एस्बेस्टस उपलब्ध हैं—

1. क्राइसोटाइल एस्बेस्टस (Chrysotile Asbestos)—

(क) इसकी आपूर्ति के मुख्य स्रोत कनाडा व अफ्रीका है।

(ख) इसका आपेक्षिक घनत्व 2.0 से 2.8 तक है।

(ग) यह अति आर्द्रताग्राही है। इसमें कक्ष तापमान पर, 14 प्रतिशत तक नमी होती है।

(घ) यह तुलनात्मक रूप से उच्च परावैद्युत हानि तथा निम्न परावैद्युत सामर्थ्य प्रदर्शित करता है।

(च) वैद्युत दृष्टि से यह संसेचित कागज तथा अभ्रक से तुच्छ है। इस कारण इसे उच्च वोल्टता अनुप्रयोगों में कदापि प्रयोग नहीं किया जाता है। (33 kV से अधिक के लिए)।

Scanned by CamScanner

■ एम्फीबोल एस्बेस्टस (Amphibole Asbestos)

(क) इसके मुख्य आपूर्ति स्रोत दक्षिण अफ्रीका व अलास्का है।

(ख) यह सरल रूप से कताई के लिए उपयुक्त नहीं है क्योंकि इसके रेशे या तो बहुत नरम या बहुत कठोर या भंगुर होते हैं।

(ग) क्राइसोटाइल एस्बेस्टस की तुलना में इसका मान तनन सामर्थ्य अधिक है।

(घ) ये अत्यधिक आर्द्रताग्राही है।

(च) क्राइसोटाइल एस्बेस्टस की भाँति इसके वैद्युत गुण निम्न हैं।

एस्बेस्टस के अनुप्रयोग (Applications of Asbestos)—एस्बेस्टस का प्रयोग निम्न वोल्टता कार्यों में विद्युतरोधन के लिए रस्सी, फीते, कपड़े तथा पटल के रूप में होता है। इन सभी अनुप्रयोगों में उसे सामान्यतः किसी द्रव अथवा ठोस पदार्थ जैसे रेजिन से संसेचित किया जाता है। उचित संसेचन से इसके यान्त्रिक तथा वैद्युत गुण का सुधार होता है। उच्च तापमान के वातावरण में इसे तारों तथा केबिलों पर विद्युतरोधन के लिए मोटरों तथा जनित्रों में कुण्डलियों, कुण्डलन तथा सिरों के मोड़ पर विद्युतरोधन के रूप में परिणामित्रों में चालक के विद्युतरोधन तथा परत की विद्युतरोधन के लिए, स्विचों तथा सर्किट ब्रेकरों में आर्क रोक (arc barrier) के लिए प्रयोग किया जाता है।

औद्योगिक एस्बेस्टस उत्पाद (Industrial Asbestos Products)—रेशेदार क्रिस्टलीय संरचना (Fibrous crystalline structure) तथा उच्च तापमानों पर स्थायित्व के कारण ही एस्बेस्टस अभियान्त्रिक अनुप्रयोगों में अपनी उपयोगिता का दावा करता है तथापि तनन सामर्थ्य उच्च परावैद्युत हानि और नमी के प्रति संवेदना के कारण इसकी उपयोगिता सीमित है। प्रयोग में आने वाले कुछ एस्बेस्टस उत्पादन इस प्रकार है—

(i) एस्बेस्टस रोविंग (Asbestos roving)—क्राइसोटाइल एस्बेस्टस के रेशों को सूत अथवा कृत्रिम कार्बनिक रेशों से मजबूत करके 'एस्बेस्टस रोविंग' को निर्मित किया जाता है। इसका उपयोग विद्युतरोधन के रूप में किया जाता है।

(ii) एस्बेस्टस कागज तथा पटल (Asbestos paper and Board)—वास्तविक प्रयोग में एस्बेस्टस कागज को सूत या कृत्रिम रेशों को काँच से अधिक सशक्त (Reinforce) बनाकर प्रयोग किया जाता है। एस्बेस्टस कागज को लपेटन तथा पृथक्कारी विद्युतरोधन के रूप में परिणामित्रों में प्रयोग किया जाता है।

(iii) एस्बेस्टस फीते (Asbestos tapes)—एस्बेस्टस फीतों (tapes) का प्रयोग उन उपकरणों के लिए किया जाता है जो वर्ग A के विद्युतरोधन के लिए संस्तुत (Recommended) है।

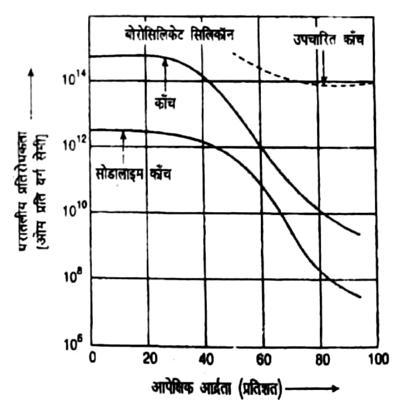
(iv) बुने हुए एस्बेस्टस फीते (Woven Asbestos Tapes cloth)—एस्बेस्टस कपड़ा एस्बेस्टस के सूत से बनाया जाता है। इसे ढली हुई और परतदार संरचना के वैद्युत तथा यान्त्रिक कार्यों में प्रयोग किया जाता है।

5.1.3.10. काँच (Glass)—विभिन्न धातु आक्साइडों के संगलन द्वारा काँच बनता है जो एक अकार्बनिक पदार्थ है। सामान्यतः यह पारदर्शी, भंगुर तथा कठोर होता है। यह जल तथा साधारण कार्बनिक विलायकों में अघुलनशील है। काँच के उत्पादन में सिलिकॉन, बोरोन, फास्फोरस, सोडियम, पोटैशियम, कैल्शियम, जस्ते, सीसे आदि के ऑक्साइड प्रयुक्त होते हैं। सारणी में व्यावसायिक काँचों के सामान्य: गुणों को दिया गया है।

सारिणी 5.7 : व्यवसायिक काँचों के सामान्य गुण
(General properties of Commercial Glasses)

गुण (Properties)	क्वार्टज काँच (Quartz Glass)	खिड़की का काँच (Window Glass)	वैद्युत काँच (Electric Glass)	निम्न वैद्युत हानि वाला काँच	पाइरेक्स (Pyrex)
आपेक्षिक घनत्व	2.2	2.46	2.85	2.13	2.13
नरमक बिन्दु °C	1667	7.30	626	—	8.20
प्रतिरोधकता (ओम सेन्टीमीटर 25°C पर)	12	6.5	8.9	11.2	8.1
शक्ति गुणांक (1 MHz, 20°C पर)	0.0002	0.004	0.0016	0.006	0.0046
परावैद्युत स्थिरांक (1MHz, 20° C पर)	3.78	7.0	6.6	4.0	4.6
विशिष्ट ऊष्मा (20°C पर)	0.176	0.200	--	—	0.186
प्रसार गुणांक ($\times 10^7$ per °C)	5.5	85	91	32	32

काँच को वैद्युत उपयोग मे प्रयोग के अवसर उसके निम्न पैरावैद्युत हानि मन्द जरण (slow aging) तथा उत्तम यान्त्रिक सामर्थ्य के कारण प्राप्त है। परन्तु काँच बहुत दुर्बल है और इसका विनिर्माण (manufacture) सरल नहीं है। नमी से प्रभावी होने पर यह पृष्ठ प्रतिरोधकता की अधिक गिरावट के अवगुण को व्यक्त करता है। इसका मान वैद्युत से वरिष्ठता (electrical superiority) को निर्धारित करता है। चित्र 5.9 द्वारा इस आचरण को स्पष्ट किया गया है।



चित्र 5.9 : काँच की पृष्ठ प्रतिरोधकता पर नम (आर्द्र) वायु का प्रभाव

Scanned by CamScanner

■ काँच के अनुप्रयोग (Different Varieties of Commercial Glass)

ढले हुए विद्युतरोधी युक्तियों जैसे वैद्युत बुशिंग, फ्यूज आवास पृथक्कारी आदि के रूप में काँच का प्रयोग किया जाता है। यह संधारित्रों में परावैद्युत के लिए भी प्रयोग होता है।

रेडियो तथा टेलीविजन के ट्यूब, वैद्युत दीप्त आदि भी काँच का बहुतायत में उपयोग करते हैं।

(क) संगलित क्वार्ट्ज या सिलिका काँच (Fused Quartz or Silica Glass)—संगलन तापमान पर तपाए और फिर ठण्डा किए गए सिलिका को "सिलिका काँच" कहते हैं। यह पदार्थ निम्न प्रसार गुणांक तथा निम्न शक्ति गुणांक और उच्च प्रतिरोधकता जैसे वैद्युत गुण रखता है।

(ख) बोरोसिलिकेट काँच (Borosilicate Glass Pyrex)—इस काँच को अन्य आक्साइडों के साथ, 28 प्रतिशत बोरोन के ऑक्साइड की भी आवश्यकता होती है। ये काँच अच्छे वैद्युत गुण रखते है परन्तु इसके गुण क्वार्ट्ज जैसे उत्तम नहीं हैं। ये अन्य काँचों की तुलना में रसायनों तथा नमी के प्रभावों के लिए अधिक उत्तम रखते हैं।

(ग) काँच तन्तु विद्युतरोधन (Fibre Glass Insulation)—काँच तन्तु विद्युतरोधन 130°C और उससे अधिक तापमान पर भी कार्य कर सकते हैं। अधिकतर अनुप्रयोगों में काँच तन्तु को कृत्रिम रेजिन जैसे पदार्थों या फिर खनिज तेल (mineral oil) से संसेचित (impregnated) किया जाता है।

5.1.3.11. प्राकृतिक तथा कृत्रिम रबड़ (Natural and Synthetic Rubbers)—कुछ विशेष पेड़ों के दुधिया रस से प्राकृतिक रबड़ तैयार होती है। अभियांन्त्रिकी में इसके बहुत सीमित अनुप्रयोग हैं। इसका कारण यह है कि अलग-अलग तापमान पर यह अलग-अलग अवस्थाओं में परिवर्तित हो जाता है। मौसम तथा ऑक्सीकरण से प्रभावित होने की प्रवृत्ति, विद्युतरोधी तेल तथा औद्योगिक विलायकों के लगातार आक्रमण को न सहन कर पाने का अवगुण होने के कारण कृत्रिम रबड़ का विकास हुआ इससे प्राकृतिक रबड के अवगुणों को दूर किया गया।

सामान्य भाषा में रबड़ एक ऐसा पदार्थ है जो बिना किसी स्थाई विकृति के अपनी मूल लम्बाई के दोगुने तक खींचा जा सकता है। पर तकनीकी रूप से कहा जाए तो रबड़ वह है जो बिना किसी स्थायी विरूपण के प्रत्यास्थ होता है अर्थात् खींचे जाने योग्य (stretchable) होता है।

(क) प्राकृतिक रबड़ (Natural Rubber)—विशेष पेड़ों से एकत्रित किया दूधिया रस (milky sap) से प्राकृतिक रबड़ को तैयार किया जाता है। फिर इसमें से जल को वाष्पीकृत करके वाहर निकाल दिया जाता है। अभियान्त्रिकी प्रयोग के लिए इसे फिर मैस्टिक क्रिया करने के लिए गरम बेलनों से बार-बार गुजारा जाता है। इसमें गन्धक जैसे यौगिक ऐरामेटिक अमीनो compound जैसे ऑक्सीकरण निरोधक वनस्पति तल जैसे नरमक (softener) तथा कार्बन ब्लैक तथा जस्ते के आक्साइड या मैग्नशियम कार्बोनेट जैसे पूरक मिलाए जाते हैं। फिर इस मिश्रण में जो अब वल्कनाइजेशन के लिए तैयार है, आवश्यकतानुसार 4 से 45 प्रतिशत तक गन्धक को मिलाया जाता है।

प्राकृतिक रबड़ के मुख्य यान्त्रिक तथा वैद्युत गुणों को सारणी 5.8 में दिखाया गया है।

■ प्राकृतिक रबड़ के अनुप्रयोग (Applications of Natural rubber)

इसका प्रयोग निम्न वोल्टता तारों व चालकों के आवरण के लिए होता है।

(ख) कठोर रबड़ (Hard rubber)—गन्धक (Sulphur) अधिकता तथा वल्कनाइजेशन उपचार को बढ़ा देने पर एक कड़ा रबड़ उत्पाद प्राप्त होता है। कठोर रबड़ के गुणों को सारणी 5.8 में दिया गया है। लगातार धूप में रहने पर इसके गुणों में कमी आती है।

कठोर रबड़ के अनुप्रयोग (Applications of Hard Rubber)—यह पदार्थ संचायक बैट्री आवास (Storage battery housings), पैनल बोर्ड, बुशिंग आदि के निर्माण में प्रयोग होता है।

सारणी 5.8 : प्राकृतिक तथा कृत्रिम रबड़ के मुख्य भौतिक, यान्त्रिक तथा वैद्युत गुण
(Major physical mechanical and electrical properties of natural and synthetic rubber)

गुण	प्राकृतिक रबड़	कठोर रबड़	योप्रेन	नाइट्राइल बूटाडाइन	सिलिकॉन रबड़	हाइपालॉन	बूटाइल रबड़
आपेक्षिक घनत्व	0.93-1.6	1.1-1.4	1.09-1.6	1.0	1.2-1.5	—	0.9-1.3
जल अवशोषण (%)	1-2	0.2-1.0	3-4	—	0.5-2.4	—	0.3-0.5
अधिकतम कार्यकारी तापमान	75	60	90	—	175-200	150	80-90
तनन सामर्थ्य	0.21-0.32	28-72	0.14-0.26	0.19-0.32	0.09-0.12	0.11-0.26	0.5-0.21
परावैद्युत सामर्थ्य	2.7-5	2-5	7.5-14	3.9-10	2.8-7.0	5-11	2.1-4.0
आयतनिक प्रतिरोधकता	10^{15}-10^{17}	10^{14}	10^{11}-10^{12}	10^{12}-10^{15}	10^{13}-10^{17}	10^{13}-10^{15}	10^{14}-10^{16}
पृष्ठ प्रतिरोधकता (ओम-सेंटीमीटर)	10^{14}-10^{15}	—	10^{11}-10^{12}	10^{12}-10^{15}	10^{13}	10^{14}	10^{13}-10^{14}
परावैद्युत सामर्थ्य kV/mm	18-24	12-28	4.20	16-20	12-28	16-24	16-32
शक्ति गुणांक	0.05-0.20	0.5-2.0	1.0-6.0	3-5	0.1-1.0	2.0-9.0	0.3-8.0

(ग) कृत्रिम रबड़ (Synthetic Rubbers)—

बूटाडीन रबड़ (Butadene Rubber)—बूटाडीन तथा स्टाइरीन के सह-बहुलकीकरण से स्टाइरीन बूटाडाइन रबड़ बनता है।

बूटाडीएन्स तथा आर्काइलोनाइट्राइल (Arcylonitrile) के सह-बहुलकीकरण से नाइट्राइल बूटाइन रबड़ (NBR) बनता है।

प्राकृतिक रबड़ से तुलना करते हुए, स्टाइरीन बूटाडाइन रबड़ (SBR) निम्नलिखित रूप से लाक्षणिक है—

(i) इसमें जरण (aging) तथा आक्सीकरण के लिए अधिक प्रतिरोध होता है।
(ii) इसमें निम्न जल अवशोषण की क्षमता है।
(iii) इसमें उच्चतर तापीय चालकता है।

प्राकृतिक रबड़ से तुलना करते हुए नाइट्राल बूटाडाइन रबड़ (NBR) निम्नलिखित रूप से लाक्षणिक है—

(i) उच्च तापमानों पर अधिक स्थायित्व रखता है।
(ii) इससे अधिक तनन सामर्थ्य (Tensile strength) है।
(iii) यह सामान्य गैसों के अवशोषण के लिए अधिक प्रतिरोध रखता है।

बूटाइल रबड़ (Butyl Rubber)—निम्न तापमान निम्न मात्रा में आइसोप्रिन तथा आइसो बूटाइलीन के सह-बहुलकीकरण द्वारा तैयार किया जाता है।

बूटाइल रबड़ के विशिष्ट लक्षण इस प्रकार है—

Scanned by CamScanner

ये पैट्रोलियम तेल व ग्रीजों द्वारा शीघ्र प्रभावित होते हैं पर वनस्पति तेल तथा एल्कोहलीय विलायकों के प्रति अति उत्तम रोधकता (Resistance) रखते है।

प्राकृतिक रबड़ से बूटाइल रबड़ की तनन सामर्थ्य (tensile strength) कम है।

क्लोरोप्रीन रबड़ (न्यूप्रीन) (Cloroprene Rubber Neoprene)—क्लोरोप्रीन के संमिश्रण बहुलकीकरण द्वारा किसी अन्य सह-बहुलक की उपस्थिति के साथ या उसके बिना ही इसे तैयार किया जाता है। क्लोरोप्रीन रबड़ के सामान्य गुणों को सारणी 5.11 में दिया गया है। प्राकृतिक रबड़ की तुलना में इस वर्ग के मुख्य: लक्षणों को यहाँ दिया जा रहा है—

1. ये तापीय जरण (thermal aging) ऑक्सीकरण सूर्य के प्रकाश तथा गैसीय विसरण के लिए उत्तम प्रतिरोध रखते हैं।
2. इनकी तापीय चालकता उत्तम है और ये अधिक ज्वालारोधी हैं।
3. ये धातुओं के लिए अधिक आसंजकशीलता प्रदर्शित करते हैं।
4. यांत्रिक गुणों जैसे फटन तथा तनन सामर्थ्य तथा घिसन रोधकता (Abrasion Resistance) में यह तुच्छ है।

■ न्यूप्रीन रबड़ के अनुप्रयोग (Applications of Neoprene Rubbers)

तारों व चालकों के विद्युतरोधन के लिए न्यूप्रीन रबड़ का प्रयोग होता है।

सिलिकॉन रबड़ (Silicon Rubber)—सिलिकॉन रबड़ पॉली सिलाकसेन्स (Polysilaxanes) होते हैं। इसके अलौकिक गुण इस प्रकार है—

1. सिलिकॉन रबड़ की तापीय चालकता (thermal conductivity) प्राकृतिक रबड़ से दुगनी है।
2. इनका तनन सामर्थ्य निम्न है पर ये उच्च तापमानों पर इनका स्थायित्व अदभुत है।
3. निम्न तापमानों पर ये उत्तम लचीलापन प्रदर्शित करते हैं।
4. ओजोन ऑक्सीकरण और असामान्य कठिन अवस्था के वातावरण के प्रति ये विशेष रूप से रोधक हैं।

■ सिलिकॉन रबड़ का अनुप्रयोग

वैद्युत तारों और केबिलों पर विद्युतरोधन के लिए, दले हुए अंगों के लिए, विद्युतरोधी फीते (Insulating tape) तथा लेपन पदार्थ (coating material) आदि के रूप में सिलिकॉन रबड़ का प्रयोग होता है।

5.1.3.12 विद्युतरोधी रेजिन तथा उनके उत्पाद (Insulating resins and their products)—ये पदार्थ दो प्रकार के है—प्रथम वे जो प्राकृतिक रूप से विद्यमान है जैसे—वायु, अभ्रक (mica), आदि। इससे वे जो सरल रूप से प्रकृति से प्राप्त किए जा सकते हैं जैसे—सैलूलोज, वल्कनाइज किया रबड़, सिरेमिक खनिज तेल आदि। विद्युतरोधी पदार्थों के विकास की यह प्रक्रिया बहुत ही तर्कसंगत है। आरम्भ में केवल प्राकृतिक विद्युतरोधी पदार्थों का प्रयोग हुआ है। फिर उच्च कार्यकारी तापमान तथा वोल्टता की आकांक्षाओं ने अन्य पदार्थों को प्रस्तुत किया अर्थात् वे सरल रूप से प्राकृतिक से ही प्राप्त हो सकते हैं। कुछ को छोड़कर ये पदार्थ वर्तमान के विभिन्न अनुप्रयोगों की आकांक्षाओं की पूर्ति में विफल रहे हैं। अब कुल मिलाकर विद्युतरोधी पदार्थों में से आधे से भी अधिक पदार्थ, प्लास्टिक विद्युतरोधी हैं।

प्लास्टिक अथवा रेजिन दो प्रारूप (types) के होते हैं—

(क) प्राकृतिक रेजिन (Natural Resins)

(ख) कृत्रिम रेजिन (Synthetic Resins)

(क) प्राकृतिक रेजिन (Natural Resins)—ये वनस्पति तथा जीव-जन्तु स्रोतों से प्राप्त होते हैं। प्राकृतिक रेजिनों को वैद्युत रोधन (electricl insulation) के लिए सरल शुद्धिकरण या कभी-कभी थोड़ा रासायनिक परिवर्तन ही पर्याप्त होता है।

कुछ मुख्य प्राकृतिक रेजिनों के सामान्य गुणों को सारणी 5.9 में दिया जा रहा है।

सारणी 5.9 : कुछ प्राकृतिक रेजिनों के सामान्य गुण
(General properties of a few natural resins)

गुण (Properties)	आवनूस	काष्ठ रेजिन	शैलाक
आपेक्षिक घनत्व	1.05-1.10	1.07-1.10	1.08-1.13
गलनांक (°C)	250-330	120-155	75-80
नरमक तापमान	—	50-70	50.60
राख (%)	0.2-0.32	0.5	—
वे पदार्थ जो इन पर आक्रमक होते हैं	एल्कोहल, बैन्जीन, कार्बन डाई-सल्फाइड, ईथर	एल्कोहल, बैन्जीन, एसीटोन 2.5-3-0	एल्कोहल, बैन्जीन, एसीटोन 3.7 at 30°C पर
परावैद्युत स्थिरांक			7.8 at 80°C पर
परावैद्युत सामर्थ्य (kV/m)		10-16	14-48

प्राकृतिक रेजिन कक्ष तापमान पर आसानी से खनिज तेल में घुलते नहीं है पर 300° C से 350° C के तापमान पर घुलाए जा सकते हैं।

◘ प्राकृतिक रेजिन के अनुप्रयोग (Applications of Natural Resins)

शैलाक, अभ्रक फीतों (mica tapes) तथा दिक्-परिवर्तक विद्युतरोधन (Commutator insulation) के उत्पादन में बंधक पदार्थ (Binder material) के रूप में प्रयुक्त होते हैं। काष्ठ रेजिन पेंट और वार्निश के उत्पादन में प्रयोग होता है। इन्हें खनिज विद्युतरोधी तेल को गाढ़ा करने वाले पदार्थ के रूप में भी प्रयोग किया जाता है।

(ख) कृत्रिम रेजिन (Synthetic Resins)—एक सरल कार्बनिक यौगिक के बार-बार रासायनिक प्रतिक्रिया के दौरान सरल कार्बनिक यौगिक के अणु संयुक्त होकर उच्च अणुभार वाला संघटन बनाते हैं। कृत्रिम रेजिन यथार्थ में "रेजिन पॉलीमर" रेजिन बहुलक है। बार-बार होने वाली रासायनिक क्रिया, जिससे अणु संयुक्त होकर एक उच्च अणुभार वाला संघटन बनाते हैं, बहुलकीकरण (Polymerization) कहलाता है।

सरल यौगिकों का बहुलीकरण दो प्रकार से हो सकता है—

(i) जब क्रियाकारी कार्बनिक पदार्थ के आपस में युक्त होने पर कोई उपोत्पाद नहीं बनता है और प्राप्त उत्पाद का अणुभार मूल क्रियाकारी अणुओं का गुणांक (multiple) होता है, तब इस प्रक्रम को अतिरिक्त बहुलीकरण कहते हैं।

(ii) जब क्रियाकारी अणु इस प्रकार युक्त हो कि जल जैसे अणुभार वाला एक उपोत्पाद भी मिले तो इस प्रक्रम को द्रवण बहुलीकरण कहते है। फिनोल फार्मेल्डिहाइड रेजिनों और पॉलीएस्टर रेजिनों की उत्पत्ति इसके उदाहरण हैं।

प्राकृतिक एवं कृत्रिम रेजिनों के बहुलक पॉलीमरों के अणुभार को सारणी 5.10 में दिखाया गया है—

Scanned by CamScanner

सारणी 5.10 : प्राकृतिक तथा कृत्रिम रेजिन बहुलक (पॉलिमर) के अणुभार के परमाणुक भार (Molecular Weight of natural and synthetic resin polymers)

बहुलक (Polymers)	परमाणुक भार (Molecular Weight)
सैलुलोज	$(300-1500)\times10^3$
प्राकृतिक रबड़	$(150-1300)\times10^3$
पॉलीस्टाइरीन	$(60-1600)\times10^3$
पॉली विनाइल क्लोराइड	$(10-150)\times10^3$
पॉली इथीलीन	$(5-40)\times10^3$
नाइलॉन	$(10-32)\times10^3$

आइए हम बहुलकों को उनकी संरचना अणु की दृष्टि से देखें। रेखीय बहुलकों में जिसमें बहुलीकरण रेखीय होता है अणु धागे जैसी संरचना (thread like structure) में द्विविमीय तल पर होते हैं। ताप सुनम्य इसी वर्ग के बहुलक हैं। रेखीय बहुलक उत्तम घुलनशीलता, उत्तम विद्युतरोधी गुणों तथा तंतु बनने की योगयता, लचीलापन, प्रत्यास्थता, निम्न आर्द्रताग्राही तथा निम्न यांत्रिक गुणों द्वारा लाक्षणिक होते हैं।

स्थानिक बहुलक अधिक जटिल होते हैं और इनमें ऐसे गुण होते हैं जो त्रि-विमीय रूप से स्थान ग्रहण करके आबंधित (bonded) होते हैं। तापदृढ़ इसी वर्ग में हैं। स्थानिक बहुलक अघुलनशीलता निम्न प्रतिरोधन गुणों कठोरता तथा भंगुरता तंतु होने की अयोग्यता उत्तम यांत्रिक गुण तथा उच्च आर्द्रताग्राहिता द्वारा लाक्षणिक होते हैं।

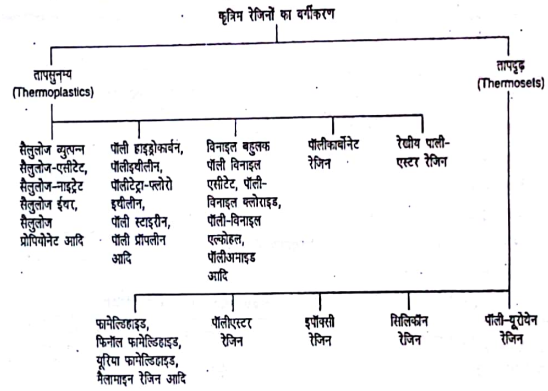
■ कृत्रिम रेजिनों का वर्गीकरण (Classification of synthetic resins)

तालिका 5.11 में कृत्रिम रेजिनों का सम्पूर्ण वर्गीकरण दिया गया है।

व्यक्तिगत रेजिन बहुलकों के अध्ययन की ओर बढ़ने से पूर्व, यहाँ यह बताना आवश्यक है कि वर्तमान में प्रयोग होने वाले सभी प्लास्टिकों का अध्ययन इस पुस्तक के विषय क्षेत्र से परे है। पिछले कुछ दशकों में अनुसंधानशालाओं और उद्योग में रेजिन बहुलकों से सम्बन्धित बहुत अधिक कार्य हुआ है और एक संदर्भ पुस्तक में ही प्रयोग हो रहे सभी रेजिन बहुलकों का ब्यौरा देना संभव होगा। यहाँ हम केवल कुछ प्रतिनिधि रेजिन बहुलकों पर विचार करेंगे।

ताप सुनम्य रेजिन (Thermoplast resins)—इन रेजिनों के अन्तर्गत हम ऐसे 'तापसुनम्य' पदार्थ पर विचार करेंगे जिन्हें सारणी 5.11 में अंकित किया गया है। वे प्लास्टिक जो गर्म किये जाने से ऊष्मा के प्रभावी होने पर पुनः नर्म हो जाते हैं या पिघल जाते हैं ताप सुनम्य हैं। ये कार्बनिक पदार्थों जैसे तेल या कोयले के उत्पाद से कृत्रिम ढंग से उत्पादित किये जाते हैं। इसमें काजल, अभ्रक, कपड़ा, काष्ठ, काँच, तंतु आदि को प्रायः भरक के लिए मिलाकर वांछनीय गुणों को प्राप्त किया जाता है। मुख्य ताप सुनम्य रेजिनों पर आगे विचार-विमर्श किया जा रहा है—

सारणी 5.11 : कृत्रिम रेजिनों का वर्गीकरण (Classification of synthetic Resins)



(क) सैलुलोस व्युत्पन्न (Cellulose derivatives)—इनके मुख्य प्रतिनिधि गुणों (main representative properties) को सारणी 5.12 में दिया गया है।

सारणी 5.12 : सैलुलोज व्युत्पन्न रेजिनों के गुण (Properties of Cellulose Derivative Resins)

गुण (Properties)	सैलुलोज एसीटेट	सैलुलोज नाइट्रेट
तनन सामर्थ्य ($kg/cm^2 \times 10^{-3}$)	0.28-0.42	0.35-0.7
संपीडन सामर्थ्य ($kg/cm^2 \times 10^{-3}$)	0.49-1.9	0.7-2.45
प्रत्यास्थता मापांक ($kg/cm^2 \times 10^{-3}$) Modulus of Elasticity	0.042-0.245	0.14-0.175
दीर्घीकरण (Elongation) (%)	10-60	25-45
विशिष्ट ऊष्मा	0.3-0.45	0.33-0.38
परावैद्युत स्थिरांक 60 Hz पर	3.5-4.0	7-7.5
10^6 Hz पर	3.5-4.0	6-6.5
परावैद्युत सामर्थ्य (kV/mm)	10-22	12-24
शक्ति गुणांक ($\tan\delta \times 10^3$) 60 Hz पर	10-70	50-175

Scanned by CamScanner

सैलुलोज एसीटेट बैकेलाइट (Cellulose acetate bakelite)—लगभग 60°C के निकट तापमान पर ट्राइएसीटेट घोल के नियंत्रित जल अपघटन द्वारा इसे प्राप्त किया जाता है। इसके सामान्य गुणों को सारणी 5.12 में दिया गया है। अन्य गुण इस प्रकार हैं—

1. उत्तम दलनशीलता, कड़ापन तथा उत्तम आघात सामर्थ्य (good mouldability, toughness and good impact strength)
2. निम्न नरमक तापमान तथा निम्न ज्वलनशीलता
3. उचित रूप से कठोर (fairly hard)
4. उत्तम वैद्युत गुण (good electrical properties)
5. उच्च आर्द्रताग्राही बैकेलाइट दलन आमिश्र (bakelite moulding)

इस रेजिन के मुख्य अवगुण है—

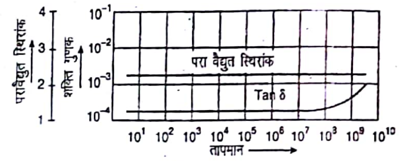
1. जरण (aging) के साथ संकुचन
2. निम्न नरमक तापमान (low softening temperature)
3. उच्च तापमानों पर ऑक्सीकरण की प्रवृत्ति

सारणी 5.13 : पॉलीइथीलीन के गुण (Properties of Polyethelene)

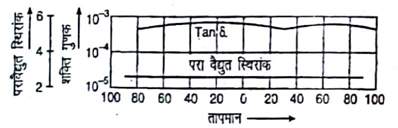
गुण (Properties)	निम्नघनत्व पॉलीइथीलीन	उच्च घनत्व पॉलीइथीलीन
आपेक्षिक घनत्व	0.915-0.925	0.95-0.97
विशिष्ट उष्मा	0.55	-
क्रिस्टलीय गलनांक (°C)	110-116	126-136
नरमक तापमान (°C)	94-110	-
तनन सामर्थ्य ($kg/cm^2 \times 10^{-3}$)	0.09-0.16	0.16-0.365
दीर्घीकरण (%)	110-600	40-300
जल अवशोषण	0.01 से कम	0.01 से कम
आयतनिक प्रतिरोधकता ओम-सेन्टीमीटर)	$10^{17}-10^{19}$	$10^{15}-10^{16}$
पृष्ठ प्रतिरोधकता ओम-सेन्टीमीटर)	$10^{14}-10^{17}$	$10^{14}-10^{15}$
परावैद्युत स्थिरांक (at 10 Hz)	2.28-2.32	2.25-2.32
परावैद्युत सामर्थ्य (kV/mm)	20.160	20-60
शक्ति गुणांक ($\tan\delta \times 10^4$) 60 Hz पर	1.5	2-6

सारणी 5.13 में दिए गए गुणों से हम यह देखते हैं कि ये रेजिन अति उत्तम वैद्युत गुण रखते हैं। ये कम आर्द्रताग्राही होते हैं। विभिन्न विलायकों से इसकी घुलनशीलता बहुत निम्न है पर ये उच्च तापमान पर बेन्जीन और पैट्रोलियम जैसे विलायकों में घुलनशील है। ये उत्तम यांत्रिक गुण रखते हैं। ये बर्फीले कोहरे के रोधक हैं और निम्न ताप्मानों (60°C) पर लचीले होते हैं।

इन रेजिनों का एक अलौकिक गुण यह है कि ये अपने परावैद्युत स्थिरांक तथा शक्ति गुणांक में आवृत्ति तथा तापमान के व्यापक परिसर में भी एक अद्भुत स्थिरता प्रदर्शित करते हैं। इसे चित्र 5.15 व 5.16 में दिखाया गया है।



चित्र 5.15



चित्र 5.10–पॉलीइथीलीन रेजिन के लिए तापमान के परिवर्तन के साथ परावैद्युत स्थिरांक तथा शक्ति गुणांक का परिवर्तन

बैकेलाइट के अनुप्रयोग (Applications of Bakelite)

(i) सैलुलोस एसीटेट को विद्युतरोधन के रूप में निम्न वोल्टता के संधारित्र में, संसेचन पदार्थ के रूप में तथा विद्युतरोधी कागज पर लेपन के रूप में प्रयुक्त किया जाता है। इन रेजिनों की निम्न ज्वलनशीलता तथा कड़ेपन ने इन्हें स्विचों तथा माप यंत्रों के स्थापन के लिए व्यापक रूप से मान्य कर दिया है। ओजोन की उपस्थिति में ये रेजिन बहुत अस्थाई हैं इसलिए उच्च वोल्टता उपकरणों में इन्हें प्रयोग नहीं किया जा सकता है।

(ii) सैलुलोस नाइट्रेट (सैलुलाइड) (Cellulose nitrate (celluloid))—

इस रेजिन के सामान्य लक्षणों को सारणी 5.12 में दिया गया है। अन्य गुण इस प्रकार हैं—

1. उत्तम आघात सामर्थ्य (good impact strength) तथा कड़ापन (toughness)
2. उत्तम दलनशीलता
3. निम्न वैद्युत गुण
4. उच्च ज्वलनशीलता
5. ऐसीटोन, मिथाइल ऐसीटेट तथा इथाइल ऐसीटेट में घुलनशीलता (solubility)

सैलुलॉइड के अनुप्रयोग (Applications of celluloid)—उच्च ज्वलनशीलता तथा निम्न वैद्युत ने वैद्युत अभियांत्रिकी के क्षेत्र में इसके प्रयोग को सीमित कर दिया है यद्यपि इस रेजिन का प्रयोग अवैद्युत अनुप्रयोगों में व्यापक रूप से होता है।

(ख) पॉली हाइड्रोकार्बन (Poly hydrocarbons)

(i) पॉलीइथीलीन (Polyethelene)—पॉलीइथीलीन का व्यावसायिक अनुप्रयोग सन् 1930 के दशक में हुआ। यह रेजिन, इथीलीन के बहुलीकरण द्वारा प्राप्त होता है। इसका अणुभार 15000 से 80000 तक होता है। पॉलीइथीलीन के पूर्ववत उत्पाद प्रक्रम में उच्च दाब 1050 से 2100 kg/cm^2 तक और 100°C से 300°C तक के बीच तापमान को बहुलीकरण के लिए प्रयुक्त किया जाता है। दो प्रकार के पॉलीइथीलीन उपलब्ध हैं—

Scanned by CamScanner

(क) निम्न घनत्व वाले पॉलीइथीलीन (Low density polyethelene 0.915-0.925)

(ख) उच्च घनत्व वाले (High density polyethelene 0.95-0.97 g/cm^2)

आगे सारणी 5.16 में दोनों प्रकार के पॉलीइथीलीन के गुणों को दिया जा रहा है।

पॉलीइथीलीन के अनुप्रयोग (Applications of Polyethelene)—पॉलीइथीलीन रेजिनों को बड़ी मात्रा में सामान्य उपयोग के विद्युतरोधन के लिए प्रयोग किया जाता है। इन्हें तारों और चालकों के विद्युतरोधन के लिए प्रयोग किया जाता है। इसके परावैद्युत स्थिरांक तथा शक्ति गुणांक के आवृत्ति के परिसर में स्थिर रहने के गुण ने इस पदार्थ को उच्च आवृत्ति केबिलों दूरदर्शन तथा संचार परिपथों के लिए अति उपयुक्त बना दिया है। सागर तल (sub-marine) में केबिलो के लिए भी इन रेजिनों का प्रयोग किया जाता है। वैद्युत उद्योग में विद्युतरोधन के अतिरिक्त, विभिन्न प्रकार के केबिलों के आवरण के पदार्थ के लिए भी इनका व्यापक प्रयोग किया जाता है। पतली परतों के रूप में भी निम्न वोल्टता विद्युतरोधनों के लिए पॉलीइथीलीन का उत्पाद होता है।

जैसा कि ऊपर विचार किया गया है कुछ प्रतिबंधों के कारण जैसे कि निम्न गलनांक जो 110°C है और वातावरण में चटकने की प्रवृत्ति के कारण उच्च वोल्टता के शक्ति केबिलो में पॉलीइथीलीन का सीमित प्रयोग हुआ है। क्रास लिंक पॉलीइथीलीन के विकास से इस समस्या का निदान हुआ है। इस विद्युतरोधन को साधारण पॉलीइथीलीन के लिए 70°C की तुलना में 90°C तक प्रयोग किया जा सकता है। 133 kV तक की उच्च वोल्टता में, प्रयोग के लिए, क्रॉस लिंक पॉलीइथीलीन को आज का आधुनिक विद्युतरोधी माना जाता है।

(ii) पॉलीस्टाइरीन (Polystyrene)—यह स्टाइरीन के अतिरिक्त बहुलकीकरण द्वारा प्राप्त किया जाता है। इस रेजिन का अणुभार 60000 से 500000 तक होता है। इसके मुख्य गुणों को सारणी 5.14 में दिया गया है।

सारणी 5.14 पॉलीस्टाइरीन रेजिन के गुण
(Properties of Polystyrene Resins)

आपेक्षिक घनत्व	1.06
तनन सामर्थ्य (kg/cm^2 $\times 10^{-3}$)	0.35-0.65
संपीडन सामर्थ्य (kg/cm^2 $\times 10^{-3}$)	0.78-1.12
दीर्घीकरण (%)	1-3.5
जल अवशोषण	0.03-0.6
विशिष्ट उष्मा	0.32
सतत कार्य के लिए अधिकतम तापमान	65-80
परावैद्युत स्थिरांक (60 Hz) पर	2.55
विद्युतरोधन प्रतिरोधन (ओम सेन्टीमीटर)	$10^{17} - 10^{19}$
परावैद्युत सामर्थ्य (kV/mm)	20-28
शक्ति गुणांक (60 Hz)	1.30×10^{-5}

पॉलीस्टाइरीन का एक अलौकिक गुण यह है कि उसके परावैद्युत हानि का मान बहुत कम है। नमी अवशोषण उत्तम जरण स्थायित्व (good aging stability) तथा तापमान के उपयोगी परिसर में वैद्युत गुणों में स्थायित्व गुणों के कारण भी ये हैं और लाक्षणिक हैं।

— [illegible] की ओर है और यह कडा नहीं है।

पॉलीस्टाइरीन के अनुप्रयोग (Applications of Polystyrene)

इस रेजिन को दिष्टधारा के लिए संधारित्रों में तथा रेडियो तथा दूरदर्शन परिपथों जैसे उच्च आवृत्ति वाले अनुप्रयोगों में प्रयोग किया जाता है। इसे वैद्युत बुशिंगों रेडियो के आवास दूरभाष तथा फ्लोरेसेन्ट ट्यूब उपांगों की संरचना में भी प्रयोग किया जाता है।

(iii) पॉलीटेट्रा फ्लोरोइथीलीन (P.T.F.E.) **या टैफ्लान**—टेट्रा फ्लोरोइथीलीन के उत्प्रेरकीय बहुलीकरण से यह रेजिन उत्पादित होता है। इसके मुख्य गुणों को तालिका 5.15 में दिया गया है।

सारणी 5.15 : पॉलीटेट्रा फ्लोरोइथीलीन अथवा टैफ्लॉन) के गुण
[Properties of Polytetra fluoro ethylene (P.T.F.E.)]

आपेक्षिक घनत्व	2.1-2.3
गलनांक (°C)	327
अपघटन तापमान (°C)	350 से उच्च
नमी अवशोषण (%)	शून्य
अधिकतम कार्यकारी तापमान (°C)	300
ज्वलनशीलता	शून्य (कोई नहीं)
तनन सामर्थ्य (kg/cm^2)	$1.8\text{-}4 \times 10^{-3}$
संपीडन सामर्थ्य (kg/cm^2)	$1.6\text{-}1.7 \times 10^{-3}$
परावैद्युत स्थिरांक (60 Hz)	2-2.2
परावैद्युत सामर्थ्य (kV/mm)	16-20
शक्ति गुणांक (60 Hz)	$2\text{-}8 \times 10^{-4}$

टैफ्लॉन के अनुप्रयोग (Applications of Teflons)—यह रेजिन जरण ऑक्सीकरण तथा तापमान अथवा विलायक की उपस्थिति से होने वाली खराबी के प्रति उत्तम तापमान (300°C तक) की सहनशीलता प्रदर्शित करता है। इस रेजिन को पतली परत के रूप में संधारित्रों के लिए तथा उच्च तापमान पर कार्यकारी चालकों तथा केबिलो पर आवरण के लिए प्रयोग किया जाता है।

विनाइल पॉलीमर (Vinyl Polymers)

पॉलीविनाइल क्लोराइड (Polyvinyl chloride (P.V.C.))—जब एसीटिलीन और हाइड्रोजन क्लोराइड पर ऑक्साइड जैसे उत्प्रेरकों की उपस्थिति में संयुक्त होते है, तो पॉलीविनाइल क्लोराइड (P.V.C.) उत्पादित होता है। यदि एक उत्प्रेरक की उपस्थिति में इथाइलीन डाइक्लोराइड और सोडियम हाइड्रोआक्साइड का बहुलीकरण किया जाए तब भी यही रेजिन उत्पादित हो सकता है। यह रेजिन बहुत कठोर और बहुत कम लचीला और अधिकतर औद्योगिक विलायकों में अघुलनशील है। कठोरता के कारण मूल रूप में इसका प्रयोग सीमित है पर विभिन्न प्रकार के पदार्थों को मूल रेजिन में मिलाकर विभिन्न गुणों वाले पॉलीविनाइल क्लोराइडो को प्राप्त किया जाता है। यांत्रिक सामर्थ्य मुख्यता लचीलापन, घुलनशीलता, नमी अवशोषण तथा वैद्युत आदि गुंण, अन्य पदार्थों के मिश्रण से बड़ी सीमा तक प्रभावित होते हैं। इन पदार्थों का विवरण यहाँ दिया जा रहा है।

(क) पूरक (Fillers)—यह पदार्थ उपरोक्त कथित गुणों को बहुत प्रभावित करते हैं। इसलिए इन पूरक पदार्थों का ध्यानपूर्वक चयन आवश्यक है। विभिन्न प्रकार के पूरक हैं, लकड़ी का बुरादा, कपड़े के सूती चीथड़े, एस्बेस्टस तथा काँच तंतु (glass fibre), अभ्रक का चूर्ण आदि।

Scanned by CamScanner

इपॉक्सी केबिल जोड़ (Epoxy cable joints)—केबिल जोड़ के विद्युतरोधन को बढ़ती हुई कार्यकारी आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए M शील इपॉक्सी केबिल जोड़ तथा समापक सिरों का विकास हुआ है। ये पूर्णतया वायुरुद्ध (air tight) नमी के प्रवेश के लिए बंद और लम्बी अवधि तक सेवा में बिना किसी दोष के बने रहने की योग्यता रखते हैं। सील जोड़ बनाने की विधि बहुत सरल है। इसके प्रयोग में भारी-भरकम ढले लोहे के बक्स, सीसे की नलकी, पिघले हुए आमिश्र को उड़ेलने (hot poured compound) तथा चिपचिपे तेल युक्त कागज विद्युतरोधी लपेटन मिश्रण पात्रों, थर्मामीटर और अन्य उपकरण की आवश्यकता नहीं होती है।

रेजिनों और कठोरक (hardener) के बीच एक ऊष्माक्षेपी रासायनिक प्रतिक्रिया द्वारा जो ठोस आमिश्र (solid compound) बनता है उसमें उत्तम यांत्रिक तथा वैद्युत गुण और कार्बनिक तथा अकार्बनिक पदार्थों के लिए शक्तिशाली संजन (strong adherence) के गुण होते हैं। इस प्रकार मिलाकर बनाए गए आमिश्र (mixed compound) के लिए ऊष्मन की आवश्यकता भी नहीं होती है।

(घ) सिलिकॉन रेजिन (Silicon resins)—सिलिकॉन रेजिन ऐसे कार्बनिक यौगिक हैं जो क्लोरोसिलेन्स (chlorosilanes) के द्रवण तथा जलीयकरण (hydrolysis) के जटिल प्रक्रम से उत्पादित होते हैं। उत्प्रेरक के रूप में जस्ते के ऑक्टोएट (zinc octoate) को प्रयोग किया जाता है। भरक (fillers) के लिए सूती कपड़े (cotton cloth), कागज, एस्बेस्टस, काँच तंतु, अभ्रक (mica) इत्यादि का प्रयोग किया जाता है। सारणी 5.20 में काँच तंतु भरक वाले (glass fibre filled) सिलिकॉन के ढले हुए रेजिनों (silicon moulded resins) के गुणों को दिया गया है।

सारणी 5.20 : काँच तंतु से भरे, सिलिकॉन ढलवाँ रेजिनों के गुण
(Properties of glass fibre filled silicon moulded Resins)

आपेक्षिक घनत्व	1.68-2.00
तनन सामर्थ्य (kg/cm^2)	$0.14-0.5\times10^3$
संपीडन सामर्थ्य (kg/cm^2)	$0.63-1.27\times10^3$
जल अवशोषण (%)	0.1-0.9
ताप विरूपण तापमान (°C)	270 से अधिक
परावैद्युत स्थिरांक (60 Hz पर)	4-5
परावैद्युत सामर्थ्य	8-12
प्रयोग का अधिकतम तापमान (°C)	250-300

ऊष्मीय रोधकता (heat resistance) तथा ओजोन रोधकता के लिए सिलिकॉन रेजिन अलौकिक हैं। ये उत्तम विद्युतरोधन के गुण रखते हैं। इन्हें परीक्षण में 180°C तक के सतत् कार्यकारी तापमान पर सुरक्षित रूप में उपयोगी पाया गया है। खनिज तेलों की तुलना में सिलिकॉन द्रव तापमान के अन्तर के साथ विस्कासिता (viscosity) का निम्न परिवर्तन प्रदर्शित करते हैं। ये उत्तम जल प्रतिकर्ष (repel out) हैं व रासायनिक रूप से अक्रिय (chemically inert) तथा मौसमी प्रभावों के प्रतिरोधन का गुण रखते हैं। तथापि इन द्रवों पर एरोमेटिक विलायकों तथा खनिज विद्युतरोधन तेलों द्वारा प्रहार होता है।

■ सिलिकॉन द्रवों का अनुप्रयोग (Application of Silicon Resins)

सिलिकॉन द्रवों का अनुप्रयोग शीतल तथा संचेतक के रूप में विद्युतरोधी संरचनाओं के लिए तथा तापमान अनुप्रयोगों में लगे हुए सामान के लिए होता है।

इन्हें रबड़ में योगक के रूप में सिलिकॉन रबड़ बनाने के लिए भी उपयोग किया जाता है। सिलिकॉन रबड़ में उन्नत अपघर्षण रोधकता है और इनका कार्यकारी तापमान उच्चत होता है।

(च) पॉलीयूरिथेन रेजिन (Polyurethane resins)—जब डाई-इसो-सायनेट तथा कार्बनिक एल्कोहल आपस में एक्सोथर्मिक अनुक्रिया करते हैं तब पॉलीयूरिथेन रेजिनों का निर्माण होता है।

उत्तम वैद्युत गुणों, निम्न अवशोषण तथा क्रिस्टल बनने और 200 से 250°C पर खराब होने की भारी प्रवृत्ति द्वारा ये लाक्षणिक हैं।

पॉलीयूरिथेन रेजिनों के अनुप्रयोग (Applications of polyurethane resins)—इन्हें तारों पर लेपन (coating) के रूप में वार्निश के रूप में विद्युतरोधी संरचनाओं पर संसेचक (Impregnants) के रूप में विद्युतरोधी पुर्जों की ढलाई के लिए प्रयोग किया जाता है।

5.1.3.14. परतनें और संजक: इनामेल और वार्निश (Laminates and Adhesives : Enamels and Varnishes)—अब तक हमने जिन विद्युतरोधी पदार्थों का अध्ययन किया है, वे सभी कुछ उत्तम गुणों तथा कुछ अवांछनीय गुणों द्वारा लाक्षणिक है। कागज विद्युतरोधक में उत्तम गुण है। पर यह आर्द्रताग्राही है। अभ्रक में अति उत्तम वैद्युत तथा तापीय गुण है। पर लचीलापन बहुत कम है जो उसके अनुप्रयोगों को सीमित कर देता है। यह प्रयास होता रहा है कि सामान्यतः एक उत्तम विद्युतरोधी पदार्थ से उसके किसी अवांछनीय गुण को समाप्त कर दिया जाए और इस प्रयास के फलस्वरूप इन विद्युतरोधी परतनों का एक सम्पूर्ण नया वर्ग प्राप्त हुआ है, जैसे परतदार अभ्रक, परतदार काँच, परतदार कागज आदि। वे द्वितीय पदार्थ जो किसी मूल पदार्थ के गुणों में उन्नति करते हैं संजक (Adhesives) कहलाते हैं।

(क) परतनें तथा संजक (Laminates and Adhesives)—

परतनें (Laminates)—जब अनेक पतली परतों या चादरों को रखकर ऐसे विद्युतरोधी पदार्थों जैसे कागज, कपड़ा, अभ्रक, काँच आदि को किसी बन्धक द्वारा एक साथ अनुबन्धित किया जाता है एक विशिष्ट वैद्युतरोधन अनुप्रयोग के लिए, तो संघटित विद्युतरोधनों को परतन कहा जाता है। ये परतनें कई रूपों में बनती हैं। जैसे विद्युतरोधी पटल, नलिकाएं, छड़ें या विशेष रूप से ढाले गए आकार की परतों के बीच लगा बंधक पदार्थ संजक कहलाता है।

चादर के रूप में, परतदार पदार्थों के विनिर्माण प्रक्रम में रेशेदार आधार पदार्थों जैसे कागज, कपड़ा, काँच व एस्बेस्टस का संसेचन किया जाता है। फिर उन्हें सुखाने के पश्चात् व्यक्तिगत चादरों के रूप में एक-दूसरे पर रखकर पूर्व निश्चित उच्च तापमान तथा दाब के अन्तर्गत संपीडित किया जाता है।

सैलुलोज, एस्बेस्टस तथा काँच द्वारा सशक्त परतनों के लिए जो कि फिनोल रेजिन के बन्धक का प्रयोग करते हैं, मुख्य गुणों को सारणी 5.21 में दिया गया है।

परतनों के अनुप्रयोग (Applications of laminates)—कागज की सशक्त परतनें 0.2 mm से 50 mm की मोटाई तक प्रयोग होती हैं। इन्हें सामान्यतः 2.0 kV की वोल्टताओं और शक्ति आवृत्तियों में प्रयोग किया जाता है। ये परिणामित्रों और मुद्रित परिपथों आदि में प्रयोग होता है।

एस्बेस्टस द्वारा सशक्त परतनों के वैद्युत लक्षण कागज द्वारा सशक्त परतनों से निम्न हैं। इन्हें उच्च तापमानों वाले संस्थापनों के लिए प्रयोग किया जाता है और ये 0°C तक के सतत तापमान को सहन कर सकते हैं।

काँच द्वारा सशक्त परतनों में संसेचक (impregnant) तथा संजक (adhesive) के लिए फिनोल फार्मेल्डिहाइड का प्रयोग होता है। ये वर्ग H के पदार्थों के अन्तर्गत आते हैं। ये उच्च ऊष्मारोधी तथा आर्द्रताग्राही होते हैं। उच्च आवृत्ति कार्यों के मुद्रित परिपथों में इनका प्रयोग होता है।

(ख) संजक (Adhesives)—संजक अथवा बंधक पदार्थों के संघटन का ऐसा वर्ग है जो दो अथवा अधिक ठोस सतहों के बीच आबंधन के कार्य के लिए प्रयोग होते हैं। ताकि बंधन की गई सतहों के स्वतन्त्र चालन को रोका जा सके। विद्युतरोधन के क्षेत्र में संजक का प्रयोग परतनों के बनाने के लिए होता है।

संजकों को सूती कपड़े अभ्रक तथा एस्बेस्टस के अनुप्रयोगों के क्षेत्र का विस्तार हुआ है। उचित संजकों के आगमन से पूर्व अभ्रक के अति उत्तम वैद्युत तथा तापीय गुणों को सम्पूर्ण रूप से उपयोग में लाना सम्भव नहीं हो सका था क्योंकि स्वयं अभ्रक (mica) नें न तो पर्याप्त लचीलापन है और न वह सामर्थ्य जो विभिन्न अनुप्रयोगों के लिए सामान्यतः आवश्यक है।

Scanned by CamScanner

सारणी 5.21–फिनोलिक रेजिनों से आबंधित परतनों के गुण
(Properties of Laminates bonded by phenolic resins)

गुण	कागज	एस्बेस्टस	काँच वाला कपड़ा
घनत्व	1.33-1.35	1.7-1.8	1.4-1.65
रेशे के अनुकूल तनन सामर्थ्य ($Kg/cm^2 \times 10^{-3}$)	0.64	0.36	1.4-2.8
सम्पीडन सामर्थ्य ($kg/cm^2 \times 10^{-3}$)	1.6	1.3	2.7
जल अवशोषण	0.5-2.0	0.8-2.0	0.3-2.2
प्रयोग का अधिकतम तापमान	93-130	170-190	180
परावैद्युत स्थिरांक (60 Hz)	4.5-6	5.2-7.0	3.7-9.0
आयतनिक प्रतिरोधकता (ओम-सैन्टीमीटर)	10^{10}-10^{13}	-	-

पूर्वकाल में प्रयोग होने वाले प्राकृतिक संजक शैलाक, ऑस्फाल्ट, प्राकृतिक गोंद इत्यादि थे पर इन सभी संजकों के प्रयोग को कुछ विशेष संजकों के अलावा पॉलीमार रेजिनों के विकास ने समाप्त कर दिया है।

संजक के रूप में प्रयोग वाले आधार पदार्थ निम्नलिखित हैं—

(क) प्राकृतिक शैलाक, रेजिन, अस्फाल्ट, गोंद माँडी (starch) आदि।

इन्हें काष्ठ, काँच, कागज आदि के लिए जोड़ने में प्रयोग किया जाता है।

(ख) तापसुनम्य (Thermoplastics)—सैलुलोजिक आकीइलिक विनाइल, एमाइड आदि। इनको जिन पदार्थों के आबंधन के लिए प्रयोग किया जाता है वे हैं—चमड़ा कागज, काँच, धातु, रबड़ काष्ट आदि।

(ग) तापदृढ़ (Thermosetting)—फिनोल फामेलिडहाइड, मैलामीन फार्मेल्डिहाइड, यूरिया फार्मेल्डिहाइड, पॉलीएस्टर, इपॉक्सी रेजिन, विनाइल, फिनोलिक तथा सिलिकॉन के पदार्थ। इनसे जुड़ने वाले पदार्थ हैं— काष्ठ, कपड़े, कागज, धातु, रबड़, प्लास्टिक आदि।

(घ) रबड़ (Rubber)—प्राकृतिक बूटाइल, क्लोरोप्रीन इत्यादि। इनसे सामान्यत: जुड़ने वाले पदार्थ है—कागज, कपड़ा, रबड़, प्लास्टिक, धातु, काष्ट इत्यादि।

(च) अकार्बनिक (Inorganic)—सोडियम सिलिकेट, पोर्टलैएड सीमेन्ट, प्लास्टर ऑफ पेरिस, काँच इत्यादि। इनसे जुड़ने वाले सामान्य पदार्थ सेलुलोस उत्पाद (cellulose products) तथा सिरैमिक (Ceramics) हैं।

उपरोक्त वर्णित आधार पदार्थ विलायकों में घुलकर संजक बनाते है। इसके लिए उपयुक्त विलायकों के कुछ उदाहरण है—

सैलुलोस नाइट्रेट मे एस्टर और कीटोन का प्रयोग होता है। विनाइल ऐसीटेट में एस्टर, कीटोन और जल का प्रयोग होता है, फीनोल फार्मेल्डिहाइड में एल्कोहॉलों, जल और कीटोन का प्रयोग होता है, प्राकृतिक रबड़ में पैट्रोलियम हाइड्रोकार्बनों, एरोमैटिक हाइड्रोकार्बनों और जल का प्रयोग होता है।

संजकों के अनुप्रयोग (Applications of Adhesives)—परतदार संरचनाओं के लिए अनुप्रयोग में जैसे विद्युतरोधी पटल कुण्डली लपेटने के बेलन आधार (coil winding cylinder bases) छड़ों (Rods), नलकियों (tubes) और विशेष आकार के विद्युतरोधी के उत्पादन में संजकों का प्रयोग होता है।

(ख) इनामेल (Enamels)—इनामेल ताप से गलने वाली विद्युतरोधी लेपन है जो सामान्यत: किसी कार्बनिक आधारित पदार्थ बनी होती है और जिसे साधारणतया चालक सतहों पर प्रयुक्त किया जाता है। निम्न विनिर्धारण के वैद्युत मोटरों,

परिणामित्रों और विभिन्न प्रकार के मापक यन्त्रों आदि की कुण्डलों के तारों पर लेपन (coating) के लिए इनामेल का व्यापक प्रयोग होता है। इनामेल लेपन की अधिकता मोटाई 0.05 mm तक होती है। तार पर इतनी पतली लेपन (thin coating) द्वारा अति उत्तम स्थान गुणांक प्राप्त होता है।

एक उत्तम इनामेल वह है जो कार्यकारी तापमान के व्यापक परिसर पर उत्तम विद्युतरोधन के गुण प्रदर्शित करता है। पॉलीटेट्रा-फ्लोरो इथीलीन रेजिन इनामेल ने 180°C से 200°C तक के उच्च तापमानों पर स्थायित्व का प्रदर्शन किया है।

कुछ मुख्य इनामेल तथा उनके गुणों का वर्णन यहाँ किया जा रहा है—

(क) ओलियो रेजिन इनामेल (Oleo resin enamels)—प्राकृतिक रेजिन तथा शुष्क तेल इस रेजिन के संघट्य हैं। इसका प्रयोग बहुत ही सीमित है।

(ख) पॉलीएमाइड रेजिन इनामेल (Polyamide resin enamels)—ये चीमड़ (tough), विलायक रोधी नमी के वातावरण के लिए रोधकता न रखने वाले तथा आसानी से झालन किए जाने वाले इनामेल हैं।

(ग) पॉलीविनाइल फार्मल रेजिन इनामेल (Polyvinyl formal resin enamels)—ये चीमड़ (tough) तथा अपघर्षणरोधी (abrasion resistant) हैं।

(घ) एक्राइलिक रेजिन इनामेल (Acrylic resin enamels)—ये अधिकतर औद्योगिक विलायकों के रोधक हैं। अधिकतम कार्य का तापमान 105°C से 130°C के बीच होता है। ये उत्तम अपघर्षण प्रतिरोध तथा लचीलापन रखते हैं। तथापि ये इनामेल, आर्द्रता के वातावरण से प्रभावित हो जाते हैं।

(च) पॉलीटेट्रा फ्लोरो इथीलीन रेजिन इनामेल (Polytetra fluoro ethylene resin enamels)—ये इनामेल अधिकतम तापमान स्थायित्व 200°C तक का प्रदर्शन करते हैं। इनका अनुप्रयोग कठिन है।

(ग) वार्निश (Varnishes)—वार्निश एक द्रव है जो प्राय: रेजनीय पदार्थ के तेल अथवा वाष्पशील द्रव में घोल के रूप में बनती है जिसे किसी सतह पर लगाने पर वाष्पीकरण या रासायनिक क्रिया के कारण शुष्क होने पर एक कठोर व चिकनी सतह होती है जो वायु तथा जल का प्रतिरोधक होती है।

वार्निश अनुप्रयोग से ठोस विद्युतरोधी पदार्थ को एक पतली समान परत को प्राप्ति सुनिश्चित की जाती है। जिसकी अनेक कार्यों में आवश्यकता होती है।

किसी विद्युतरोधन व्यवस्था में वार्निशों की आवश्यकता (क) विद्युतरोधी गुणों में वृद्धि के लिए (ख) यान्त्रिक गुणों में वृद्धि के लिए (ग) ऑक्सीकरण के कारण होने वाले कमी को घटाने के लिए (घ) वातावरण से होने वाले संक्षारण से बचाव के लिए (च) अग्नि रोधक अन्त लेपन देने के लिए आदि कार्यों के लिए होती है।

अनुप्रयोगों के दृष्टिकोण के अनुसार वार्निश को निम्नलिखित रूप से वर्गीकृत किया जा सकता है।

(i) **आवरण वार्निश** (Coating varnishes)—इनका प्रयोग तब होता है जब एक ऐसी चीमड़ (tough) समतल (smooth) तथा चमकदार परत आवश्यक होती है जिसके द्वारा आक्सीकरण, संक्षारण, नमी के अवशोषण और विलायक के आक्रमण से पदार्थ की रक्षा सम्भव हो सके। ये वार्निश संग्रह के यान्त्रिक सामर्थ्य तथा पृष्ठ क्षरण प्रतिरोधकता मे वृद्धि भी करती है।

(ii) **संसेचन वार्निश** (Impregnating varnishes)—इन्हें सुखक (porous) तथा रेशेदार (fibrous) विद्युतरोधकों के प्रयोग के लिए किया जाता है। जैसे कागज, गत्ता, कपड़ा, काँच तन्तु आदि जो संधारित्रों, ट्रान्सफार्मरों, मोटरों की कुण्डलनों आदि में प्रयोग होते हैं।

इन वर्निशों का प्रयोग परावैद्युत सामर्थ्य, ताप चालकता, नमी अवशोषण की प्रतिरोधकता तथा यान्त्रिक गुणों में वृद्धि के लिए किया जाता है। इन वार्निशों के अनुप्रयोग से ऑक्सीकरण तथा तापीय जरण को घटाने में सहायता होती है।

Scanned by CamScanner

(iii) संजक वार्निश (Adhesive varnishes)—इन्हें अभ्रक, कांच तथा अन्य विद्युतरोधी व्यवस्थाओं के आंबधन के रूप में प्रयोग किया जाता है। ये वार्निश अपने अलौकिक संबकीय गुण, उत्तम वैद्युत गुणों और निम्न आर्द्रता, ग्राहिता द्वारा लाक्षणिक है।

वार्निशों का उत्पादन (Manufacture of varnishes)—वार्निश उत्पादन में प्रयोग होने वाले कच्चे माल हैं, कुछ तेल रेजिन विलायक, थिनर और इनका संक्षिप्त विवरण यहाँ पर दिया जा रहा है।

(क) तेल अलसी (Linseed), तुंग (tung), अरंडी (castor), जैतून (olive) तथा रेजिन तेल सामान्यत: प्रयोग होते हैं।

(ख) विलायक और थिनर (Solvents and Thinners)—सामान्यत: प्रयोग होने वाले विलायकों को सारणी 5.22 में दिया गया है।

सारिणी 5.22–सामान्यत: प्रयोग होने वाले विलायकों के गुण
(Properties of Normally Used Solvents)

विलायक (solvents)	आपेक्षिक घनत्व	ज्वलनांक °F
तारपीन का तेल	0.86	90
बैंजीन	0.87	12
टौलीन	0.86	40
एसीटोन	0.79	2
कार्बन टेट्राक्लोराइड	1.60	—

(ग) रेजिन (Resins)—जन्तुओं से प्राप्त रेजिन (Animal resins), जैसे शैलाक, वनस्पति रेजन जैसे अम्बर (Amber), मनीला, पाइन गोंद (Pine gum), कृत्रिम रेजिन (Synthetic resins) जैसे इथाइल सैलुलोस, फिनॉलिक विनाइल, सिलिकॉन ये रेजिन है जो वार्निशों के उत्पादन में प्रयोग होते है।

(घ) शुष्कन (Driers)—सीसा ऐसीटेट लिथार्ज, मैगनीज डाइ-ऑक्साइड और अन्य मैगनीज यौगिक सामान्यत: प्रयोग होने वाले शुष्कक है।

वार्निशों के उत्पादन के मुख्य पग है। आधार पदार्थ की तैयारी, किसी विलायक में घुलाना और छानने या अपकेन्द्रण की क्रिया से अपद्रव्यों को हटाना। यद्यपि सामान्यत: प्रयोग होने वाले वार्निशों की उत्पादन-विधियों के तथ्य तो उत्पादनकर्ता के द्वारा गुप्त ही रखे जाते है।

कुछ विशिष्ट वार्निशों के विषय में यहाँ पर बताया जा रहा है—

(i) काली वार्निश (Black varnishes)—इस वर्ग की वार्निशों के आधार पदार्थ बिटुमन और अस्फाल्ट है जो इन्हें काला रंग प्रदान करते है।

काली वार्निश उत्तम वैद्युत गुण रखती है पर लचीले न होने तथा निम्न ताप रोधकता के कारण इनका अधिक प्रयोग नहीं होता है। ये कम आर्द्रताग्राही है और इनका शीघ्र जरण नहीं होता है।

इन वार्निशों को वार्निश लगे कपड़े के उत्पादन के लिए अथवा आर्मेचर व कुण्डलियों के लिए संसेचक के रूप में प्रयोग किया जाता है।

(ii) तेल वार्निश (Oil varnishes)—इस प्रारूप की वार्निशों के आधार पदार्थ अलसी अथवा तुंग (tung) के तेल है। इनमें एक धातु वाला शुष्कक जैसे कोबाल्ट लिनोलिएट अथवा कोबाल्ट नैप्थानेट भी होता है।

इन्हें हल्के वार्निश लगे कपड़े के उत्पादन के लिए विशिष्ट रूप से प्रयोग किया जाता है। ट्रांसफार्मर कुण्डलन के लिए संसेचकों के तौर पर भी इन्हें प्रयोग किया जाता है।

(iii) इपॉक्सी रेजिन वार्निश (Epoxy resin varnishes)—इनमें आधार के रूप में रेजिन के साथ विलायक के रूप में एसीटोन टूलीन, इथाइल एसीटेट आदि होते हैं। उत्तम वैद्युत तथा यान्त्रिक गुण धातुओं से अद्भुत संजन (Remarkable adherance to metals) कड़े (Hardened) होने पर फिल्म का संकुचन ये इन वर्निशों के मुख्य गुण हैं।

(iv) सिलिकॉन रेजिन वार्निश (Silicn resin varnishes)—इन वार्निशों को किसी वस्तु पर प्रयुक्त करने पर ये उसके 200°C तक के उच्च तापमान (High temperature) तक प्रयोग के लिए अनुमित कर देते हैं। ये विलायक के आक्रमणों के प्रति उत्तम प्रतिरोध रखते हैं। पर ये नमी से प्रभावित होते हैं।

5.2. 'रालों अर्थात् रेजिनों' का वर्गीकरण (Classification of resins)

प्लास्टिक का आधार पदार्थ अर्थात् मुख्य निर्माणकारी पदार्थ रेजिन मैटिरियल है, जिसे प्लास्टिक का कच्चा माल कह सकते है। इसका वर्गीकरण निम्नलिखित है—

Resin Materials

Natural Resin Materials	Artificial Resin Material
(i) मोम	(i) इथालीन (C_2H_4)
(ii) बिटुमेन	(ii) प्रोपाइलीन (C_3H_6)
(iii) रबर	(iii) मेलामीन ($C_3H_6N_6$)
(iv) चमड़ा	(iv) स्टाइरीन ($C_6H_5CH=CH_2$)
(v) डामर	(v) सेल्युलोज $(C_6H_{10}O_5)_n$
(vi) राल	(vi) फिनोल (C_6H_5OH)
(vii) लाख	(vii) यूरिया (NH_2CONH_2)
(viii) गोंद	(viii) फॉर्मेल्डीहाइड (HCHO)
(ix) अम्बर	(ix) विनाइल एसीटेट ($CH_3COOCH=CH_2$)
(x) कोपल	(x) विनाइल क्लोराइड ($CH_2=CHCl$)
(xi) मोस्टक	

5.3. कच्चे माल के रूप में प्लास्टिक (Plastic in the form of raw materials)

प्लास्टिक निर्माण का कच्चा माल बाजार से निम्नांकित रूपों में प्राप्त होता है—

(i) चूर्ण रूप में कच्चा माल

(ii) द्रव रूप में कच्चा माल

(iii) कण रूप में कच्चा माल

(iv) पेलेट रूप में कच्चा माल

Scanned by CamScanner

5.4. प्लास्टिक के गुण धर्म (Properties of plastic)

(i) प्लास्टिक हल्का, सुनम्य व मजबूत होता है।

(ii) इसे किसी भी सुन्दर व आकर्षक रंग में तैयार किया जा सकता है।

(iii) यह गरम होकर नरम तथा ठण्डा होकर कड़ा हो जाता है।

(iv) इसे कम तापक्रम पर ही वांछित आकृति तथा आकार में सुगमतापूर्वक ढाला जा सकता है।

(v) यह काटनीय, भेदनीय, छेदनीय तथा छीलनीय अभियांत्रिकी पदार्थ है।

(vi) कुछ प्लास्टिक के प्रारूप अति चमकीले होते हैं।

(vii) इसे अपारदर्शी, अल्पपारदर्शी तथा पूर्ण पारदर्शी के रूप में भी तैयार किया जा सकता है।

(viii) इस पर धातु या काष्ठ की तरह पेन्ट, वार्निश तथा पॉलिश करने की आवश्यकता नहीं होती हैं।

(ix) कुछ प्लास्टिक अत्यन्त चिकने तथा चमकीले होते हैं।

(x) कुछ प्लास्टिक इस्पात से भी अधिक आघातसह होते हैं।

(xi) रंगीन प्लास्टिक में रंग विद्यमान होता है; इसलिये रंग जल्दी से हल्का नहीं होता है।

(xii) प्लास्टिक जलसह होता है अर्थात् यह पानी का शोषण नहीं करता।

(xiii) प्लास्टिक वातावरणीय, वायुमण्डलीय तथा जलवायुवी कुप्रभावों से मुक्त होता है।

(xiv) प्लास्टिक अम्लरोधी, लवणरोधी तथा तेलरोधी होता है।

(xv) प्लास्टिक नमीरोधी, जलरोधी, कीटरोधी तथा संक्षारणरोधी होता है।

(xvi) प्लास्टिक घिसावरोधी तथा विद्युतरोधी होता है।

(xvii) काष्ठ की अपेक्षा, इसकी अनुरक्षण, मरम्मत तथा रख-रखाव कीमत कम होती है।

(xviii) काष्ठ की अपेक्षा, इसकी प्रारम्भिक कीमत कम होती है।

5.5. प्लास्टिक के अनुप्रयोग (Applications of plastic)

अभियांत्रिकी के विभिन्न क्षेत्रों में प्लास्टिक के भिन्न-भिन्न रूपों तथा विविध प्रारूपों के निम्नांकित उपयोग हैं—

(i) विद्युतरोधी वस्तुओं के निर्माण; जैसे—वायर इंस्यूलेशन, केबिल इंस्यूलेशन, स्विच, लैम्प, होल्डर, पिन-प्लग, एडोप्टर, शेड, सीलिंग रोज, कवर, केबिनेट, दस्ताने आदि।

(ii) जल सम्बन्धी वस्तुओं का निर्माण; जैसे—टेप, ट्यूब, पाइप, वाल्व, टब, बाल्टी, बोतल, वाशर, पोट, मग्गा, टंकी आदि।

(iii) पढ़ाई-लिखाई सम्बन्धी वस्तुओं का निर्माण; जैसे—इंक पेन, डोट पेन, रिफल, फाइल कवर, बुक कवर, पेपर स्क्रीनिंग, स्टूडेंट बैग आदि।

(iv) रसोई सम्बन्धी वस्तुओं का निर्माण; जैसे—लंच बॉक्स, कप-प्लेट, पोट स्टैण्ड आदि।

(v) सजावट सम्बन्धी वस्तुओं का निर्माण; जैसे—खेल-खिलौने, भवनों की दीवार व छतों पर कवर, पेन्ट, वार्निश, क्लोथिंग, फर्श निर्माण, मेजपोश आदि।

(vi) वाहन सम्बन्धी वस्तुओं का निर्माण; जैसे—सीट-गद्दी, कल-पुर्ज, बच्चों की गाड़ी, साइकिल, स्कूटर व कार का कवर, जहाज, रेल का डिब्बा, बीड़ी आदि।

(vii) खेल-कूद सम्बन्धी वस्तुओं का निर्माण; जैसे—कुश्ती के गद्दे, बॉली-बॉल, फुट-वॉल, टेबिल टेनिस, बॉल आदि।

(viii) एशोआराम सम्बन्धी वस्तुओं का निर्माण; जैसे—रेफ्रिजरेशन, एयर कण्डीशन, कोल्ड स्टोरेज, आइस बॉक्स, थर्मस फ्लास्क, बेडिंग, चेयर्स, फोटो फिल्म, निवाड़, केनिंग ब्रेड।

(ix) ध्वनि सम्बन्धी वस्तुओं का निर्माण; जैसे—टेलीफोन, रेडियो, ट्रांजिस्टर, टी० वी०।

(x) हार्डवेयर सम्बन्धी वस्तुओं का निर्माण; जैसे—हैण्डल, हथौड़ा, एल्बो, पाइप कण्ड्यूट, ज्वॉइंट, डोर स्टॉपर आदि।

(xi) चिकित्सा सम्बन्धी वस्तुओं का निर्माण; जैसे—शरीर के विभिन्न अंग, बैसाखी आदि।

प्लास्टिक के मुख्य संघटक (Main constituents of plastic)

प्लास्टिक के प्रमुख निर्माणकारी पदार्थ निम्नलिखित हैं—

(i) आधार पदार्थ (Base Materials)

(ii) पूरक पदार्थ (Filler Materials)

(iii) प्लास्टिसाइजर पदार्थ (Plasticiser Materials)

(i) आधार पदार्थ—प्लास्टिक निर्माण में उपयोग होने वाले मुख्य आधार पदार्थ रेजिन है। इन्हीं रेजिनों के नाम पर विभिन्न प्रकार के प्लास्टिकों को भिन्न-भिन्न नाम दिया जाता है। इसमें थर्मोप्लास्ट तथा थर्मोसेट प्लास्टर दोनों ही ग्रुप के रेजिन आते हैं, जिनके नाम आगे वर्गीकरण में दिये गये हैं।

(ii) पूरक पदार्थ—प्लास्टिक पदार्थों में कुछ विशिष्ट गुण लाने के लिये इनमें कुछ अन्य विशेष पदार्थ भी मिलाये जाते हैं, जिन्हें पूरक पदार्थ कहते हैं। इनके मिलाने से प्लास्टिक की लागत कम हो जाती है और इनकी ढलाई में सुगमता होती है। प्लास्टिक की गुणता में वांछनीय सुधार हो जाता है। ये पूरक पदार्थ निम्नलिखित तीन प्रकार के होते हैं—

(a) रेशेदार पूरक पदार्थ (Fiberous filler materials)

(b) पटलित पूरक पदार्थ (Laminated filler materials)

(c) चूर्ण पूरक पदार्थ (Powder filler materials)

उपर्युक्त तीनों प्रकार के पूरक पदार्थों के अन्तर्गत लोहा, ऐलुमिनियम, ताम्र, सीसा, सिलिका, शीशा, ग्रेफाइट, अभ्रक, रुई, कागज, अनाज की भूसी, लकड़ी का बुरादा, चोक, काष्ठ के रेशे, काष्ठ पटल, सूती कपड़े, क्वाट्ज का चूर्ण आदि पदार्थ आते हैं। उदाहरण के लिये, काँच तथा ऐस्बेस्टॉस के मिलाने से प्लास्टिक में ऊष्मारोधी तथा मजबूती के गुण आते हैं। ग्रेफाइट से प्लास्टिक घिसनरोधी बनता है और रूई इसे कम्पनरोधी अर्थात् झटके सहन करने योग्य बनाती है।

(iii) सुघट्यकारक या प्लास्टिसाइजर पदार्थ—प्लास्टिक पदार्थ से बनने वाली वस्तुओं में हल्कापन, मृदुता, सुनम्यता, लचीलापन, तन्यता आदि शुभ गुण लाने के लिये, प्लास्टिक की ढलाई करते समय, इसमें कुछ पदार्थ मिलाये जाते हैं, जिन्हें सुघट्यकारक पदार्थ अथवा प्लास्टिसाइजर मैटीरियल कहते हैं। प्लास्टिक में इसकी मात्रा, अधिक से अधिक आवश्यकतानुसार 60% तक हो सकती है। प्लास्टिसाइजर को प्राय: 'थर्मोप्लास्ट पलास्टर ग्रुप' के पदार्थों के साथ उपयोग किया जाता है। कुल प्लास्टिसाइजर लगभग 150 की संख्या में हैं; इनमें प्रमुख कपूर, बैंजीन, डाइ-ऑक्साइड थैलेट, ट्राइ-क्रिसाइल-फॉस्फेट ट्राइ-एसीटोन, ट्राइ-ब्यूटाइल फॉस्फेट आदि हैं।

प्लास्टिक के संचन यौगिक (Moulding compounds of plastic)

प्लास्टिक मैटिरियल में वांछनीय गुण लाने के लिये, प्लास्टिक की ढलाई में निम्नांकित यौगिक पदार्थ मिलाये जाते हैं—

Scanned by CamScanner

(i) पूरक यौगिक पदार्थ (Fillen compound materials)
(ii) प्लास्टिसाइजर यौगिक पदार्थ (Plasticiser compound materials)
(iii) कठोर यौगिक पदार्थ (Hardner compound materials)
(iv) त्वरक यौगिक पदार्थ (Accelerator compound materials)
(v) स्नेहक यौगिक पदार्थ (Lubricant compound materials)
(vi) उत्प्रेरक यौगिक पदार्थ (Catalyst compound materials)
(vii) वर्णक यौगिक पदार्थ (Pigment compound materials)
(viii) घोलक यौगिक पदार्थ (Solvent compound materials)

■ प्लास्टिक का वर्गीकरण (Classification of plastic)

Plastic

तापनम्य प्लास्टिक अथवा थर्मोप्लास्ट प्लास्टिक (Thermoplast Plastic)	तापदृढ़ प्लास्टिक अथवा थर्मोसेट प्लास्टिक (Thermo set Plastic)
Examples	**Examples**
(i) सेलुलोस एसीटेट	(i) फीनोल फॉर्मेल्डीहाइड
(ii) सेलुलोस नाइट्रेट	(ii) यूरिया फॉर्मेल्डीहाइड
(iii) पॉलिविनाइल एसीटेट	(iii) मेलामाइन फॉर्मेल्डीहाइड
(iv) पोलीविनाइल क्लोराइड	(iv) फिनोलिक प्लास्टिक
(v) पोलिस्टाइरीन	(v) पॉलिस्टर प्लास्टिक
(vi) पॉलिएथिलीन	(vi) इयूराइट
(vii) एक्राइलिक	

■ तापनम्य प्लास्टिक (Thermoplast plastic)

इसे ताप-प्लास्टिक भी कहते हैं। यह ताप के प्रति अधिक संवेदनशील है, अर्थात् यह ताप पाकर पिघल जाता और शीत पाकर कठोर हो जाता है: इसलिये इसे ताप प्लास्टिक अथवा तापनम्य प्लास्टिक कहते हैं। ताप परिवर्तन से इसमें रासायनिक क्रिया नहीं होती है, सिर्फ भौतिक क्रिया होती है; इसलिये यह बार-बार गरम करने पर नरम तथा ठण्डा करने पर कड़ा हो जाता है। इस प्रकार कठोरीकरण, भौतिक परिवर्तन के कारण होता है, जो उत्क्रमणीय क्रिया है, इसलिये इसे बार-बार पिघलाकर, कई बार उपयोग में लाया जा सकता है। ढलाई करते समय, इसे साँचे में ठण्डा होने तक रखना पड़ता है; इसलिये इसकी ढलाई में अधिक समय लग जाता है। इसके अणुओं का बन्धन कमजोर होता है इसलिये यह अपेक्षाकृत कम कठोर तथा कम टिकाऊ होता है। यह तापदृढ़ प्लास्टिक की अपेक्षा, कम जलरोधी, कम जंगरोधी या संक्षारणरोधी, कम ऊष्मारोधी, कम ध्वनिरोधी तथा कम विद्युतरोधी होता है। यह कई प्रकार के सुन्दर तथा आकर्षक रंगों में प्राप्त होता है। इससे निर्मित पुरानी टूटी-फूटी आदि व्यर्थ वस्तुओं को पुन: ताप द्वारा पिघलाकर, किसी भी वांछित आकृति व आकार की नई वस्तुओं में ढाला जा सकता है। इसके अन्तर्गत निम्नलिखित प्लास्टिक आते हैं—

(i) सेलुलोज एसीटेट, (ii) सेलुलोज नाइट्रेट, (iii) पॉलीविनाइल ऐसीटेट, (iv) पॉलीविनाइल क्लोराइड, (v) पॉलीस्टाइरीन, (vi) पॉलीथीन, (vii) मेथाएक्राइलेट, (viii) एक्राइलिक आदि।

Applications—थर्मोप्लास्ट प्लास्टिक का उपयोग रेडियो, ट्रांजिस्टर, टेलीविजन, रेफ्रिजेरेटर, मिरर व लैंस, साइकिल, स्कूटर, मोटर, जहाज, खिलौना आदि के उद्योग में होता है। इसके अतिरिक्त थर्मोप्लास्टिक का उपयोग इलेक्ट्रिक इन्स्यूलेशन और केबिल्स एण्ड वायर्स, सेफ्टी ग्लास, ट्रॉन्सपेरेन्ट फ्रेम्स एण्ड कवर्स, ट्यूब एण्ड टायर, वाटर-पाइप, आइल-पाइप, ग्रामोफोन रिकॉर्ड, खेल-खिलौना आदि के बनाने में होता है।

■ तापदृढ़ प्लास्टिक (Thermoset Plastics)

इसे तापादृढ़न प्लास्टिक भी कहते है। यह ताप के प्रति अधिक संवेदनशील नहीं है। अर्थात् यह ताप पाकर सिर्फ एक बार पिघलता है और फिर शीत पाकर सदा के लिये जमकर कठोर हो जाता है; इसलिये इसे तापदृढ़ प्लास्टिक अथवा थर्मोसेट प्लास्टिक कहते हैं ताप परिवर्तन से इसमें भौतिक क्रिया नहीं होती है; अपितु रासायनिक क्रिया होती है; इसलिये एक बार जमने के बाद ताप से पुन: नहीं पिघलता है। इस प्रकार इसका कठोरीकरण रासायनिक क्रिया के कारण होता है, जो अनुक्रमणीय क्रिया होती है: इसलिये इसे सिर्फ एक बार पिघलाकर प्रथम बार ही उपयोग में लाया जा सकता है। ढलाई करते समय; इसे सांचे में ठण्डा होने तक रखने की आवश्यकता नहीं होती; इसलिये इसकी ढलाई में कम समय लगता है। इसके अणुओं का बन्धन मजबूत होता है; इसलिये यह अपेक्षाकृत अधिक कठोर तथा अधिक टिकाऊ होता है। यही तापनम्य प्लास्टिक की अपेक्षा अधिक जलरोधी, अधिक जंगरोधी या संक्षारणरोधी, अधिक ऊष्मारोधी, अधिक ध्वनिरोधी तथा अधिक विद्युतरोधी होता है। इस प्रकार यह अपेक्षाकृत अधिक शुभ गुणों वाला होता है। यह भी कई प्रकार के सुन्दर तथा आकर्षक रंगों में उपलब्ध होता है। इसमें सबसे बड़ी कमी यह है कि इससे निर्मित पुरानी टूटी-फूटी आदि व्यर्थ वस्तुओं को पुन: पिघलाकर, नव निर्मित वस्तुओं में परिवर्तित नहीं किया जा सकता है। इस समूह में निम्नलिखित प्लास्टिक आते है—

(i) फिनोल फरफरएल्डेहाइड, (ii) फिनोल फॉर्मेल्डीहाइड, (iii) यूरिया फॉर्मेल्डीहाइड, (iv) मेलामाइन फॉर्मेल्डीहाइड, (v) फिनोलिक प्लास्टिक, (vi) पोलिस्टर प्लास्टिक, (vii) इयूराइट।

Applications—इसका उपयोग पेन, पेंढ़ी, कंघा, कंघी, सेट-स्क्वायर, प्रोटेक्टर, मीजरिंग स्केल आदि के बनाने में होता है।

■ प्लास्टिक ढलाई की विधियाँ (Methods of plastic moulding)

उपर्युक्त विवरित प्लास्टिक के कच्चे बाजारू माल को उद्योगों में निम्नांकित विधियों द्वारा ढालकर, कार्योपयोगी बनाया जाता है—

(i) ठण्डी ढलाई (Cold moulding)
(ii) दाब ढलाई (Compression moulding)
(iii) अन्तर्क्षेपण ढलाई (Injection moulding)
(iv) स्थानान्तरण ढलाई (Transfer moulding)
(v) बहिर्वेधन ढलाई (Extruding moulding)

(i) ठण्डी ढलाई विधि (Cold moulding)—इस विधि में प्लास्टिक को ठण्डी अवस्था में ही सांचे में डाल कर दाब दिया जाता है। प्लास्टिक, साँचे की आकृति व आकार में बदल जाता है। इस विधि का प्रयोग, दोनों प्रकार के प्लास्टिक की ढलाई के लिये होता है।

(ii) दाब ढलाई विधि (Compression moulding)—ढलाई की इस विधि में प्लास्टिक को 120°C से 175°C तक गर्म करके साँचे में डाला जाता है। फिर इसे 40 kg/cm^2 से 400 kg/cm^2 तक के दाब से दबाया जाता है। तब प्लास्टिक, साँचे की आकृति तथा आकार में ढल जाता है। इस विधि का प्रयोग सिर्फ थर्मोसेट प्लास्टिक की ढलाई के लिये होता है।

Scanned by CamScanner

(iii) अन्तर्क्षेपण ढलाई विधि (injection moulding)—इस विधि में सर्वप्रथम प्लास्टिक को 100°C से 270°C तक गर्म करके, एक पिस्टन वाले सिलिण्डर में भरा जाता है। फिर पिस्टन की सहायता से इस पर 25 kg/cm^2 से 3200 kg/cm^2 तक का दाब डालकर, ठण्डे साँचे की आकृति व आकार ग्रहण करके, कठोर हो जाता है। इस क्रिया में 10 सेकण्ड से लेकर 60 सेकण्ड तक का समय लगता है। इस विधि का प्रयोग थर्मोप्लास्ट प्लास्टिक की छोटी वस्तुओं की ढलाई के लिये छोटे पैमाने पर होता है।

(iv) स्थानान्तरण ढलाई विधि (Transfer moulding)—इस विधि के अन्तर्गत सर्वप्रथम प्लास्टिक को गर्म करके, लचीला बनाया जाता है। फिर इसे गर्म साँचे में भली-भाँति भर दिया जाता है। तत्पश्चात् इस पर 200 kg/cm^2 का दाब तब तक लगाया जाता है, जब तक कि प्लास्टिक, साँचे की आकृति व आकार में ढलकर जम न जाये। इस विधि का प्रयोग, थर्मोसेट प्लास्टिक की ढलाई के लिये होता है।

(v) बहिर्वेधन ढलाई विधि (Extruding moulding)—इस विधि को पेंच ढलाई विधि के नाम से भी जाना जाता है। ढलाई की इस विधि में गर्म प्लास्टिक को एक विशेष प्रकार के घूर्णी पेंच द्वारा धकेल कर नोजल की सहायता से ठण्डे साँचों में लगातार भरा जाता है और साथ-साथ साँचों को भी दूर को खिसकाया जाता है। इस प्रकार प्लास्टिक साँचों की आकृति व आकार ग्रहण करता रहता है। इस विधि का प्रयोग प्राय: थर्मोप्लास्ट प्लास्टिक से छड़ें, नलिकायें, चादरें, मेजपोश आदि को बनाने के लिये होता है।

■ प्लास्टिक उत्पाद (Plastic products)

प्लास्टिक पदार्थों से निर्मित कुछ अन्य उत्पाद, जो प्लास्टिक की तरह ही उपयोगी हैं, अर्थात् जिनका उपयोग प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से अन्य कार्योपयोगी वस्तुओं के निर्माण में होता है, उनकी संरचना, गुण तथा अनुप्रयोग निम्नलिखित हैं—

(i) प्लास्टिक चढ़ा कागज (Plastic coated paper)—सामान्य कागज बनाते समय उसके निर्माणकारी रासायनिक पदार्थों में एमिनो रेजिन जैसा प्लास्टिक पदार्थ भी मिला दिया जाता है, जो कागज के छिद्रों को भरकर, एकसमान चिकना कर देता है और कागज की सतह पर एक पतली चिकनी पर्त भी बना देता है; इसलिये इसे प्लास्टिक चढ़ा कागज कहते हैं। यह कागज चिकना, सुन्दर, टिकाऊ, मजबूत, जलसह, दीमकरोधी, विद्युतरोधी आदि शुभ गुणों से सम्पन्न होता है। इस कागज का उपयोग कई महत्त्वपूर्ण अभियान्त्रिकी कार्यों में होता है। इसके अतिरिक्त ताश के पत्ते, शादी के कार्ड तथा कलेण्डर आदि में भी होता है।

(ii) पोलीथीन शीट (Plastic Sheet)—यह थर्मोप्लास्ट प्लास्टर श्रेणी का एक महत्त्वपूर्ण प्लास्टिक पदार्थ है, जिसका उपयोग आजकल दूध, घी, तेल, मसाले, नमकीन, मिठाइयाँ आदि खाद्य वस्तुओं को बांधने की थैलियाँ, मशीनों तथा उपस्करों के कवर, बरसाती आदि में होता है। यह एक पतला, हल्का, चिकना, चमकीला, लचीला, चीमड़ तथा पारशी पदार्थ होता है, जिस पर हल्के अम्लों, हल्के क्षारों, नमी, वर्षा आदि का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

यह जंगरोधी, संक्षारणरोधी, जलसह भी होता है। यह बाजार में पतली शीटों के थानों के रूप में मिलता है। इसके बने पाइप भी बाजार में मिलते हैं, जिनका उपयोग पानी तथा रसायनों के लिये होता है। इसकी सबसे बड़ी कमी यह है कि यह 60°C पर मुलायम हो जाती है।

(iii) थर्मोकोल (Thermo cole)—यह अति हल्का, मुलायम, रन्ध्रमय, कोशिकामय, नाखून से भी कटने वाला, परन्तु पर्याप्त सामर्थ्य वाला, टिकाऊ, जलसह, नमीरोधी, ध्वनिरोधी, ऊष्मारोधी, विद्युतरोधी प्लास्टिक पदार्थ है। यह प्राय: दुग्ध की तरह सफेद रंग में मिलता है, जिसे किसी भी वांछित रंग में तैयार किया जाता है। फिर इसे किसी भी आकृति व आकार में ढाला जा सकता है। इसका उपयोग प्रशीतन एवं वातानुकूलन में, शीतनगर में, इमारतों की दीवारों व छतों पर सजावट तथा ऊष्मा अवरोधक के रूप में, नाजुक तथा कीमती वस्तुओं की पेकिंग में, ध्वनि संशोधन सम्बन्धी कार्यों में, विद्युतरोधी पदार्थों के रूप में, आइसक्रीम बॉक्स के निर्माण में, मॉडल तैयार करने में अधिक होता है।

(iv) सरेस या आसंजक पदार्थ (Adhesive material)—वे पदार्थ, जिन्हें दूसरी टूटी-फूटी वस्तुओं को परस्पर चिपकाकर, जोड़ने के काम में लाया जाता है, आसंजक या सरेस कहलाता है। विभिन्न प्रकार के आसंजक तैयार करने में थर्मोप्लास्ट प्लास्टिक तथा थर्मोसेट प्लास्टिक दोनों ही प्रकार के प्लास्टिक पदार्थ उपयोग किये जाते हैं। इनसे लगने वाला जोड़ जलसह होता है; परन्तु कुछ आसंजकों से लगने वाले जोड़ उच्च तापक्रम पर कमजोर साबित होते हैं। ये आसंजक परतों, चूर्ण तथा द्रव रूपों में बाजार से प्राप्त होते हैं। इनके व्यापारिक नाम रेडक्स रिएनाइट, कोटाल, डुरोफिन आदि हैं। इनका उपयोग कागज, काँच, पोर्सिलेन, लकड़ी, प्लास्टिक, धातु, रबर, चमड़ा आदि को परस्पर चिपकाकर जोड़ने में होता है।

विभिन्न पदार्थों को जोड़ने के लिये भिन्न-भिन्न प्रकार के आसंजक पदार्थ उपयोग में लाये जाते हैं। ये सरेस (glue) निम्न प्रकार के होते हैं—

(i) पशु या जानवर सरेस (Animal glue)
(ii) वनस्पति सरेस (Vegetable glue)
(iii) कृत्रिम या सिंथेटिक सरेस (Synthetic glue)
(iv) रबर से निर्मित सरेस (Rubber glue)
(v) एल्बुमिन सरेस (albumin glue)
(vi) नाइट्रो-सैलुलोज सरेस (Nitro-cellulose glue)
(vii) स्टार्च सरेस (Starch glue)
(viii) विशेष सरेस (Special glue)

(v) बैकेलाइट (Bakelite)—यह फिनोल तथा फॉर्मेल्डीहाइड की समान मात्रा के पॉलीमराइजेशन से प्राप्त किया जाता है। यह थर्मोसेट प्लास्टिक के ग्रुप का एक ठोस, चिकना, कठोर, भंगुर, मजबूत, टिकाऊ, ऋतुसह, जलसह, ऊष्मारोधी, विद्युतरोधी पदार्थ है। इसका मूल रंग हल्का भूरा होता है; परन्तु इसे किसी भी रंग में तैयार किया जा सकता है। इसे विभिन्न रूपों में भी ढाला जा सकता है। इस पर वार्निश की जा सकती है। यह स्प्रिट में घुलनशील है। यह निम्नांकित तीन रूपों में उपलब्ध होता है—

बेकेलाइट-A—न्यून ताप पर एक द्रव या तरल वार्निश के रूप में

बेकेलाइट-B—70°C ताप पर एक ठोस नम्य प्लास्टिक पदार्थ के रूप में

बेकेलाइट-C—160°C ताप पर एक ठोस कठोर मजबूत प्लास्टिक के रूप में।

इसका उपयोग मशीनों के पुर्जे बनाने में जैसे—बेयरिंग शॉफ्ट आदि; विद्युत-सामग्री के निर्माण में, जैसे—स्विच, लैम्प होल्डर, टर्मिनल ब्लॉक, स्विच गियर आदि; इलेक्ट्रॉनिक इक्युपमेन्ट के कवर तथा केबिनेट बनाने में; बोतलों के ढक्कन बनाने में; इलेक्ट्रिक इंस्युलेशन बनाने आदि में होता है।

(vi) पॉलिविनाइल क्लोराइड (Poly vinyl chloride—PVC)—यह विनायल तथा क्लोराइड के बहुलीकरण से बनाया जाता है; इसलिये इसे पी० वी० सी० कहते हैं। यह हल्का, सुनम्य, लचीला, चिकना, मजबूत, रंगीन, कटनीय, छेदनीय, भेदनीय, जलसह, अम्लरोधी, क्षाररोधी, तलरोधी, घिसनरोधी, विद्युतरोधी होता है। यह ताप से प्रभावित होता है, अर्थात् आग के सम्पर्क में आने से जलने लगता है; परन्तु सम्पर्क से हटते ही स्वत: बुझ जाता है। इसे वांछित रंगों में तैयार किया जा सकता है।

इसका उपयोग जलसह वस्तुओं के निर्माण; जैसे—पानी के नल-नालीकायें, पाइप इंस्यूलेशन, केबिल इंस्युलेशन, तार आवरण आदि में होता है। इसके अतिरिक्त इसका उपयोग, फर्श आवरण, खिलौना, पैकिंग, बैग, ग्रामोफोन रिकार्ड, पेन्ट आदि के निर्माण में भी होता है।

Scanned by CamScanner

5.6. गैसीय विद्युतरोधी पदार्थ (Gaseous Insulating Materials)

परिचय (Introduction)—मूल रूप से गैसों का अनुप्रयोग धारा प्रवाहित चालको (live conductors) को विद्युतरोधी करना है तथा वायु प्रचुर मात्रा में प्राकृतिक रूप से उपलब्ध है, अत: वायु का प्रयोग परावैद्युत माध्यम (dielectric medium) के रूप में किया गया। बहुत लम्बे समय तक वायु तथा नाइट्रोजन का प्रयोग व्यापक रूप से वैद्युत उपकरणों में किया गया परन्तु छोटे आकार में बनाये गये उपकरण जो कि उच्च तापमान तथा उच्च वोल्टता पर कार्य कर सकें की व्यापारिक माँग ने वायुमण्डलीय दाब पर वायु के प्रयोग को सीमित कर दिया।

गैस विद्युतरोधी उपकरणों के कार्य एवं अभिकल्प (design) में निरन्तर उन्नति के लिये दाब बढ़ाने पर गैसों के परावैद्युत गुणों में असामान्यतायें (abnormalities) ताप स्थिरता आग एवं स्वास्थ्य सम्बन्धी ज्ञान के विषय में जानना आवश्यक हो गया।

परावैद्युत गैसों का चयन (Selection of Dielectric Gases)—परावैद्युत गैसें व्यापारिक रूप से उपलब्ध रहती हैं, जिससे कि किसी अभियन्ता को गैसों के चयन के लिये एक बहुत बड़ी परास (range) उपलब्ध रहती है, जिनमें से अभियन्ता किसी विशेष प्रकार के वैद्युत उपकरण के अभिकल्प के लिये सबसे उचित गैस चुनने के लिये सक्षम होता है। यद्यपि सभी गैसें शुद्ध रूप में परावैद्युत गैसों के रूप में तालिकाबद्ध की जा सकती हैं। रासायनिक रूप से स्थिरता, जंग लगने की प्रवृत्ति, परावैद्युत सामर्थ्य एवं परावैद्युत हानि आदि के कारण निम्न चार प्रकार की गैसों में से किसी एक प्रकार की गैस को स्वतन्त्रतापूर्वक नहीं चुना जा सकता है। इन गैसों का वर्गीकरण निम्न प्रकार है—

(अ) साधारण गैसें जैसे—हाइड्रोजन, नाइट्रोजन आदि।

(ब) ऑक्साइड गैसें जैसे—कार्बन-डाइऑक्साइड, सल्फर-डाइऑक्साइड आदि।

(स) हाइड्रो कार्बन गैसें जैसे—मीथेन गैस।

(द) इलैक्ट्रोनिगेटिव गैसें जैसे—साधारण वायु एवं नाइट्रोजन जो कि परम्परागत रूप से बहुत लम्बे समय से प्रयोग की जाती है। तब भी इलैक्ट्रोनिगेटिव गैसों के लाभ के कारण इनके गुणों का अधिक से अधिक अध्ययन किया गया तथा इनका उपयोग विभिन्न प्रकार के विद्युत उपकरणों में जीवित भागों (live parts) को विद्युतरोधित करने में किया गया। तालिका 5.23 में मुख्य परावैद्युत गैसों के वर्गीकरण को दर्शाया गया है।

वैद्युत उपकरणों में प्रयोग के लिये अन्य विद्युतरोधी पदार्थों की तरह परावैद्युत गैस का चयन तब ही किया जा सकता है जबकि गैस के परावैद्युत गुणों एवं कार्यकारी परास (working temp. range) में सभी तापमानों एवं विभिन्न वोल्टताओं पर, जिस पर कि व्यापारिक कार्यों में गैस को प्रयोग करना है गैस के अन्य अभिलक्षणों का पूर्ण ज्ञान हो, इनके अतिरिक्त परावैद्युत गैस के चयन के समय उनसे उत्पन्न होने वाले सम्भावित खतरों एवं उनसे पहुँचने वाली हानियों के विषय में भी पूर्ण ज्ञान हो।

तालिका 5.23 : परावैद्युत गैसों का वर्गीकरण (Classification of Dielectric Gases)

साधारण गैसें	ऑक्साइड गैसें	हाइड्रोकार्बन गैसें	इलैक्ट्रोनिगेटिव गैसें
नाइट्रोजन	कार्बन-डाइ-ऑक्साइड	मीथेन (Methane)	CCl_3F (Freon-11)
			CCL_2F_2 (Freon-1)
हाइड्रोजन	सल्फरडाइ-ऑक्साइड	इथेन (Ethane)	$CHCL_2F$ (Freon-22)
		प्रोपेन (Propane)	$C_2CL_3F_3$ (Freon-13)
हीलियम		ब्यूटेन (Butane)	CLF_3 (Freon-11)
ऑक्सीजन		हैक्सेन (Hexane)	CF_4 (Freon-13)
			$CHCL_2E_2$ (Freon-24)
—			$C_2CL_2F_4$ (Freon-124)
			SF_6 (सल्फर-हैक्सा 1 फ्लोराइड)

परावैद्युत गैसों से मनुष्य के जीवन को खतरा एवं हानि की समस्यायें निम्न है—

आग एवं विस्फोट से खतरा (Fire and explosion hazard)—आग लगने की समस्या तथा विस्फोट होने के खतरों के कारण हाइड्रो कार्बन गैसों को वैद्युत उपकरणों में परावैद्युत गैस के रूप में बहुत कम उपयोग में लाया जाता है। वह गैसें जो कि परावैद्युत गैस के रूप में बहुत अधिक उपयोग में लाई जाती हैं, वह सरलता से उपलब्ध होने वाली एवं कम महँगी होती है। वायु एवं नाइट्रोजन गैसें अज्वलनशील है साथ ही साथ विस्फोटक भी नहीं हैं तब भी हवा अन्य ज्वलनशील पदार्थों के जलने में सहायता करती है जो कि हवा में भी उपस्थित हो सकते हैं। लैक्ट्रोनेगेटिव गैसें जिन पर कि हाल ही में (recently), अधिक विस्तार से, वैद्युत कार्यों में उपयोग करने के लिये विचार किया गया है, क्योंकि यह अज्वलनशील हैं तथा साथ ही विस्फोटक भी नहीं हैं, इसका कारण यह है कि इसके उत्पादन में हैलोजिनेशन (halogenation) का उच्च अंश रखा जाता है। अर्थात् इनके साथ हैलोजन परमाणु (halogen atoms) अधिक मात्रा में सम्मिलित किये जाते है। इस प्रकार की गैसें फ्रिऑन गैसें (Freon gases) एवं सल्फर फ्लोराइड गैस हैं।

परावैद्युत गैसों में विषैलेपन की समस्या (Toxicity problem in dielectric gases)—परावैद्युत गैसों के इन्जीनियरी क्षेत्र में उपयोग से विषैलेपन (toxicity) की समस्या वास्तविक समस्या है। जब परावैद्युत गैसें विद्युत आर्क के सम्पर्क में आती हैं या उच्चताप मान पर विघटित (decomposed) होती हैं तब ऐसी दशा में साधारण गैसें; जैसे—वायु तथा नाइट्रोजन से कोई कठिनाई उत्पन्न नही होती किन्तु अधिक जटिल गैसें जब विद्युत आर्क के सम्पर्क में आती हैं या उच्च तापमान से होकर गुजरती हैं, तब इन गैसों के साथ प्राय: एक या एक से अधिक विषैले पदार्थ उत्पन्न हो जाते है एवं इलैक्ट्रोनेगेटिव गैस की स्थिति में इन विषैले पदार्थों में विषैलेपन का स्तर उच्च हो सकता है।

साधारण गैसों जैसे वायु या नाइट्रोजन के अतिरिक्त अन्य गैसों को जब इन्जीनियरी कार्यों में परावैद्युत गैसों के रूप में प्रयोग किया जाता है, तब उच्च तापमान पर इनकी रासायनिक संरचना में गिरावट आने के कारण एवं इनसे विषैली गैसें बनने की सम्भावना के कारण इनको इन्जीनियरी कार्यों में प्रयोग करते समय इस गम्भीर समस्या पर पूर्णत: विचार करना चाहिये।

परावैद्युत गैसें के विषैलेपन के विषय पर विचार करते समय इस बात को भी ध्यान में रखना चाहिये कि केवल परावैद्युत गैस ही विषैले पदार्थ उत्पन्न होने का स्रोत नहीं है बल्कि वैद्युत उपकरणों मे प्रयोग किये गये अन्य विद्युतरोधी पदार्थों में भी विद्युत आर्क उत्पन्न होने पर उच्च तापमान उत्पन्न होने के कारण विषैली गैसे उत्पन्न होती हैं जिनसे परावैद्युत गैसों की परावैद्युत सामर्थ्य मे गिरावट आने का खतरा उत्पन्न हो जाता है। निम्न तालिका 5.24 में परावैद्युत गैसों के लिये सुरक्षित विषैलेपन की अधिकतम मात्रा के मान को दर्शाया गया है, जो कि 1952 में स्वास्थ्य सम्बन्धी सलाहकारों के औद्योगिक सम्मेलन में निश्चित की गई थीं—

तापमान एवं दाब की क्रान्तिक दशा (The critical conditions of temperature and pressure)—परावैद्युत गैसें, विद्युतरोधी तरल पदार्थों (insulating liquids) की अपेक्षा वायुमण्डलीय दाब पर कम परावैद्युत सामर्थ्य के अभिलक्षण (characteristics) रखती हैं। परावैद्युत सामर्थ्य प्राय: गैस दाब बढ़ने के साथ बढ़ती है इसलिये वैद्युत उपकरणों में परावैद्युत गैस का दाब अधिक से अधिक 200 पौण्ड प्रति वर्ग इन्च रखा जाता है। परावैद्युत गैसो में उच्च दाब के प्रयोग से गैसों के तरल रूप में परिवर्तित होने की समस्या (problem of liquidification) उत्पन्न होती है। इस दशा में वैद्युत उपकरणों में रासायनिक अस्थिरता एवं जंग (rust) लगने की समस्या उत्पन्न होती है किन्तु इस दशा में गैस की परावैद्युत सामर्थ्य उच्चतम होती है किन्तु इससे अधिक गैस दाब बढ़ाने से परावैद्युत सामर्थ्य पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। सामान्यतया परावैद्युत गैसों का निर्माण इस प्रकार किया जाता है कि इन गैसों के तरल रूप में परिवर्तित होने की स्थिति सम्भव न हो सके। इसके अतिरिक्त कार्यकारी तापमान में उतार-चढ़ाव (fluctuation in operating temperature) को ध्यान मे रखकर गैस का निर्माण किया जाता है क्योंकि कार्यकारी तापमान में अत्यधिक उतार-चढ़ाव से गैस के तरल रूप में परिवर्तित होने की स्थिति उत्पन्न हो सकती है तथा गैसों के तरल रूप में परिवर्तित होने से वैद्युत उपकरणों में प्रयुक्त विद्युतरोधी पदार्थों के उन भागों पर दाब प्रतिबल (copressive stress) विवरण में परिवर्तन आ जाता है, जो कि तरल रूप में परिवर्तित गैस तरल डूबे या लेपित (immersed or coated) रहते है।

Scanned by CamScanner

तालिका 5.24 : परावैद्युत गैसों में विषैलेपन का सुरक्षित अंश
(Toxicity of Dielectric Gases)

परावैद्युत गैस का नाम (Name of Dielectric gases)	वायु में अधिकतम सुरक्षित सान्द्रता [Max Safe Concentration in air in P.P.M.]
कार्बन-डाइ ऑक्साइड (CO_2)	5000
साइक्लोहैक्सेन (Cyclohexane)	400
फ्रिआन-114 (CCL_2F_4)	1000
हैप्टेन (Heptane)	500
पैन्टेन	500
सल्फर-डाइ-ऑक्साइड	10

यह भी अध्ययन किया गया है कि तरल रूप में परिवर्तित परावैद्युत गैसों की परावैद्युत सामर्थ्य गैस में नमी एवं अन्य अशुद्धियों की उपस्थिति के कारण दाबित गैस (pressurized gas) की तुलना में कुछ कम रह जाती है। साथ ही तरल गैसों में विद्युत आर्क उत्पन्न करके यह भी अध्ययन किया गया है कि विद्युत आर्क उत्पन्न होने से तरल गैस की चालकता बढ़ जाती है अर्थात् परावैद्युत सामर्थ्य घट जाती है। इसलिये परावैद्युत सामर्थ्य में गैसों के असामान्य व्यवहार के कारण इन्जीनियरी कार्यों में सफलता के साथ उपयोग के लिये गैसों को किसी भी स्थिति में तरल दशा में प्रयोग नहीं किया जाता है। तालिका-5.25 में बहुत सी परावैद्युत गैसों के लिये क्रान्तिक तापमान एवं दाब (critical temperature and pressure) के मान दर्शाये गये हैं। दिये गये तापमान वह हैं जिनके ऊपर के तापमानों पर गैस केवल दाब द्वारा तरल दशा में परिवर्तित नहीं हो सकती। क्रान्तिक तापमान के समतुल्य दाब जिस पर एक पदार्थ तरल दशा से गैस की दशा में बना रहता है क्रान्तिक दाब कहलाता है।

तालिका 5.25 : चुनी गई परावैद्युत गैसों के लिये क्रान्तिक, स्थिरांक
(The critical constants for selected dielectric gases)

गैस का नाम	क्रान्तिक तापमान °C	क्रान्तिक वायुमण्डलीय दाब
Air	140.7	37.2
Carbondioxide	31.1	73.0
Ethane	32.1	48.8
Ethylene	9.7	50.9
Helium	267.9	2.2
Hydrogen	239.9	12.8
Methane	82.5	45.8
Methyl Chloride	143.1	65.8
Methyl fluoride	44.9	62.0
Nitrogen	117.1	33.5
Oxygen	118.8	49.7
Silicon tetrafluoride	1.5	50.0
Sulphur-dioxide	157.2	77.7
$CClF_3$ (Freon-11)	197	43.2
CCl_2F_2 (Freon-12)	111	40.1
$CClF_2$ (Freon-13)	29	38.1
(CF_4) (Freon-14)	45	36.9

शीतलन क्षमता (Cooling Capacity)—परावैद्युत गैसों का इन्जीनियरी उपयोग में वैद्युत उपकरणों के तापीय लक्षणों पर विचार करना एवं उपकरणों के शीतलन के लिये चयन की गई गैस की विशिष्ट ऊष्मा, ऊष्मीय चालकता एवं श्यानता (specific heat, thermal conductivity and viscocity) का क्रमिक विकास (evolution) सम्मिलित रहते हैं।

अधिकांश वैद्युत उपकरणों में परावैद्युत गैस प्राथमिक (primary) अथवा बड़े (major) विद्युतरोधन की ऊष्मा क्षमता एवं उपकरण से ऊष्मा क्षय को निर्धारित करने में अपना प्रभावशाली कर्त्तव्य निभाती है। यह विद्युतरोधन सामान्यतया कार्बनिक ठोस पदार्थ हैं जैसे कि कागज, कपड़ा आदि, यद्यपि बहुत से उपकरणों में प्राथमिक विद्युतरोधन की परावैद्युत सामर्थ्य एवं यांत्रिक प्रतिबल बढ़ाने के लिये इसके स्थान पर अकार्बनिक अथवा विशेष रूप से संश्लेषित (synthesized) कार्बनिक पदार्थ उपयोग में लाये जाते हैं।

किसी पदार्थ की ऊष्मा क्षमता ऊष्मा की वह मात्रा है जो किसी पिण्ड की प्रति इकाई ऊष्मा परिवर्तन के लिये आवश्यक है, यह साधारणतया कैलोरी प्रति डिग्री से० ग्रे० में व्यक्त की जाती है तथा संख्यात्मक रूप में (numerically) विशिष्ट ऊष्मा के समतुल्य है। तालिका 5.26 में कुछ मुख्य रूप से चयन की गई परावैद्युत गैसों की विशिष्ट ऊष्मा मान (specific heat values) स्थिर दाब एवं आयतन पर दर्शाई गई है।

तालिका 5.26 : कुछ चुनी हुई परावैद्युत गैसों की विशिष्ट ऊष्मा मान
(The specific heat values for selected dielectric gases)

गैस का नाम (Name of gases)	विशिष्ट ऊष्मा कैलोरी प्रतिग्राम °C में	
	स्थिर दाब पर	स्थिर आयतन पर
वायु (Air)	0.2399	0.1710
आर्गन (Argon)	0.1252	0.0753
हीलियम (Helium)	1.251	0.7550
हाइड्रोजन (Hydrogen)	3.408	2.4020
नाइट्रोजन (Nitrogen)	0.2477	0.1765
ऑक्सीजन (Oxygen)	0.2177	0.1544
सल्फर-डाइ-ऑक्साइड (Sulphur-dioxide)	0.1516	0.1175
कार्बन-डाइ-ऑक्साइड (Carbon dioxide)	0.1988	0.1525

Scanned by CamScanner

सल्फर हैक्सा फ्लुराइड (Sulphur hexafluoride)	0.142	—
फ्रीऑन-11 (CCl_3F)	0.209	—
फ्रीऑन-12 (CCl_2F_2)	0.243	—
फ्रीऑन-13 ($CClF_3$)	0.250	—
फ्रीऑन-14 (CF_4)	0.27	—
फ्रीऑन-21 ($CHCl_2F$)	0.25	—
फ्रीऑन-22 ($CHClF_2$)	0.33	—
फ्रीऑन-113 ($C_2Cl_2F_3$)	0.22	—
फ्रीऑन-114 ($C_3Cl_2F_2$)	0.23	—
मीथेन (Methane)	0.5282	0.4032
ईथेन (Ethane)	0.3860	0.3136

शीतलन क्षमता (Cooling capacity)—परावैद्युत गैसों के शीतलन एवं ऊष्मा, क्षय लक्षणों/गुणों में एक दूसरा घटक "गैस की ऊष्मीय चालकता" विचारणीय है, पदार्थ की प्रति इकाई मोटाई से, इकाई क्षेत्रफल के आर-पार तापमान के इकाई अन्तर के लिए चालन (conduction) विधि द्वारा ऊष्मा स्थानान्तरण की समय दर को पदार्थ की ऊष्मीय चालकता कहते हैं, यह पहले की ही तरह प्रति सेमी मोटाई के लिए कैलोरी प्रति सेकण्ड प्रति वर्ग सेमी में व्यक्त की जाती है—

ऊष्मीय चालकता (H. Cond.) $\frac{K(t_2 - t_1)aT}{d_v}$ जहाँ K एक स्थिरांक है जो कि पदार्थ पर निर्भर करता है।

$(t_2 - t_1)$ = तापमान में क्षेत्रफल (a) के आर-पार (d) मोटाई तथा समय (T) के लिए अन्तर है।

परावैद्युत गैसों की विशिष्ट ऊष्मीय चालकता तापमान एवं गैस दाब में परिवर्तन के साथ बदलती है। वैद्युत उपकरणों में परावैद्युत गैसों की शीतलन क्षमता में केवल गैस की विशिष्ट ऊष्मा एवं विशिष्ट ऊष्मा चालकता पर ही विचार नहीं किया जाता अपितु इसमें इसके संवहन (convection) द्वारा ऊष्मा क्षय करने की योग्यता (ability) भी सम्मिलित है।

परावैद्युत स्थिरांक (The dielectric constant)—परावैद्युत गैसों का परावैद्युत स्थिरांक साधारणतया 1.0 माना गया है किन्तु इसका सही मान 1.0 से कुछ (slightly) अधिक है जैसा कि तालिका 5.27 में दर्शाया गया है।

तालिका 5.27 : चुनी गई गैसों के परावैद्युत स्थिरांक मान
(The dielectric constant values for selected gases)

गैस का नाम (Name of gas)	परावैद्युत स्थिरांक (Dielectric constant)
आर्गन (Argon)	1.000574
हीलियम (Helium)	1.000074
हाइड्रोजन (Hydrogen)	1.00026
नाइट्रोजन (Nitrogen)	1.00060
ऑक्सीजन (Oxygen)	1.00054

सल्फर-डाइ-ऑक्साइड (Sulphur-dioxide)	1.0093
कार्बन-डाइ-ऑक्साइड (Carbon-dioxide)	1.00094
फ्रीऑन-11 [CCl_3F]	1.0019
फ्रीऑन-12 [CCl_2F_2]	1.0016
फ्रीऑन-21 [$CHCl_2F$]	1.003
फ्रीऑन-22 [$CHClF_2$]	1.003
फ्रीऑन-114 [C_2ClF_4]	1.001
[$C_2Cl_2F_5$]	1.001
[$CClF_3$]	1.0013
[CF_4]	1.0006

परावैद्युत गैस के परावैद्युत स्थिरांक के निम्न मान का लाभ विशेष प्रकार के वैद्युत उपकरणों में लाभकारी है जहाँ निम्न धारिता मान कुछ विशेष प्रकार के केबिलों में वांछित है जो कि विशेष रूप से उच्च आवृत्ति के लिए अभिकल्पित (designed) किए गए हैं।

■ विद्युतरोधी गैसों का वोल्टता के अन्तर्गत व्यवहार
(Behaviour of insulating gases under voltage)

प्रयोगात्मक रूप से गैसों के उपयोग को विभिन्न दशाओं में गैसीय विद्युतरोधन का सामान्य व्यवहार दर्शाने के लिए उसका जो कि उसके प्रयोगात्मक उपयोग में उत्पन्न होता है—

जब दो चिकने एवं स्वच्छ तारों को हवा (air) में तार के व्यास मोटाई-से कई गुना दूरी पर रखकर इन तारों के मध्य प्र० धा० विभवान्तर (A.C. potential) प्रयुक्त किया जाता है, तब प्रथम घटना यह घटती है कि तारों के चारों ओर हल्की बैंगनी दमक (pale violet glow) उत्पन्न होती है। अब यदि विभवान्तर को ओर अधिक बढ़ाया जाये तब बैंगनी दमक की ज्योति (iuminosity) और भी अधिक बढ़ जाती है और इसके साथ अन्त में सीं-सीं की ध्वनि (hissing sound) भी उत्पन्न होती है, इस प्रकार ध्वनि के साथ उत्पन्न ज्योति को कोरोना प्रभाव कहते हैं तथा जिस वोल्टता पर कोरोना प्रभाव उत्पन्न होता है उसे क्रान्तिक दृष्ट कोरोना (critical visual corona voltage) कहते हैं। इस वोल्टता से और अधिक वोल्टता बढ़ाने पर तारों के मध्य चिंगारी (spark) उत्पन्न होती है, और दूसरी ओर तारों को तारों के अर्द्धव्यास से कम दूरी पर वायु में निकट लाकर यदि दोनों तारों के मध्य वोल्टता बढ़ाते हैं तो पहले से कम वोल्टता पर ही करोना प्रभाव उत्पन्न हुए बिना ही चिंगारी उत्पन्न होती है। कोरोना प्रभाव के कारण विद्युत ऊर्जा का क्षय होता है तथा तारों से चिंगारी उत्पन्न होने का अर्थ यह है कि तारों के मध्य की वायु की परावैद्युत सामर्थ्य नष्ट हो जाती है, जिस वोल्टता पर तारों के मध्य चिंगारी उत्पन्न होती है। उसे वायु की भंजन वोल्टता (breakdown voltage) कहते हैं। तारों के मध्य वोल्टता बढ़ाने पर जब कोरोना प्रभाव उत्पन्न होता है उस समय तारों के निकट उपस्थित वायु में निम्न रासायनिक परिवर्तन होता है, जब तारों के मध्य वोल्टता काफी अधिक बढ़ाई जाती है तब वायु में एक विलक्षण (गुण के अन्तर्गत कोरोना दमक (luminous discharge) के साथ ओजोन गैस (Ozone gas) की सुगन्ध का स्पष्ट अनुभव होता है तथा शेष गैस में नाइट्रोजन का ऑक्साइड प्राप्त होता है।

इलैक्ट्रोड की आकृति का प्रभाव (The effect of electrode shape)—दो इलैक्ट्रोडों के मध्य वायु में चिंगारी उत्पन्न करने वाली वोल्टता इलैक्ट्रोड की आकृति द्वारा बहुत अधिक प्रभावित होती है इसलिए वायु की परावैद्युत सामर्थ्य, ठीक प्रकार से सिरों पर गोल किए इलैक्ट्रोड, समान्तर प्लेटों के मध्य सामान्य तापमान एवं वायु दाब पर लगभग 30 Kv/cm (76

Scanned by CamScanner

ज्ज) होती है, जब गोले के आकार के इलैक्ट्रोड (spherical electrodes) उपयोग में लाए जाते हैं तथा उन्हें आमने-सामने इस प्रकार रखा जाए कि इलैक्ट्रोडों के मध्य विद्युत क्षेत्र एक समान रूप से वितरित हो तब परावैद्युत सामर्थ्य का परिणाम उपरोक्तानुसार ही प्राप्त होता है। अब यदि इलैक्ट्रो गोलों के मध्य अन्तर बढ़ाते हैं तब भी विद्युत क्षेत्र मुख्य मार्ग से अधिक विचलित (diverge) होता है तथा भंजक वोल्टता ढाल (rupturing voltage gradient) वोल्टता प्रति मिल घटता है तथा भंजक वोल्टता ढाल घटकर कम से कम 12 Kv/cm (35-30 Vpm) पहुँच सकता है, अन्तिम अवस्था में जहाँ वोल्टता सुई के समान नोकदार इलैक्ट्रोडों के मध्य प्रयुक्त करने पर परावैद्युत सामर्थ्य कम से कम 5 Kv/cm (13 Vpm वोल्ट प्रति मिल) प्राप्त हो सकता है।

इलैक्ट्रोडों के मध्य अन्तर दूरी का प्रभाव (The effect of electrode spacing)—जैसा कि पहले स्पष्ट किया जा चुका है कि प्रभावित दूरी (striking distance) से कम दूरी पर वह वोल्टता जो कि वायु में इलैक्ट्रोडों के मध्य चिंगारी उत्पन्न करती है, दूरी घटाने के साथ बढ़ जाती है, यह दूरी 0.3 (r) के बराबर होती है, जहाँ (r) इलैक्ट्रोड या चालक का अर्द्धव्यास (radius) है अत: इलैक्ट्रोडों के मध्य दूरी यदि 0.3 (r) दूरी से कम की जाती है, तो दूरी कम करने के लिए वोल्टता बढ़ती है जबकि इलैक्ट्रोडों के मध्य दूरी इस दूरी से बहुत अधिक रखने पर यह वोल्टता दूरी घटाने के साथ घटती है तथा दूरी बढ़ाने के साथ बढ़ती है यह प्रभाव प्रयोग द्वारा भी देखा जा सकता है, यदि अधिक दूरी पर रखे दो समान्तर इलैक्ट्रोड (चालक) धीरे-धीरे आपस में एक-दूसरे के पास लाए जाए तो दोनों के मध्य हवा में चिंगारी उत्पन्न करने के लिए वोल्टता, दूरी घटने के साथ घटती है किन्तु जैसे ही इलैक्ट्रोडों की दूरी प्रभावित दूरी (striking distance) की सीमा से कम होती है यह वोल्टता तुरन्त ही बढ़ जाती है। यदि गोलाकार इलैक्ट्रोडों को हवा में आमने-सामने रखा जाए तो चिंगारी उत्पन्न करने वाली वोल्टता (striking potential) इलैक्ट्रोड का अर्द्धव्यास (radius) बढ़ने के साथ बढ़ता है।

तापमान का प्रभाव (Effect of temperature)—यदि यह माना जाए कि गैस के कण (gas particles) जो कि विद्युत क्षेत्र के प्रभाव के अन्तर्गत घूमते हैं तथा यह ही परावैद्युत भंजन के लिए जिम्मेदार (responsible) हैं तब तापमान एवं दाब से सम्बन्धित समस्यायें तुरन्त ही उत्पन्न होती हैं। तापमान बढ़ने के साथ गैस कणों की गतिज ऊर्जा बढ़ जाती है जिससे विद्युतरोधी गैस की परावैद्युत सामर्थ्य पहले की अपेक्षा घट जाती है अर्थात् पहले से कम वोल्टता पर ही गैस की परावैद्युत सामर्थ्य का भंजन (break down) हो जाता है। हाल ही में किए गए प्रयोगों द्वारा वायु परावैद्युत भंजन (dielectric break down) पर तापमान का प्रभाव प्रदर्शित होता है। ज्ञानिक J.B. Whitehead द्वारा किए गए प्रयोगों द्वारा यह देखा गया कि मानक तापमान 21°C से ऊपर वायु का तापमान 41°C तक बढ़ाने पर वायु की परावैद्युत सामर्थ्य प्रति 1°C तापमान बढ़ाने के साथ 0.22% घटती जाती हैं।

दाब का प्रभाव (Effect of pressure)—स्थिर तापमान पर किसी शुद्ध गैस की गतिज ऊर्जा (kinetic energy) स्थिर होती है। जब गैस का गैस दाब बढ़ाया जाता है तब गैस का आयतन घटता है अर्थात् गैस स्वतन्त्र रूप से घूमने वाले कणों (moving particles) का औसत मार्ग (mean path) घटता है जिसके परिणामस्वरूप स्वतन्त्र रूप से घूमने वाले गैस कणों के द्वारा अधिक ऊर्जा स्थानान्तरण के लिए अधिक ऊर्जा की आवश्यकता पड़ती है। दूसरे शब्दों में दाब के अन्तर्गत किसी विद्युतरोधी गैस की परावैद्युत सामर्थ्य का भंजन करने के लिए अधिक वोल्टता प्रयुक्त करने की आवश्यकता पड़ती है। दो इलेक्ट्रोडों के मध्य स्थिर दूरी के लिए कमरे के सामान्य तापमान एवं दाब पर वायु की परावैद्युत सामर्थ्य वायु दाब के समानुपाती परिवर्तित होती है अर्थात् दाब बढ़ाने पर परावैद्युत सामर्थ्य बढ़ती है तथा दाब घटने से घटती है।

आवृत्ति में परिवर्तन का प्रभाव (Effect of changes with frequency)—उच्च श्रेणी की पॉलिश किए गए इलैक्ट्रोडों पर विद्युतरोधी गैस की परावैद्युत सामर्थ्य पर प्रयुक्त वोल्टता की आवृत्ति में परिवर्तन का बहुत कम प्रभाव पड़ता है किन्तु बिना पॉलिश किए इलैक्ट्रोडों (unpolished electrodes) की दशा में आवृत्ति बढ़ाने पर विद्युतरोधी गैस की परावैद्युत सामर्थ्य का भंजन, सामान्य आवृत्ति वोल्टता की अपेक्षा निम्न वोल्टता पर होता है तथा परावैद्युत हानि अधिक होती है। दूसरी ओर निम्न आवृत्ति वोल्टता पर परावैद्युत सामर्थ्य का भंजन उच्च वोल्टता पर होता है तथा परावैद्युत हानि कम होती है।

आर्द्रता का प्रभाव (Effect of humidity)—यदि विद्युतरोधी गैस को सावधानी पूर्वक पूर्णतया शुष्क किया जाए तो इसकी परावैद्युत सामर्थ्य नमी युक्त गैस (moistured gas) की अपेक्षा वास्तविक रूप से बढ़ जाती है अर्थात् नमी युक्त गैस की परावैद्युत सामर्थ्य का भंजक शुष्क (dried) गैस की अपेक्षा कम वोल्टता पर होता है। समान्तर तार इलैक्ट्रोडों की दशा में वायु की सापेक्ष आर्द्रता में परिवर्तन से जिस वोल्टता पर कोरोना एवं ऊर्जा हानि प्रारम्भ होते हैं, कुछ प्रभाव पड़ता है। जब कभी भी आर्द्रता उस सीमा पर पहुँचती है जहाँ कि नमी तारों की सतह पर जमने लगती है। इस दशा में यह देखा गया है कि यह वोल्टता जो कि कोरोना प्रभाव एवं चिंगारी उत्पन्न होने के लिए आवश्यक है, घट जाती है।

■ 5.6. (a) परावैद्युत गुणों के रूप में वायु (Air as dielectric gas) *(B.T.E. 1994)*

वायु में परावैद्युत गुणों का वैज्ञानिकों द्वारा विस्तार पूर्वक अध्ययन किया गया, इस अध्ययन से व्यापारिक प्रयोगों में वायु के परावैद्युत व्यवहार के विषय में जानकारी प्राप्त हुई।

पृथ्वी के चारों ओर गैसीय आवरण को वायु (Air) कहते हैं। यह रंगहीन एवं गन्धहीन होती है। यह विभिन्न गैसों का मिश्रण है। शुष्क वायु के आयतन में विभक्त गैसों का आयतन में प्रतिशत घटक निम्न प्रकार है—नाइट्रोजन 78.08%, ऑक्सीजन 20.95%, आर्गन 0.93%, कार्बन डाइ-ऑक्साइड 0.03%, निआन 0.0018%, हीलियम 0.005%, क्रिप्टान 0.001%, जेनान (Xenon) 0.00001%। इनके अतिरिक्त वायु में पानी की वाष्प, हाइड्रोजन परॉक्साइड, सल्फर कम्पाउण्ड तथा धूल के कण बहुत कम एवं परिवर्तित मात्रा में पाये जाते हैं। जहाँ जीवों के लिए वायु प्राणदाता पदार्थ के रूप में आवश्यक है वहाँ दूसरी ओर विद्युत इन्जीनियरी क्षेत्र में भी वायु का महत्त्व कम नहीं है। वायु वैद्युत मशीनों, उपकरणों एवं शिरोपरि विद्युत लाइनों में जीवित चालकों (live conducters) के मध्य परावैद्युत गैस (dielectric gas) के रूप में कार्य करती है। इसके अतिरिक्त वैद्युत मशीनों, ट्रांसफॉर्मरों आदि के शीतलन कार्य में भी इसका विशेष महत्त्व है, वायु के भौतिक गुण निम्न तालिका 5.28 में दर्शाये गये हैं—

तालिका 5.28 : वायु के भौतिक गुण (Physical properties or air)

गुण (Property)	
उबाल विन्दु (boiling point)	– 194°C
पौण्ड प्रतिघात फुट (pound per cubic foot)	0.0802
श्यानता (Viscosity poise at 0°C)	181.2×10^{-6} poise
ऊष्मा चालकता (Thermal conductivity)	5.68×10^{-7} cgs units 135×10^{-2} Btu/ft^2/hr/°F/ft
विशिष्ट ऊष्मा (Specific heat)	0.2399 cal/gr/°C
क्रांतिक तापमान (Critical temperature)	140.7°C
क्रांतिक दाब (Critical pressure)	37.2 atmospheres
घनत्व (Density at C.P. and C.T.)	0.31 gr/ml
प्रसार गुणांक (Cofficient of expansion 0-100°C)	0.003670 (760 m.m.)
वायु के वैद्युत गुण (Electric properties of air)	
परावैद्युत स्थिरांक (Dielectric constant)	1.000590 (0°C)
परावैद्युत सामर्थ्य (Dielectric strength)	3 to 5 KV/mm
परावैद्युत हानि (Dielectric loss angle tan S)	Zero
चुम्बकशीलता (Permitivity)	1.0006

निम्न वोल्टता के लिए यह विश्वसनीय विद्युतरोधी पदार्थ है।

Scanned by CamScanner

■ 5.6. (b) परावैद्युत गैस के रूप में कार्बन डाइ-ऑक्साइड (Carbon dioxide-as Dielectric Gas)

कार्बन-डाइ ऑक्साइड परावैद्युत गैस के रूप में वैद्युत उपकरणों में कम उपयोग में लाई जाती है। कुछ विशेष प्रकार के स्थिर प्लेट संधारित्रों (capacitors) में यह विद्युत रोधन के रूप में प्रयुक्त की जाती है तथा विद्युतरोधी तेल से भरे उच्च वोल्टता ट्रांसफॉर्मरों एवं केबिलों में पूर्व संसेचन पदार्थ (pre-impregnant) के रूप में उपयोग में लाई जाती है। कार्बन-डाइ ऑक्साइड खनिज विद्युतरोधी तेल में घुलनशील का गुण रखती है। कमरे के तापमान पर CO_2 खनिज विद्युतरोधी तेल में वायु या नाइट्रोजन की मात्रा की अपेक्षा दस गुणा (ten time) घुल जाती है। बड़े ट्रांसफॉर्मर एवं पॉवर केबिलों को निर्वात में सुखाकर तेल से उपचारित करके अतिरिक्त तेल को बाहर निकाल कर शेष रिक्त स्थानों को CO_2 द्वारा भर दिया जाता है ताकि इन उपकरणों को यातायात (transportation) के समय विभिन्न तापमानों पर CO_2 का दाब वायुमण्डलीय दाब से अधिक बना रहे। वायु एवं नाइट्रोजन की अपेक्षा CO_2 को परावैद्युत गैस के रूप में उपयोग करने का विशेष लाभ नहीं है। वायु की तुलना में इसके भौतिक गुण निम्न प्रकार हैं—

विशिष्ट ऊष्मा (Specific heat)—कमरे के तापमान पर CO_2 की विशिष्ट ऊष्मा 0.202 कैलोरी/ग्राम/°C है तथा वायु की विशिष्ट ऊष्मा 0.2399 ग्राम/°C है। कार्यकारी तापमानों की सीमा में तापमान बढ़ाने के साथ CO_2 की विशिष्ट ऊष्मा बढ़ जाती है किन्तु यह वायु की अपेक्षा सदा कम रहती है। जब CO_2 को विद्युत उपकरणों में परावैद्युत गैस के रूप में वायु मण्डलीय दाब से उच्च दाब पर उपयोग में लाया जाता है, तब इसकी विशिष्ट ऊष्मा वायु की अपेक्षा अधिक रहती है।

प्रसार गुणांक (Coefficient of expansion)—0–100°C की तापमान परास से ऊपर की तापमान परास में वायु एवं CO_2 का प्रसार गुणांक गैस दाब के बढ़ने के साथ बढ़ता है।

ऊष्मीय चालकता (Thermal conductivity)—वायुमण्डलीय दाब पर कार्बन-डाइ ऑक्साइड की ऊष्मीय चालकता वायु की अपेक्षा कम रहती है।

श्यानता (Viscosity)—कमरे के तापमान पर वायु की श्यानता कार्बन-डाइ ऑक्साइड की अपेक्षा लगभग 20% अधिक रहती है। तापमान बढ़ने के साथ यह अन्तर कम रह जाता है तथा 80°C तापमान पर यह अन्तर 15% रह जाती है।

परावैद्युत स्थिरांक (Dielectric constant)—कार्बन-डाइ-ऑक्साइड का परावैद्युत स्थिरांक 0°C तापमान पर 1.000985 तथा वायु का परावैद्युत स्थिरांक 1.000590 है। किन्तु वायु का परावैद्युत स्थिरांक गैस दाब के बढ़ने से कार्बन-डाइ-ऑक्साइड की अपेक्षा कम प्रभावित होता है।

तालिका-5.29 : कार्बन-डाइ-ऑक्साइड के भौतिक गुण (Physical Properties of Carbon Dioxide)

गुण (Property)	
गलनांक बिन्दु (melting point) °C में	−57
उबाल बिन्दु (boiling point) °C में	−80
घनत्व (density) (वायु 1.0 at 20°C)	1.53
पौण्ड प्रति घन फुट (pound per cubic ft at °C)	0.1234
श्यानता (Viscosity poise at °C)	141×10^{-6}
ऊष्मीय चालकता (Thermal conductivity)	340×10^{-7}
विशिष्ट ऊष्मा (Specific heat, CGS units at °C)	0.198
क्रांतिक तापमान (Critical temp. in °C)	31.1

क्रांतिक दाब (Critical pressure atmospheres)	73.0
वाष्प दाब (Vapour pressure atmospheres at 20°C)	56.495
अधिकतम अनुमत विषैलापन (Toxicity max. permissible)	5000 ppm
पानी में घुलनशीलता (Solubility in water parts per 100 of water)	179
प्रसार गुणांक (Coeff. of expansion 0—100°C)	0.003764 (760 mm)

■ 5.6. (c) परावैद्युत गैस के रूप में नाइट्रोजन (Nitrogen as dielectric gas) *(B.T.E. 1994)*

वायु के अतिरिक्त नाइट्रोजन भी परावैद्युत गैस के रूप में वैद्युत उपकरणों के उपयोग में लाई जाती है। यह रासायनिक एवं वैद्युत दोनों प्रकार के कार्यों में प्रयुक्त की जाती है। ट्रांसफॉर्मर एवं अन्य समकक्ष उपकरणों के प्रचालन में जहाँ ऑक्सीकरण की समस्या रहती है, ऐसे उपकरणों में बाधा रहित सेवा एवं लम्बे जीवन काल के लिए नाइट्रोजन को परावैद्युत गैस के रूप में उपयोग में लाया जाता है। उदाहरण के लिए स्वतन्त्र रूप में श्वास लेने वाला तेल सम्मंजित ट्रांसफॉर्मर (oil filled trnasformer of free breathing type) के तेल में ऑक्सीकरण के कारण कीचड़ (sludge) उत्पन्न होने से ट्रांसफॉर्मर में प्रयुक्त विद्युत रोधन की परावैद्युत सामर्थ्य में गिरावट आती है तथा इसकी शीतलन प्रणाली (cooling system) में बाधा उत्पन्न होती है। इस समस्या के समाधान के लिए ट्रांसफॉर्मर का मुँह बन्द (sealed) कर दिया जाता है तथा उसके ऑक्सीकारक वातावरण (oxidizing atmosphere) को रासायनिक रूप से उदासीन गैस नाइट्रोजन से बदल (replace) दिया जाता है।

कुछ विशेष प्रकार के संधारित्रों (special type of capacitors) में नाइट्रोजन को दाब के अन्तर्गत पूर्ण रूप से परावैद्युत माध्यम (dielectric medium) के स्थान पर उपयोग में लाया जाता है। गैस दाब केबिलों में तेल उपचारित विद्युतरोधी कागज (oil treated paper insulation) के साथ 200 पौण्ड प्रति वर्ग दाब पर नाइट्रोजन उपयोग की जाती है। नाइट्रोजन के सामान्य भौतिक गुण—नाइट्रोजन के भौतिक गुण जिनका महत्त्व इन्जीनियरी कार्यों में परावैद्युत उद्देश्य की पूर्ति के लिए होता है।

शीतलन गुण (Cooling properties)—नाइट्रोजन गैस के शीतलन गुण उन प्रयोगो के लिए महत्त्वपूर्ण है। जहाँ मशीन में एक मात्र नाइट्रोजन ही विद्युत रोधन का कार्य करती है तथा जहाँ गैस मशीन की ऊष्मा को ग्रहण करके मशीन के बाह्य आवरण तक ले जाने अथवा शीतलन प्रणाली (cooling tower) तक ले जाने का कार्य करती है। वे उपकरण जिनमें नाइट्रोजन विद्युतरोधी परत के साथ-साथ शीतलन माध्यम का कार्य करती है; जैसे—नाइट्रोजन भरे शक्ति केबिल, ट्रान्सफॉर्मर तथा अधिक क्षमता के ट्रान्सफॉर्मर आदि।

नाइट्रोजन गैस के वह गुण जो कि किसी वैद्युत उपकरण अथवा मशीन की ऊष्मा को क्षय करने में सहायक होते हैं, वे हैं नाइट्रोजन गैस को विशिष्ट ऊष्मा, ऊष्मीय चालकता तथा श्यानता (Specific heat, thermal conductivity and viscosity nitrogen)।

विशिष्ट ऊष्मा (Specific heat)—नाइट्रोजन गैस के स्थिर आयतन पर एक ग्राम भार की गैस का तापमान 1°C बढ़ाने के लिए जितनी कैलोरी ऊष्मा की आवश्यकता होती है, वह गैस की विशिष्ट ऊष्मा कहलाती है तथा कैलोरी/ग्राम/°C में व्यक्त की जाती है। कमरे के तापमान पर नाइट्रोजन गैस की विशिष्ट ऊष्मा हवा की विशिष्ट ऊष्मा के सापेक्ष 30% अधिक होती है।

विशिष्ट चालकता (Thermal conductivity)—नाइट्रोजन गैस की ऊष्मीय चालकता वायु की ही भाँति तापमान बढ़ने के साथ बढ़ती है।

श्यानता (Viscosity)—नाइट्रोजन की श्यानता वैद्युत उपकरणों के पूर्ण कार्यकारी तापमान की परास में वायु की श्यानता से कुछ निम्न (Slightly lower) रहती है।

Scanned by CamScanner

परावैद्युत स्थिरांक (Dielectric constant)—नाइट्रोजन गैस का परावैद्युत स्थिरांक वायु के परावैद्युत स्थिरांक से कुछ अधिक अर्थात् 1.00060 है जबकि वायु का परावैद्युत स्थिरांक 1.00059 (0°C) है।

परावैद्युत सामर्थ्य (Dielectric strength)—सभी परावैद्युत गैसो की दशाओं जैसे इलैक्ट्रोड के निर्माण मे प्रयोग की गई धातु इलैक्ट्रोड का आकार एवं इलैक्ट्रोड सतह के स्तर से प्रभावित होती है, इसके अतिरिक्त गम्भीर रूप से यह इलैक्ट्रोड के द्वारा विपरीत समान अथवा असमान वैद्युत क्षेत्र एवं गैस दाब पर सबसे अधिक प्रभावित होती है।

■ 5.6. (d) हाइड्रोजन गैस (Hydrogen gas) *(BTE 1994, 95, 96)*

यह एक रंगहीन, गन्धहीन, स्वादहीन गैस है, इसका परमाणु स्वतन्त्र रूप से नहीं रह सकता अत: इसके दो परमाणु आपस में संयोग करके एक अणु H_2 (diatomic molecules) बनाते हैं। यह अज्वलनशील एवं सबसे हल्की गैस है तथा ऑक्सीजन गैस के साथ संयोग करके पानी H_2O बनाती है जो कि सभी कार्बनिक पदार्थों एवं जीवों में पाया जाता है। हाइड्रोजन के तीन समस्थानिक (isotopes) ज्ञात हैं इन सबका क्रमांक 1 है अर्थात् इन सबके नाभिक में एक प्रोटॉन होता है तथा इनका द्रव्यमान 1, 2 एवं 3 होता है तथा इनको $1H_1, 1H_2, 1H_3$ से प्रदर्शित किया जाता है। हाइड्रोजन के तीनों समस्थानिकों (isotop) में दो भारी समस्थानिक ड्यूटीरियम एवं ट्राइटियम कहलाते है तथा इनका उपयोग न्यूक्लियर फिजिक्स में होता है।

हाइड्रोजन गैस की परावैद्युत सामर्थ्य अन्य परावैद्युत गैसों की तुलना में कम होने के कारण इसे वैद्युत उपकरणों एवं मशीनों से परावैद्युत गैस (विद्युतरोधक पदार्थ) के रूप में उपयोग नहीं किया जाता किन्तु विद्युत उपकरणों एवं उच्च क्षमता की वैद्युत मशीनों के शीतलन कार्य के लिए इसे विशेष रूप से उपयोग में लाया जाता है।

■ 5.6. (e) सल्फर हैक्सा फ्लोराइड (Sulphur Hexa Fluoride) *(B.T.E. 1992, 93, 96)*

सल्फर हैक्सा फ्लोराइड गैस (SF_6) का इतिहास सन् 1990 से प्रारम्भ होता है। जब वैज्ञानिक मोइसन तथा लीब्यू (Moisson and Ledeau) ने अपने आविष्कारों के आधार पर पहली बार यह सूचित किया कि सल्फर से प्राप्त हेक्साहैलाइड (hexahalide) के संश्लेषण से यह यौगिक (compound) (उपरोक्त आविष्कार कर्ताओं द्वारा) उस समय बनवाया गया जब सल्फर को फ्लोरीन (fluorine) के वातावरण (atmosphere) में जलाया गया किन्तु सल्फर हैक्साफ्लोराइड गैस को विद्युत उपकरणों मे परावैद्युत गैस के रूप में कूपर एवं उसके सहायकों द्वारा 1990 मे संस्तुति (recommendation) के आधार पर सर्वप्रथम (SF_6) को द्वितीय विश्व युद्ध के समय "मैसाचुसैट इन्स्टीट्यूट ऑफ टैक्नोलॉजी" द्वारा वैन्डेग्राफ जनरेटर (vandegraph generator) में उपयोग किया गया। इस प्रकार (SF_6) की उपयोगिता को देखते हुए इसका उपयोग अन्य वैद्युत उपकरणों जैसे स्विचगेयर एवं ट्रांसफॉर्मरों आदि में भी परावैद्युत गैस के रूप में किया जाने लगा क्योंकि इसकी परावैद्युत सामर्थ्य उच्च एवं इसके भौतिक गुण वैद्युत उपकरणों मे सहायक सिद्ध हुए। किन्तु जहाँ एक ओर SF_6 के परावैद्युत गैस के रूप में अनेक लाभ है वहाँ दूसरी ओर इसके उपयोग में कुछ हानियां भी है।

लाभ एवं हानियाँ (Advantage and disadvantage)—सल्फर हेक्साफ्लोराइड गैस के परावैद्युत गैस के रूप में अनेक लाभ हैं। यह विषैली एवं ज्वलनशील नहीं है। इसके गुण शीतलन गैस (cooling gas) के रूप में वायु एवं नाइट्रोजन गैस की तुलना में बहुत अच्छे हैं। इसकी परावैद्युत सामर्थ्य अन्य गैसों की अपेक्षा वास्तविक रूप से उच्च पाई गई है यहां तक कि गैस दाब बढ़ाने की दशा में इसकी परावैद्युत सामर्थ्य खनिज विद्युतरोधी तेल के समान हो जाती है, अत: जिन वैद्युत पदार्थ के रूप मे खनिज तेल उपयोग में लाया जाता है उनका भार बहुत अधिक होता है। किन्तु उच्च गैस दाब पर खनिज विद्युतरोधी तेल के समान हो जाती है, अत: जिन वैद्युत पदार्थ रूप में खनिज तेल उपयोग में लाया जाता है उनका भार बहुत अधिक होता है किन्तु उच्च गैस दाब पर खनिज विद्युतरोधी तेल के समान परावैद्युत सामर्थ्य रखने वाल SF_6 गैस जब वैद्युत उपकरणों में लाई जाती है तो उसका भार विद्युतरोधी खनिज तेल भरे वैद्युत उपकरणो की अपेक्षा बहुत कम होती है। किन्तु SF_6 को उच्च दाब पर उपयोग करने में मुख्य हानि यह है कि उपकरणों ट्रॉसफॉर्मरों के टैंक उच्च गैस दाब के प्रति दृढ़ रिसाव रहित बनाने में व्यय अधिक आता है। SF_6 परावैद्युत गैस में वैद्युत आर्क उत्पन्न होने इसके विघटित होने पर वैद्युत चालकता का गुण रखने वाला

कार्बन उत्पन्न नहीं होता है। यद्यपि यह गैस उच्च स्तर की रासायनिक स्थिरता (high degree of chemical stability) के गुण रखती है। तब भी इसमें सल्फर के अणुओं की उपस्थिति के कारण कुछ दशाओं में इसके इन्जीनियरी प्रयोग से उपकरणों में जंग लगने की सम्भावना रहती है। इसके अतिरिक्त इसे अति उच्च तापमान पर प्रयोग करने अथवा इसमें वैद्युत आर्क उत्पन्न होने से इसका विघटन होने पर इसमें बनने वाले गैसीय मिश्रण में विषैली गैस का अंश विद्यमान रहता है, जो गन्धहीन तथा रंगहीन होने के कारण इसकी उपस्थिति का पता लगाना बहुत कठिन है।

भौतिक गुण (Physical properties)—सल्फर हेक्साफ्लोराइड गैस के भौतिक गुण निम्न तालिका 5.30 में दर्शाये गए हैं—

तालिका 5.30 : सल्फर हैक्साफ्लोराइड के भौतिक गुण
(The physcial properties of sulphur hexafluoride)

गुण (Property)	
सूत्र (Formula)	SF_6
आणविक भार (Molecular weight)	146.06
गलनांक बिन्दु (Melting point °C)	(−50.8 ± 0.5)
घनत्व ठोस (Density solid at −50°C)	2.51 gm/ml
घनत्व तरल (Density liquid at −35°C)	1.98 gm/ml
घनत्व तरल (Density liquid at −50°C)	1.329 gm/ml
घनत्व गैस (Density gas at 760 mm at 20°C)	6.164 gm/ml
क्रान्तिक तापमान (Critical temperature in °C)	45.6
क्रान्तिक दाब (Critical pressure in psi °C)	540
विशिष्ट ऊष्मा (Specific heat + at 25°C cp)	7.09 cal/ml/°C
ऊष्मीय चालकता (Thermal conductivity $\times 10^4$)	3.36 cal/sec/cm^2/°C/cm
श्यानता (Viscosity of gas at 25°C$\times 10^4$)	1.61 poise
सापेक्ष घनत्व (Relative density) (air = 1)	5.10
वाष्प दाब (Vapour pressure at °C)	140 psi

घनत्व (Density)—सल्फर हेक्साफ्लोराइड गैस एक सघन (dense) गैस है। इसका घनत्व 760 मिमी मरकरी दाब तथा 20°C तापमान पर 6.164 ग्राम प्रति लीटर है जो कि समान दशाओं की हवा से 5 गुना अधिक है।

श्यानता (Viscosity)—सल्फर हेक्साफ्लोराइड गैस की श्यानता वायु एवं नाइट्रोजन की श्यानता से कम होती है। कमरे के तापमान पर इनके तुलनात्मक मान निम्न प्रकार हैं—

गैस का नाम	श्यानता
नाइट्रोजन गैस	178×10^{-6}
वायु	172×10^{-6}
सल्फर हेक्सा फ्लोराइड	161×10^{-6}

Scanned by CamScanner

सल्फर हेक्साफ्लोराइड गैस के तीन सामान्य तापीय लक्षणों से यह ज्ञात होता है कि गैस में तापीय उतार-चढ़ाव के साथ इसकी निम्न श्यानता बहुत अधिक घनत्व से जुड़ी रहती है।

रासायनिक स्थिरता (Chemical stability)—सल्फर हेक्साफ्लोराइड रासायनिक रूप से एक स्थिर गैस है। किन्तु यदि इसकी रासायनिक स्थिरता को परावैद्युत गैस के दृष्टिकोण से मापा जाये तो इसकी स्थिरता नाइट्रोजन गैस की तुलना में कुछ कम है, ऐसा मुख्य रूप से सल्फर एवं फ्लुरीन (sulfur and flourine) के अणुओं की उपस्थिति के कारण होता है, यह दोनों तत्त्व संक्षारण का गुण (corrosivity) की गम्भीर समस्या उत्पन्न करते हैं। यह समस्या नाइट्रोजन गैस के प्रयोग से उत्पन्न नहीं होती है। सल्फर हेक्साफ्लोराइड गैस वायुमण्डलीय दाब पर कम से कम 100°C तापमान पर परीक्षण करने की दशा में इसकी रासायनिक स्थिरता तीव्रता से अस्थिर होने लगती है। इसलिए उच्च तापमान SF_6 गैस तीव्रता के साथ सिलिकेट ग्लास एवं कुछ विशेष प्रकार की धातुओं के साथ भी प्रतिक्रिया करने लगती है।

कुछ दशाओं के अन्तर्गत यह हाइड्रोजन के साथ भी प्रतिक्रिया करती है, फिर भी ऐसे वैद्युत उपकरणों में जहाँ ताँबा, स्टील एवं एल्यूमीनियम धातुओं का प्रयोग किया जाता है। SF_6 गैस निष्क्रिय गैस के समान ही कार्य करती है।

विषैलापन (Toxicity)—सल्फर हेक्साफ्लोराइड गैस नाइट्रोजन की तरह जीवन के लिए खतरा उत्पन्न नहीं करती यद्यपि यह साँस लेने में घुटन (Suffocation) की समस्या उत्पन्न करती है। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि यह हवा से भारी होती है। अत: जब कभी भी यह वैद्युत उपकरणों में दोष होने से रिसने लगती है तो अधिक घनत्व के कारण यह धरातल के समीप ही रहती है तथा हवा हल्की होने के कारण इस स्थान से ऊपर चली जाती है। अत: ऐसी स्थिति में उस स्थान पर ऑक्सीजन की कमी होने जाने के कारण मनुष्य एवं अन्य जीवों को साँस लेने में कठिनाई होती है। किन्तु कभी-कभी निर्माण विधि से दोष होने के कारण जब भी निम्न फ्लुरीनेटेड यौगिक अशुद्धियों के रूप में सल्फर हैक्सा फ्लोराइड गैस में उपस्थित रहती है तब इसमें विषैलापन उत्पन्न हो जाता है अथवा अति उच्च तापमान पर अथवा उपकरण में दोष के कारण विद्युत आर्क उत्पन्न होने पर इसके विघटित (decomposition) होने के कारण भी इसमें विषैलापन उत्पन्न हो जाता है।

परावैद्युत गुण (Dielectric Properties)—सल्फर हैक्सा फ्लोराइड गैस परावैद्युत गैस के रूप में सामान्य परावैद्युत सामर्थ्य रखती है किन्तु इसका परावैद्युत स्थिरांक गैस दाब में कमी आने के साथ कम हो जाती है अर्थात् 27°C पर मरकरी के 708 मिमी दाब से 131 मिमी दाब तक घट जाने पर इसका परावैद्युत स्थिरांक 1.00091 से घटकर 1.00034 रह जाता है। इसके शेष विशिष्ट गुण (characteristies) परावैद्युत गैस के रूप में वायु से अच्छे हैं।

टिप्पणी—विभिन्न गैसों के तुलनात्मक अध्ययन के लिए तालिका 5.31 देखें।

तालिका-5.31 : गैसीय विद्युतरोधी पदार्थों के गुणों एवं उपयोग का तुलनात्मक अध्ययन

(B.T.E. 2003)

गुण	वायु	नाइट्रोजन	कार्बनडाइ ऑक्साइड	हाइड्रोजन	सल्फर हैक्साफ्लोराइड FS_6
घनत्व (Density)	1	0.97	1.53	0.07	5.10
ऊष्मीय चालकता (Thermal Conductivity)	1	0.08	0.64	6.69	3.36
विद्युत सामर्थ्य (Electric Strength)	1	1.00	0.9	0.6	2
ऊष्मीय क्षमता (Thermal Capacity)	1	1.05	0.85	14.35	—

उपयोग	वायु	नाइट्रोजन	कार्बन-डाइ-ऑक्साइड	हाइड्रोजन	सल्फर हैक्साफ्लोराइड
	10 KVA क्षमता के ट्रांसफॉर्मर स्टार्टर व स्विच गेयर मे विद्युत रोधी एवं शीतलन माध्यम के रूप में।	1 MVA से 50 MVA क्षमता तक के ट्रांसफॉर्मर में विद्युत रोधी एवं शीतलन माध्यम के रूप में।	1 MVA से 50 MVA क्षमता तक के परिपथ वियोजकों मे विद्युत रोधी एवं शीतलन माध्यम से रूप में।	50 MVA से 500 MVA के क्षमता आल्टरनेटर्स में विद्युतरोधी एवं शीतलन माध्यम के रूप में।	50 MVA से 500 MVA तक के परिपथ वियोजकों में विद्युतरोधी एवं शीतलन माध्यम के रूप में।

अभ्यास-प्रश्न

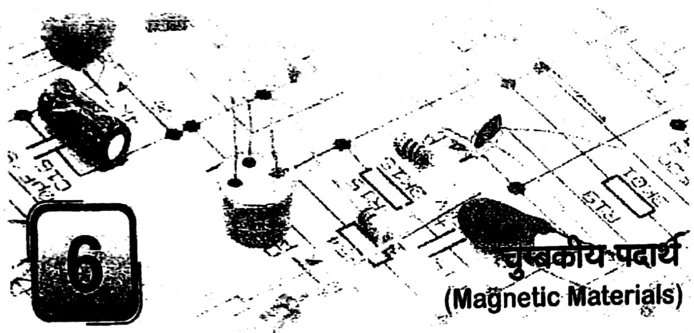
1. कृत्रिम रेजिन किस प्रकार बनते हैं? कम-से-कम दो रेजिनों के नाम बताइए और तर्क के साथ उसके अनुप्रयोग के क्षेत्र को भी बताइए।
2. प्लास्टिक की एक सरल परिभाषा दें।
3. प्लास्टिक के दो मुख्य वर्गों को बताइए और उसके अन्तर को स्पष्ट करें। दोनों के लिए उदाहरण भी दें।
4. प्लास्टिक में भरक (Filler) के उपयोग को बताइए।
5. प्लास्टिक के लिए ढलाई के आमिश्रों के मुख्य संघटकों को बताइए।
6. निम्नलिखित में से कौन तापदृढ़ तथा ताप सुनम्य पदार्थ है—
   (i) पॉलीविनाइल क्लोराइड (P.V.C.) (ii) बैकेलाइट
   (iii) अमीनो रेजिन (iv) सिलिकॉन
   (v) इपॉक्सी रेजिन (vi) पॉलीइथीलीन
7. निम्नलिखित पदार्थों के कुछ अनुप्रयोग को बताइए—
   (i) बैकेलाइट (ii) पी० वी० सी०
   (iii) पॉलीइथीलीन (iv) इपॉक्सी रेजिन
8. कम-से-कम पाँच प्राकृतिक विद्युतरोधी पदार्थों का नामांकन करें। उनके सबसे महत्त्वपूर्ण गुणों और अनुप्रयोगों को बताइए।
9. निम्नलिखित प्राकृतिक विद्युतरोधी पदार्थों के लिए तर्क के साथ कुछ अनुप्रयोगों के बताइए—
   (i) अभ्रक (mica) (ii) एस्बेस्टस
   (iii) सूती कपड़ा (cotton) (iv) रबड़
   (v) पोर्सलीन
10. निम्नलिखित के लिए आप कौन से विद्युतरोधी पदार्थों का चयन करेंगे? तर्क के साथ बताइए—
    (i) लचीला तार (ii) भट्ठी के लिए ऊष्मन एकक (heating elements)
    (iii) डी० सी० मशीनों के कम्यूटेटर (iv) वैद्युत इस्त्री (Electric iron)
    (v) फ्यूज वाहक (fuse holder) (vi) घरेलू उपयोग के लिए स्विच
    (vii) वितरण पटल (distribution board) (viii) केबिल जोड़ बक्स (Cable jointing box)
    (ix) उच्च वोल्टता केबिल (High voltage cable) (x) निम्न वोल्टता केबिल (Low voltage cable)
11. बताइए कि परतनें क्या हैं। कुछ ऐसे संजकों के नाम बताइए जिन्हें परतनों के साथ बंधक पदार्थ के रूप में प्रयोग किया जाता है।

Scanned by CamScanner

12. इनामलिन (enamelling) के अनुप्रयोगों को बताइए। कुछ इनामेलों तथा उनके गुणों को भी बताइए।
13. उपलब्ध होने वाली वार्निशों के विभिन्न वर्गों के नामांकन करें। इपॉकसी रेजिन क्या है? बताइए।
14. सामान्य प्रयोग में आने वाली परावैद्युत गैसों के नाम दें। सल्फर हैक्सा फ्लोराइड क्या है? विद्युतरोधी के रूप में परावैद्युत गैसों के अनुप्रयोग बताइए।
15. स्पष्ट करें कि वैद्युत मोटर कुण्डलनों (electrical motor windings) को क्यों संसेचित (impregnated) किया जाता है।
16. "अधिकतर वैद्युत मोटर आजकल वर्ग E का वैद्युतरोधन प्रयोग करते हैं" उक्त कथन में वर्ग के विद्युतरोधन का अर्थ क्या है? स्पष्ट करें कि मोटर के विनिर्धारण पर विद्युतरोधन के वर्ग का क्या प्रभाव होता है?
17. परिणामित्रों (Transformers) की कुण्डलन (windings) को तेल में क्यों सम्मज्जित किया जाता है?
18. स्पष्ट करें कि कुछ अनुप्रयोगों में एक विद्युतरोधी पदार्थ के रूप में नाइट्रोजन को क्यों प्रयोग किया जाता है?
19. परिणामित्र तेल के वांछनीय गुणों को बताइए। वे कौन-से कारक हैं। जो ट्रांसफॉर्मर तेल की कार्यकुशलता को प्रभावित करते है और इन्हें किस प्रकार नियन्त्रित किया जा सकता है?
20. एक विद्युतरोधी के लिए ताप चालकता क्यों वांछनीय है? स्पष्ट करें।
21. ठोस, द्रवीय तथा गैसीय विद्युतरोधकों के लिए प्रत्येक के कम-से-कम तीन अनुप्रयोगों के उदाहरण दीजिए।
22. अच्छे विद्युतरोधी द्रव की मुख्य आवश्यकता क्या है?
23. विद्युतरोधी तेल पर ऑक्सीकरण, नमी तथा तापमान के प्रभावों का वर्णन करें।
24. परिणामित्रों को तेल से बचाने के लिए कौन-सा पदार्थ प्रयोग किया जाता है? इसे संक्षेप में बताइए।
25. शक्ति वितरण व्यवस्था (Power distribution system) के निर्माण में सिरामिक (ceramics) के प्रयोग का उल्लेख करें।
26. पॉलीविनाइल क्लोराइड (P.V.C.) किस प्रकार बनता है? स्पष्ट करें कि किस प्रकार विभिन्न पदार्थों को मिलाने पर उसके गुणों में परिवर्तन होता है। P.V.C. के कुछ अनुप्रयोग भी लिखें।
27. ट्रांसफार्मर में प्रयोग होने वाले तेल का नाम बताइए। उन विद्युत घटकों को बताइए जो विद्युतरोधी तेल को प्रभावित करते हैं।
28. विभिन्न ताप-दृढ़ पदार्थ क्या-क्या हैं? इनके व्यापारिक नाम दीजिए। बैकेलाइट के गुणधर्म व अनुप्रयोगों की व्याख्या कीजिए। *(U.P. 1999)*
29. प्लास्टिक के वर्गीकरण पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए।
30. प्लास्टिक इंस्यूलेटिंग पदार्थ से आप क्या समझते हैं? इनके गुणों व अनुप्रयोगों की विवेचना कीजिए।
31. वैद्युत अभियान्त्रिकी में प्लास्टिक पदार्थों के उपयोग से एक्सट्रूशन एवं मोल्डिंग प्रक्रिया समझाइए।
32. ताप-दृढ़ पदार्थ पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।
33. प्लास्टिक पदार्थों के दो प्रमुख वर्गों के नाम बताइए और उनके कम से कम दो उपयोग बताइए।
34. थर्मोप्लास्टक एवं थर्मोप्लास्ट-प्लास्टिक में अन्तर स्पष्ट कीजिये। प्रत्येक के दो उदाहरण दीजिये। *(U.P. 2001)*
35. निम्नलिखित पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए—
   (i) प्लास्टिक विद्युतरोधी पदार्थ
   (ii) राल पदार्थ
   (iii) तापनम्य प्लास्टिक
   (iv) तापदृढ़ प्लास्टिक
   (v) प्लास्टिक तथा इसके उत्पाद
   (vi) पॉलिविनाइल क्लोराइड (P.V.C.)
   (vii) बैकेलाइट
   (viii) टैफलोन

36. थर्मोसेटिंग पदार्थों की परिभाषा दीजिये और उनका वर्गीकरण कीजिये। फीनाल फॉर्मेल्डिहाइड रेजिनों की विवेचना कीजिये और अनुप्रयोगों को दीजिये। *(U.P. 2011)*
37. विभिन्न प्रकार के रेजिनों का संक्षेप में प्रत्येक का अनुप्रयोग देते हुये विवेचना कीजिये। *(U.P. 2010)*
38. प्लास्टिकों का वर्गीकरण कीजिये। विद्युत-अभियन्त्रण के कारखानों में किन्हीं दो प्लास्टिकों के गुणों तथा उपयोगों की विवेचना कीजिये।
39. प्लास्टिक का वर्गीकरण कीजिये। प्लास्टिक के उपयोगों तथा गुणों की विवेचना कीजिये। *(U.P. 2009)*
40. थर्मोप्लास्टिक पदार्थ से आप क्या समझते हैं? पॉलीविनाइल क्लोराइड (P.V.C.) के गुणों व अनुप्रयोगों की विवेचना कीजिए। *(U.P. 2006)*
41. प्लास्टिक बनाने में कौन से मूल पदार्थ उपयोग किये जाते हैं? प्लास्टिक लेपित पेपर कैसे बनाया जाता है?
42. थर्मोसेटिंग पदार्थ से आप क्या समझते है? इसके गुणों और अनुप्रयोगों की विवेचना कीजिये। *(U.P. 1998)*
43. पॉलीविनायल क्लोराइड के विद्युतीय गुणों की विवेचना कीजिये तथा उसके उपयोग दीजिये।
44. निम्न पदार्थों के गुण व अनुप्रयोग लिखिये— *(U.P. 2015)*
   (i) इपोक्सी रेजिन
   (ii) SF_6
45. फैरीटीज क्या है? इसका वर्गीकरण कीजिये। इसके गुण-धर्म व अनुप्रयोगों को लिखिये। *(U.P. 2016)*
46. थर्मोसैटिंग एवं थर्मोप्लास्टिक पदार्थों के अर्थ की व्याख्या कीजिये। *(U.P. 2016)*
   (i) अमीनोरेजिन पदार्थों के गुण-धर्मों व अनुप्रयोगों की विवेचना कीजिये।
47. प्लास्टिक पदार्थों की (i) एक्ट्रूजन (Extrusion) एवं (ii) मोल्डिंग (Moulding) प्रक्रियाओं का वर्णन कीजिये। वैद्युत इंजीनियरिंग के क्षेत्र में इनके अनुप्रयोगों को बताइये। *(U.P. 2016)*
48. सिरेमिक पदार्थों की प्रकृति, गुणधर्मों व अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिए। *(UP 2016)*
49. तीन गैसीय विद्युतरोधी पदार्थों के नाम बताइये। हाइड्रोजन तथा SF_6 गैसीय विद्युतरोधी पदार्थों के गुण-धर्म व अनुप्रयोग लिखिये। *(U.P. 2016)*
50. निम्न पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिये—
   (i) माइका तथा इसके उत्पाद *(U.P. 1991, 98)*
   (ii) ऐस्बेस्टॉस तथा इसके उत्पाद *(U.P. 2002, 04)*
   (iii) बिटुमन *(U.P. 2005, 06)*
   (iv) वायु *(U.P. 1994, 97, 99)*
   (v) हाइड्रोजन गैस *(U.P. 1994, 98)*
   (vi) नाइट्रोजन गैस *(U.P. 2005, 09)*
   (vii) सल्फर हेक्साफ्लोराइड गैस *(U.P. 2011, 14)*

Scanned by CamScanner



6 चुम्बकीय पदार्थ (Magnetic Materials)

6.1. परिचय (Introduction)

वे पदार्थ जिनका चुम्बकन सम्भव है, चुम्बकीय पदार्थ कहलाते हैं। चुम्बकित पदार्थ होने पर ये पदार्थ अपने आस-पास एक चुम्बकीय क्षेत्र को बनाते हैं।

परमाणु सिद्धान्त के अनुसार सभी पदार्थ परमाणुओं से निर्मित होते है। हर परमाणु की एक नाभि (nucleus) होती है। जिसके चारों ओर कक्षाओं (orbits) में इलैक्ट्रॉन घूमते रहते है। पदार्थ के अनुसार, परमाणु के इलैक्ट्रॉन की संख्या भिन्न-भिन्न होती है। उदाहरण के लिए हाइड्रोजन के परमाणु में केवल एक इलैक्ट्रॉन होता है जबकि लोहे के परमाणु में 26 इलैक्ट्रॉन होते है। सभी इलैक्ट्रॉन एक ही कक्षा में नहीं घूमते हैं, बल्कि अलग-अलग कक्षाओं में घूमते है। चूँकि इलैक्ट्रॉनों का प्रवाह ही धारा कहलाता है अत: कक्षाओं में इलैक्ट्रानों के घूमने को भी एक परिसंचारी धारा (Circulating current) के समतुल्य माना जा सकता है। वैद्युत चुम्बकत्व के अध्ययन के समय हम पूर्व: यह पढ़ चुके हैं कि जब किसी कुण्डली में धारा प्रवाहित होती है तो वह चुम्बकीय वाहक बल (m.m.f.) को उत्पन्न करती है। अधिकतर पदार्थों में ये इलैक्ट्रॉनों के घूमने की दिशा ऐसी होती है कि वे एक-दूसरे के विपरीत चुम्बकीय वाहक बल उत्पन्न करके इस प्रकार निरस्त (cancel) कर देते हैं। पर चुम्बकीय पदार्थों जैसे लोहे व इस्पात आदि में कई उदासीन (un-neuralized) कक्षाएँ जो एक परिणामी चुम्बकीय वाहक बल उत्पन्न करके ऐसे चुम्बकीय ध्रुव बनाती है जिन्हें चुम्बकीय द्विध्रुव कहा जाता है। अचुम्बकीय पदार्थ में ये द्विध्रुव (dipoles) अनियमित दिशा में (randomly) बिखरे होते हैं। पर चुम्बकीय पदार्थ में ये द्विध्रुव स्वयं को उत्तेजक चुम्बकीय वाहक बल के समानान्तर कतार में स्थिर कर देते हैं।

पदार्थ का वह गुण जिसके कारण वह स्वयं को चुम्बकित होने की अनुमति प्रदान करता है, "चुम्बकशीलता" (Permeability) कहलाता है। अधिकतर पदार्थों के लिए जो चुम्बकीय पदार्थ कहलाते हैं, चुम्बकशीलता का मान स्थिर तथा रिक्त स्थान के लिए निर्धारित मान के समान होता है। रिक्त स्थान के लिए निर्धारित मान के समान होता है। रिक्त स्थान के लिए चुम्बकशीलता को μ_0 द्वारा व्यक्त किया जाता है और इसका मान $4\pi \times 10^{-7}$ होता है। वायु की चुम्बकशीलता भी लगभग इतनी ही है अर्थात् $4\pi \times 10^{-7}$ है।

वे पदार्थ जो चुम्बकित हो सकते हैं, "चुम्बकीय पदार्थ" कहलाते हैं। ऐसे पदार्थों के लिए चुम्बकशीलता μ को इस प्रकार व्यक्त किया जाता है—

$$\mu = \mu_0 \times \mu_r \quad \text{...(6.1)}$$

जबकि μ_r आपेक्षिक चुम्बकशीलता कहलाती है। μ_r का मान पदार्थ के अनुसार भिन्न-भिन्न होता है और जिसके अनुसार कि वह चम्बकित होने की क्षमता रखता है। यह मान उच्च होने पर 2500 तक हो सकता है।

विद्युत चुम्बकन के अध्ययन से हम जानते हैं कि रिक्त स्थान मे चुम्बकीय फ्लक्स घनत्व चुम्बकन की तीव्रता से सम्बन्धित होता है और इस प्रकार व्यक्त किया जाता है—

$$B = \mu_0 H$$

जबकि B की इकाई Wb/m^2 और H की ATM है। ...(6.2)

और $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$

यह देखा गया है कि जब इस तीव्रता को रिक्त स्थान को बजाय किसी ठोस पदार्थ पर प्रयुक्त किया जाता है तो व्यंजक से भिन्न एक चुम्बकीय फ्लक्स घनत्व प्राप्त होता है। इसका अर्थ है कि ठोस पदार्थ में, μ_0 से भिन्न कोई चुम्बकशीलता है जिसे हम μ कह सकते हैं। अत: एक ठोस पदार्थ में

$$B = \mu H \quad \text{...(6.3)}$$

जबकि $\mu \neq \mu_0$

व्यंजक 6.3 को हम इस प्रकार भी लिख सकते हैं—

$$\beta = \mu_0 (H + M)$$

$$= \mu H \quad \text{...(6.4)}$$

व्यंजक (6.4) में M ठोस पदार्थ का चुम्बकत्व है। अत: रिक्त स्थान मे चुम्बकीय फ्लक्स घनत्व $\mu_0 H$ के अलावा अतिरिक्त फ्लक्स घनत्व $\mu_0 M$ की उपस्थिति के लिए, ठोस पदार्थ ही किसी प्रकार जिम्मेदार है। एक अचुम्बकीय पदार्थ के लिए व्यंजक (6.4) ($B = \mu_0 H$) हो जायेगा। किसी पदार्थ में चुम्बकन M को हम, प्रयुक्त क्षेत्र की तीव्रता H समानान्तर के चुम्कीय द्विध्रुव के संरखन का परिणाम मान सकते है। इसका अर्थ है कि जितनी प्रयुक्त क्षेत्र के तीव्रता अधिक होगी उतनी ही प्रयुक्त क्षेत्र के समानान्तर संरेखित (align) होने वाले द्विध्रुवों की संख्या अधिक होगी। अत: चुम्बकन प्रयुक्त क्षेत्र के समानुपाती होता है। इस प्रकार

$$M \propto H \quad \text{...(6.5)}$$

अथवा $M = xH$ ...(6.6)

जबकि x अनुपाती स्थिरांक (proportionality constant) है और इसे अनुग्राहित (susceptibility) कहा जाता है।

व्यंजक (6.6) को (6.4) में स्थानान्तरित करने पर पायेंगे कि

$$B = \mu_0 (H + xH)$$

$$B = \mu_0 H (1 + x)$$

$$B = \mu_0 \mu_r H \quad \text{...(6.7)}$$

जबकि $\mu_r = 1 + x$ को माध्यम की आपेक्षिक विद्युतशीलता कहा जाता है। अचुम्बकीय पदार्थ के लिए $x = 0$ अर्थात् $\mu_r = 1$ होता है।

आपेक्षिक चुम्बकशीलता पदार्थ की प्रकृति तथा तापमान पर निर्भर होता है। जब आपेक्षिक चुम्बकशीलता धनात्मक होती है तो चुम्बकीय द्विध्रुव अपने को प्रयुक्त क्षेत्र तीव्रता की दिशा में स्थित कर देते हैं। जब आपेक्षिक चुम्बशीलता ऋणात्मक होती है, तब चुम्बकीय द्विध्रुव अपने को विपरीत दिशा में संरेखित कर लेते हैं और तब व्यंजक (6.4) में M का मान ऋण होगा, जिसका अर्थ यह है कि रिक्त स्थान की तुलना में ऐसे पदार्थ में क्षेत्र तीव्रता के प्रभाव घनत्व घट जायेगा।

Scanned by CamScanner

6.2. चुम्बकीय पदार्थों का वर्गीकरण (Classification of Magnetic materials)

उपरोक्त विचार-विमर्श से यह स्पष्ट होता है कि पदार्थों को दो प्रकार से, चुम्बकीया अथवा अचुम्बकीय वर्गों में वर्गीकृत किया जा सकता है। अचुम्बकीय पदार्थ वे हैं जो किसी बाह्य चुम्यकीय क्षेत्र (external magnetic field) से प्रभावित नहीं होते हैं। बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र में प्रभावित होने के आधार पर पदार्थों को विषम चुम्बकीय (dia-magnetic), पारा चुम्बकीय (para magnetic) तथा लौह चुम्बकीय (fero magnetic) पदार्थों के रूप में पुन: वर्गीकृत किया जाता है। विषम चुम्बकीय तथा पारा चुम्बकीय पदार्थ, अचुम्बकीय पदार्थों की श्रेणी में आते हैं। लौह-चुम्बकीय पदार्थों को चुम्बकीय पदार्थ के रूप में वर्गीकृत करते हैं। आने वाले अनुच्छेदों में हमारा अध्ययन अधिकतर लौह-चुम्बकीय पदार्थों तक ही सीमित रहेगा।

6.2.1. विषम-चुम्बकन (Dia-magnetism)

जैसा कि अनुच्छेद 6.1 में बताया जा चुका है कि कुछ ऐसे पदार्थ हैं जिनके परमाणुओं की विभिन्न कक्षाओं में विपरीत दिशाओं में घूर्णी इलैक्ट्रॉनों के कारण उत्पन्न विद्युत क्षेत्रों के प्रभाव पूर्ण रूप से निरस्त हो जाते हैं। स्थाई चुम्बकीय द्विध्रुव उनमें अनुपस्थित होते हैं। स्थाई का शब्द यहाँ इसलिए प्रयोग किया गया है क्योंकि जैसा कि पूर्वत: स्पष्ट किया जा चुका है, कुछ पदार्थों में बाह्य क्षेत्र की अनुपस्थिति में भी, द्विध्रुव विद्यमान होते है। ऐसे पदार्थ जो स्थाई चुम्बकीय द्विध्रुव से वंचित हैं उन्हें विषम चुम्बकीय (diamagnetic) पदार्थ कहा जाता है।

यदि एक बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र को विषम चुम्बकीय पदार्थ पर प्रयुक्त किया जाता है तो उसके द्वारा प्रयुक्त क्षेत्र तीव्रता की विपरीत दिशा में एक चुम्बकन M प्रेरित (induce) होता है। इसका अर्थ है कि विषम चुम्बकीय पदार्थ की आपेक्षिक चुम्बकशीलता μ_r ऋणात्मक होता है। इस कारण विद्युत अभियान्त्रिकी के अनुप्रयोगों में विषम चुम्बकन अमहत्त्वपूर्ण है और इसलिए इस पाठ्यक्रम के लिए इस पर और विचार-विमर्श आवश्यक नहीं माना गया है।

6.2.2. पारा-चुम्बकन (Para magnetism)

अनेक पदार्थों में निम्न परंन्तु धनात्मक आपेक्षिक चुम्बकशीलता होती है। इन पदार्थों को पारा चुम्बकीय कहा जाता है। इन पदार्थों में व्यक्तिगत परमाणुक द्विध्रुवों का अभिविन्यास अनियमित रूप में होता है, जैसा कि चित्र 6.1 में दिखाया गया है। इस प्रकार नगणनीय परिणामी चुम्बकीय क्षेत्र प्राप्त होता है। एक बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र के प्रयुक्त होने पर चुम्बकीय द्विध्रुव अपने को प्रयुक्त चुम्बकीय क्षेत्र के समानान्तर अभिविन्यासित (orient) कर लेते हैं। एक धनात्मक चुम्बकन M उत्पन्न करते है। [व्यंजक (6.4) का संदर्भ लें।] पर कुछ ऐसे कारणों से जिन्हें समझाना इस पाठ्यक्रम के विषय क्षेत्र से परे है, प्रयुक्त चुम्बकीय क्षेत्र के समानान्तर द्विध्रुवों का अभिविन्यासन (orientation) पूर्ण नहीं होता है। अत: पारा-चुम्बकीय पदार्थों का विद्युत अभियान्त्रिकी के क्षेत्र में नगणनीय अनुप्रयोग होता है।

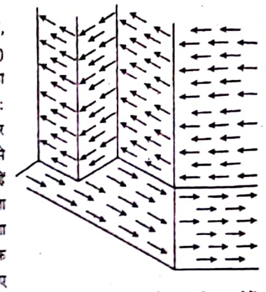
चित्र 6.1 : एक पारा-चुम्बकीय पदार्थ के परमाणुक द्विध्रुवों का अनियमिति अभिविन्यास

6.2.3. लौह-चुम्बकीय (Ferro magnetism)

लौह-चुम्बकीय पदार्थ प्राय: ठोस क्रिस्टलीय पदार्थ (solid crystalline materials) होते हैं। इनमें स्थाई परमाणु का द्विध्रुव एक दूसरे के समानान्तर संरेखित होता है। ऐसे समूहों के भीतर जिन्हें प्रक्षेत्र (domian) कहा जाता है। देखें चित्र 6.2 अत: हर प्रक्षेत्र हर समय पूर्णतय: चुम्बकित होता है। पर अचुम्बकीय अवस्था में ये विभिन्न प्रक्षेत्र सामूहिक रूप से पदार्थ में, शून्य चुम्बकन विद्यमान करते हैं। एक

पदार्थ को परिणामी चुम्बकन देने के लिए, पदार्थ के प्रक्षेत्रों का किसी एक दिशा में प्रभुत्व होना अनिवार्य है। एक क्षीण (कमजोर) बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र के प्रयुक्त करने पर उससे इतनी क्षमता नहीं होगी कि वे प्रक्षेत्रों के अनुव्यवस्थापन में ... फ्लक्स-घनत्व होता है, वह पूर्णतया प्रयुक्त बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र के

कारण ही होता है, को बढ़ाया जाता है तब एक ऐसी अवस्था आयेगी, हालांकि वह स्वयं क्षीण (कमजोर) ही होगी, जब प्रक्षेत्र (domain) अपने को इस प्रकार अनुष्यवस्थापन (orient) करने लगेंगे कि उनका परिणामी चुम्बकीय क्षेत्र से संपातित (coincide) होगा और पदार्थ स्वत: स्वावलंबी रूप से एक बलवान चुम्बकीय क्षेत्र को उत्पन्न करेगा। पर कुछ ऐसे प्रक्षेत्र भी होते हैं जिनका मूल अनुव्यस्थापन प्रयुक्त क्षेत्र से बहुत अधिक पंथातरित होता है और प्रयुक्त क्षेत्र की दिशा में इन्हें व्यवस्थापित करने के लिए काफी बलवान बाह्य क्षेत्र की आवश्यकता होती है। इसका अर्थ यह है कि वे प्रक्षेत्र जिनके चुम्बकन की मूल दिशा प्रयुक्त क्षेत्र से कम पथांतरित (divergent) होती है, तुलनात्मक एक क्षीण बाह्य क्षेत्र से संरेखित हो जाते है पर उन प्रक्षेत्रों (domain) के लिए जो प्रयुक्त क्षेत्र से अत्यधिक पथांतरित (divergent) है, उन्हें संरेखित (align) करने के लिए बाह्य क्षेत्र को और भी अधिक बलवान बनाकर, इस कार्य को किया जायेगा। इसके परिणामस्वरूप, आन्तरिक चुम्बकीय क्षेत्र का सामर्थ्यवान होना, प्रयुक्त चुम्बकीय क्षेत्र में वृद्धि के साथ कम होता जाता है और अंतत: एक चुम्बकीय संतृप्ति की अवस्था को प्राप्त करता हैं यह स्पष्टीकरण हमें लोह चुम्बकीय पदार्थों के चुम्बकन वक्र की ओर ले जाता है, जैसा कि चित्र 6.3 में दिखाया गया है।

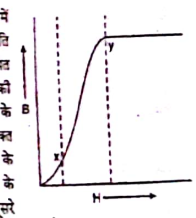


चित्र 6.2 : एक अचुम्बकित लौह चुम्बकीय पदार्थ में विभिन्न प्रक्षेत्र।

6.3. चुम्बकन वक्र (Magnetisation Curve)

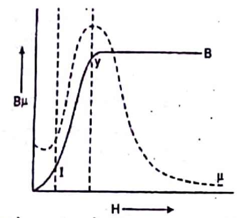
अति क्षीण प्रयुक्त बाह्य क्षेत्र H द्वारा फ्लक्स घनत्व B सीधे अनुपात में बढ़ती है। मूल बिन्दु से सीधी रेखा के रूप में। इसका अर्थ है कि चित्र 6.3 में, x बिन्दु तक के क्षेत्र में लौह चुम्बकीय पदार्थ के प्रक्षेत्र, प्रयुक्त क्षेत्र के समान्तर अनुव्यस्थापित नहीं होते हैं। अत: पदार्थ चुम्बकित नहीं होता है। फ्लक्स घनत्व पूर्णत: बाह्य क्षेत्र के कारण ही होता है। अत: चुम्बकशीलता $\mu = \frac{B}{H}$ अर्थात् $B-H$ वक्र की ढाल (slope) बिन्दु x तक स्थिरांक वह प्रारम्भिक चुम्बकशीलता कहलाती है।

यदि बाह्य क्षेत्र H को बिन्दु से x आगे बढ़ाया जाता है तो फ्लक्स घनत्व में काफी वृद्धि होती है। यह इस कारण है कि बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र हालांकि वह अभी अति निम्न है, फिर भी अधिक मात्रा में परिक्षेत्रों को अपने अक्ष के समान्तर अनुव्यवस्थापित करने के लिए काफी बलवान सिद्ध होता है। इसका अर्थ है कि बिन्दु Y तक पदार्थ की आपेक्षिक चुम्बकशीलता स्थिर नहीं रहती है और तेजी से बढ़ती जाती है। बिन्दु y के पहुचने पर बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र में वृद्धि मन्द हो जाती हैं यह इस कारण है कि प्रयुक्त क्षेत्र के समानान्तर प्रक्षेत्रों के अक्ष अनुव्यवस्थापित नहीं है बिन्दु Y तक, प्रयुक्त क्षेत्र के अक्ष में प्रक्षेत्रों के अक्ष बहुत अधिक पथांतरित है। और इन्हे प्रयुक्त क्षेत्र के अक्ष के समानान्तर अनुव्यवस्थापित करने के लिए अति तीव्र प्रयुक्त क्षेत्र आवश्यक होगी। दूसरे शब्दों में, हम कम सकते है। कि बिन्दु Y के पश्चात् पदार्थ की चुम्बकशीलता घटने लगती है। और B के संयुक्त रेखाचित्र को प्रयुक्त चुम्बकीय क्षेत्र H के सापेक्ष चित्र 6.4 में दिखाया गया है।



चित्र 6.3 : एक लौह चुम्बकीय पदार्थ के लिए चुम्बकन वक्र

Scanned by CamScanner

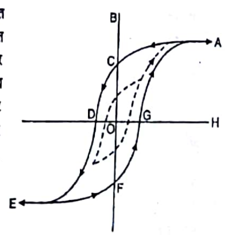


चित्र 6.4 : B और μ का संयुक्त रेखाचित्र, प्रयुक्त चुम्बकीय क्षेत्र H के सापेक्ष

जब चुम्बकन वक्र बिन्दु Y पर पहुँचता है तो पदार्थ की संतृप्ति आरम्भ हो जाती है। इसके पश्चात् B में वृद्धि मन्द हो जाती है और अन्त में H में बहुत अधिक वृद्धि करने पर भी B में जरा भी वृद्धि नहीं होती है और तब वक्र लगभग क्षैतिज हो जाता है। (बहुत ही हल्की उठान के साथ)।

6.4. हिस्ट्रिसिस (Hysterisis)

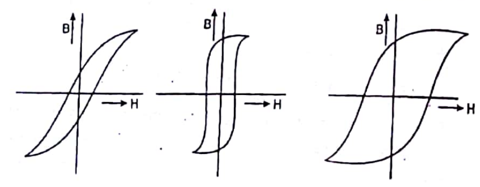
पिछले अनुच्छेद में हमने देखा कि लौह-चुम्बकीय पदार्थ पर प्रयुक्त बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र की वृद्धि करने पर, फ्लक्स घनत्व में वृद्धि होती है। संतृप्ति (Satration) के निकट B की वृद्धि लगभग समाप्त हो जाती है, यद्यपि H में और वृद्धि हो, तो भी। इस बिन्दु पर आइए हम चित्र 6.5 को देखें। यदि बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र को अब हल्के-हल्के घटाया जाता है तो हम पायेंगे कि मूल वक्र OA से हट कर एक वक्र बनता है। H के शून्य होने पर भी पदार्थ चुम्बकित रहता है और फ्लक्स घनत्व का एक मान OC होता है। इसे अवशेष फलक्स घनत्व (remnant flux density) अथवा अवशेष चुम्बकन (residual magnetism) कहते हैं।



चित्र 6.5 : एक लौह चुम्बकीय पदार्थ के लिए हिस्ट्रिसिस वक्र।

अब पदार्थ को पूर्ण रूप से अचुम्बकीत करने के लिए बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र को विपरीत दिशा में प्रयुक्त करना होगा और जब यह विपरीत दिशा में OD पर पहुंचेगी, तब B का शून्य मान प्राप्त होगा। प्रयुक्त चुम्बकीय क्षेत्र का विपरीत दिशा में यह मान (जो यहां पर OD के बराबर है) जिसके द्वारा शून्य होता है, निग्रह बल (coercive force) कहलाता है। H को विपरीत दिशा में और बढ़ाने पर विपरीत दिशा में B का मान बढ़ेगा और बढ़ते-बढ़ते पुन: E पर एक संतृप्ति अवस्था होगी। विपरीत दिशा में चुम्बकोय संतृप्ति को OF द्वारा दिखाया गया है और इसे उदासीन (neutralize) करने के लिए, H को मूल धनात्मक दिशा में एक मान OG तक बढ़ाना होगा, धनात्मक दिशा में H की और अधिक वृद्धि से इस दिशा में पदार्थ और अधिक चुम्बकित होगा और पुन: बिन्दु A पर संतृप्ति की अवस्था होगी।

उपरोक्त प्रयोग जिसके परिणामों को चित्र 6.5 में प्रस्तुत किया गया है। यह दिखाता है कि B सदा H के पश्चगामी (lag) होता है। H के पीछे B के रहने का यह लक्षण लौह चुम्बकीय पदार्थों के चुम्बकीय आचरण का एक लाक्षणिक गुण है। उपरोक्त विवरण से यह भी पता चलता है कि जब पदार्थ चुम्बकन के एक पूर्ण चक्र को पूरा करता है अर्थात् जब H धनात्मक अधिकतम मान पर शून्य से होकर धनात्मक अधिकतम मान तक पहुंचकर पुन: शून्य से होकर धनात्मक अधिकतम मान तक पहुंचता है तो B तथा H रेखांचित्र किए वक्र $ACDEFGA$ बनाता है। (देखें चित्र 6.5) इसे हिस्ट्रिसिस वक्र कहते हैं।



(क) (ख) (ग)

चित्र 6.6 : एक लौह चुम्बकीय पदार्थ के लिए हिस्ट्रिसिस वक्र।

जब पदार्थ को चुम्बकन के चक्रीय परिवर्तन में क्रियांवित किया जाता है तो हम पाते हैं कि पूरे एक आवर्तन के दौरान प्रक्षेत्र अपने व्यवस्थापन की दिशा को प्रयुक्त चुम्बकन बल की दिशा के परिवर्तन के अनुसार ही परिवर्तित करते हैं।

दिशा के परिवर्तन के इस कार्य में ऊर्जा (energy) का व्यय होता है जो पदार्थ में ऊष्मा के रूप में उत्पन्न होकर व्यक्त होता है। पदार्थ के चुम्बकन के एक पूर्ण आवर्तन के लिए जो ऊर्जा आवश्यक होती है वह हिस्ट्रिसिस वक्र द्वारा बनाए हुए क्षेत्रफल के समानुपाती होती है। यदि H को शून्य पर वापिस ले आया जाता है और संतृप्ति से कम मान पर चक्र को दोबारा बनाया जाता है, तो भी छोटे क्षेत्रफल वाला, लेकिन पूर्ववत आकार जैसा ही एक हिस्ट्रिसिस वक्र प्राप्त होता है। (देखें चित्र 6.5)

चित्र 6.6 में तीन ऐसे हिस्ट्रिसिस वक्रों को दिखाया गया है जो अति महत्वपूर्ण चुम्बकीय पदार्थों के संदर्श है।

जब किसी लौह चुम्बकीय पदार्थ को बार-बार ही चुम्बकन आवर्तन के लिए प्रयोग करना है जैसे कि प्रत्यवर्ती धारा से जुड़ी एक कुण्डली के साथ जो एक लौह पर विस्थापित है तो हिस्ट्रिसिस के कारण जो हानि होगी वह प्रदाय की आवृत्ति के समानुपाती होगी। किसी पदार्थ के लिए हिस्ट्रिसिस हानि को प्राय: वाट प्रति किलोग्राम में व्यक्त किया जाता है।

प्रत्यवर्ती चुम्बकीय क्षेत्रों के लिए प्रयोग होने वाले लौह क्रोडों जैसे परिणामित्रो और घूर्णी विद्युत मशीनों के लिए, लौह क्रोडों को ऐसे पदार्थों से बनाया जाता है जिनके हिस्ट्रिसिस वक्र पतले है, ताकि हिस्ट्रिसिस हानियाँ कम हों।

हिन्ट्रिसिस हानि, फ्लक्स घनत्व तथा फ्लक्स के परिवर्तन की आवृत्ति पर निर्भर होती है और इन्हें इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है—

$$\text{हिस्ट्रिसिस हानि वाट} = KB_C{}^{1.6} F.V_C \text{ वाट (watt)}$$

जबके K एक ऐसा स्थिरांक है जो क्रोड पदार्थ पर निर्भर करता है, B_m अधिकतम फ्लक्स घनत्व है जिसमें क्रोड को स्थित किया जाता है, F फलक्स परिवर्तन की आवृत्ति है, और V_c क्रोड पदार्थ का आयतन, m^3 में है। हिस्ट्रिसिस हानि निम्न फ्लक्स घनत्वों जैसे $0.1\ wb/m^2$ पर B के सीधे समानुपाती होती है। 0.1 से $1.0 wb/m^2$ के परिसर (range) में ये $B^{1.6}$ के समानुपाती होती है $1.0\ wb/m^2$ से अधिक के लिए हिस्ट्रिसिस हानि B^2 या B की ओर उच्च कोटि के समानुपाती होती है।

6.5. भँवर धाराएँ (Eddy Currents)

प्रत्यावर्ती चुम्बकीय क्षेत्रों में स्थित चुम्बकीय पदार्थों में भँवर धाराएं प्रेरित होती हैं। यह इसलिए है कि पदार्थ जब फ्लक्स ग्रंथन के परिवर्तन की दर से प्रभावित होता है तो फैराडे के विद्युत-चुम्बकीय प्रेरण के नियम के अनुसार पदार्थ में विद्युत वाहक बल (e.m.f.) प्रेरित होता है जो ऐसी धाराओं को जन्म देता है जिन्हें भंवर धाराएँ कहते है। वे धाराएँ ऊर्जा की हानि का

Scanned by CamScanner

कारण होती है। I^2R हानि के रूप में जबकि I भंवर धारा का मान है और R भँवर धारा के पथ का प्रतिरोध है जो उसके प्रति पदार्थ द्वारा प्रस्तुत होता है। यह पदार्थ में ऊष्मन के रूप में परिणामी होती है।

भँवर धारा हानि आवृत्ति के वर्ग तथा पदार्थ की मोटाई के समानुपाती अथवा पदार्थ की प्रतिरोधकता के विलोमानुपाती होती है। इसीलिए, प्रत्यावर्ती चुम्बकीय क्षेत्र के साथ प्रयोग होने वाली चुम्बकीय क्रोड ठोस के बजाय इस्पात की पतली चादरों से जिन्हें परतन (liminations) कहते हैं, बनती है। इन्हें पतली विद्युतरोधी परत द्वारा एक-दूसरे से पृथक् रखा जाता हैं। यह विद्युतरोधी परत विद्युतरोधी वार्निश का लेपन कागज की चादर या कभी-कभी ऑक्साइड की एक परत के रूप में हो सकती है। सिलिकॉन इस्पात के लिए दक्षतापूर्ण यह विद्युतरोधन (efficient insulation) रासायनिक रूप से सतह पर लगाई गई फास्फेट की एक परत के रूप में हो सकती हैं। चादरों से पंच कर के प्राप्त इन परतनों की अनीलन (annealing) क्रिया के समय, जो उच्च तापमान होता है, उसे ये फास्फेट फिल्म, विश्वसनीय रूप से सहन कर लेती है। परतनों को इस प्रकार बनाने से भँवर धाराओं के पथ का प्रतिरोध बढ़ जाता है और उनका परिणाम (magnitude) घट जाता है। तदुपरांत भँवर धारा हानि घट जाती है। हिस्ट्रिसिस हानि की भाँति, भँवर धारा हानि भी फ्लक्स घनत्व के परिमाण से प्रभावित होता है। भंवर धारा हानियां फ्लक्स घनत्व के वर्गमान के समानुपाती होती है। इसके लिए व्यंजक को इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है—

$$\text{भंवर धारा हानि} = KB_m{}^2 F^2 t^2 . V_C \text{ वाट (watt)}$$

जबकि K एक स्थिरांक है जो क्रोड पदार्थ पर निर्भर करता है और t क्रोड परतों की मोटाई है। H प्रत्यवर्ती फ्लक्स प्रंथन की आवृत्ति है और V_c क्रोड का आयतन है।

6.6. क्यूरी बिंदु (Curie Point)

एक क्रांतिक तापमान होता है जिसे क्यूरी बिंदु कहते हैं जिससे अधिक तापमान पर लौह-चुम्बकीय पदार्थ अपने चुम्बकीय गुणों को खो बैठता है।

क्यूरी बिंदु से अधिक तापमान पर, प्रक्षेत्र की संरचना में बाधा से टूटन (disruption) हो जाती है और वे अपने संरेखन से परे हो जाते हैं और लौह चुम्बकीय गुणों को खो बैठता है। यह तापमान चुम्बकीय पदार्थों में लाक्षणिक (characteristic) है और हर पदार्थ के अनुसार इसका मान अलग-अलग होता है।

6.7. चुम्बकीय विरूपण (Magnetostriction)

यह सिद्ध किया जा चुका है कि जब लौह पदार्थ चुम्बकित होते हैं तो उनके आमान (dimension) में थोड़ा सा परिवर्तन होता है। पदार्थ के क्रिस्टल में एक ओर थोड़ा सा आसार (extension) होता है जो उसके अनुप्रस्थ काट में कमी के कारण होता है। यदि एक तेजी से बदलने वाली प्रत्यवर्ती चुम्बकीय क्षेत्र से पदार्थ को प्रभावित किया जाए तो पदार्थ में तेजी के साथ तथा सतत (continuous) प्रसार (extension) तथा संकुचन की क्रियाएँ होंगी। इसे चुम्बकीय विरूपण कहते है। ये परिणामित्रों तथा चोक में गुंजन का एक मुख्य कारण होती है।

6.8. मृदु तथा कठोर चुम्बकीय पदार्थ (Soft and Hard Magnetic Materials)

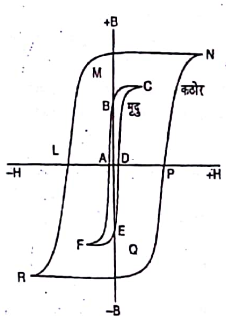
सभी लौह-चुम्बकीय पदार्थों को दो व्यापक समूहों में बाँटा जा सकता है—(क) मृदु चुम्बकीय पदार्थ तथा (ख) कठोर चुम्बकीय पदार्थ।

वे पदार्थ जो तेजी से उठने वाली तथा छोटी और पतले चुम्बकन वक्र को व्यक्त करते हैं और तदनुसार चक्रीय चुम्बकन के दौरान कम हानियों को उत्पन्न करते हैं, मृदु चुम्बकीय पदार्थ कहलाते है। अत: इनका प्रयोग प्रत्यावर्ती चुम्बकीय क्षेत्रों के लिए क्रोड बनाने में होता है। साधारणतया प्राप्त मृदु चुम्बकीय पदार्थ है। मृदु लोहा, सिलिकॉन इस्पात, निकिल-लौह मिश्र धातु तथा मृदु फैराइट। चित्र 6.7 में एक लाक्षणिक पतली हिस्ट्रिसिस वक्र को मृदु चुम्बकीय पदार्थों के लिए दिखाया गया है और इसे $ACDEFA$ द्वारा अंकित किया गया है।

वे चुम्बकीय पदार्थ जिनके चुम्बकन वक्र हल्के-हल्के उठने वाले होते हैं और जिनके हिस्ट्रिसिस वक्र का क्षेत्रफल (area) बड़ा होता है तथा तदनुसार प्रत्येक चुम्बकन वक्र में ऊर्जा हानियाँ अधिक होती हैं, वे कठोर चुम्बकीय पदार्थ कहलाते हैं। अत: इन पदार्थों का प्रयोग स्थाई चुम्बक बनाने के लिए किया जाता हैं कार्बन इस्पात, टंगस्टन इस्पात, कोबाल्ट इस्पात, अलनीको, कठोर फैराइट, इन कठोर चुम्बकीय पदार्थों के उदाहरण हैं। चित्र 6.7 में $LMNPQRL$ द्वारा अंकित कठोर चुम्बकीय पदार्थों के लिए एक लाक्षणिक चौड़े हिस्ट्रिसिस वक्र को दिखाया गया है।

6.8.1. मृदु चुम्बकीय पदार्थ (Soft magnetic materials)

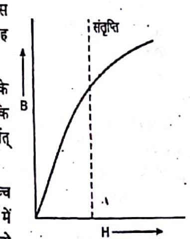
मृदु चुम्बकीय पदार्थों का प्रयोग वैद्युत मशीनों, परिणामित्रों, वैद्युत चुम्बक, रिएक्टर रिले इत्यादि की क्रोड (cores) के निर्माण में होता है। इन उपकरणों की किफायती संरचना के लिए यह आवश्यक है कि चुम्बकीय फ्लक्स कम से कम स्थान में और न्यूनतम हानि के साथ प्राप्त हो। हम जानते हैं कि फ्लक्स = फ्लक्स घनत्व × अनुप्रस्थ काट क्षेत्र (flux = flux density × cross-sectional area) अर्थात् $\phi = B \times A$ तथा किसी फ्लक्स का मान प्राप्त करने के लिए और साथ ही फ्लक्स के पथ का अनुप्रस्थ काट क्षेत्र न्यूनतम रखने के लिए हमें फ्लक्स घनत्व के उच्च मान को लेना होगा। कम अनुप्रस्थ काट क्षेत्र का अर्थ है पदार्थ की कम मात्रा। पर उच्च फ्लक्स घनत्व का अर्थ हैं तदनुसार उच्च भँवर हानि तथा उच्च हिस्ट्रिसिस हानि। देखें अनुच्छेद 6.5 और फिर यह भी आवश्यक है कि संतृप्ति से ऊपर के फ्लक्स घनत्व को भी नहीं लिया जाना चाहिए इसलिए कि यह चुम्बकन धारा को उच्च कर देगा। देखें चित्र 6.8 $B-H$ वक्र में फ्लक्स का संतृप्ति मान वह मान है जहाँ पर वक्र में झुकाव आरम्भ होता है और वह क्षैतिज होने की चेष्टा करता है।



चित्र 6.7 : कठोर तथा मृदु चुम्बकीय पदार्थों के लिए लाक्षणिक हिस्ट्रिसिस वक्र।

चुम्बकन धारा और लौह हानियों को कम रखने के उद्देश्य से निम्न फ्लक्स घनत्व के प्रयोग का अर्थ होगा— चुम्बकीय पथ के अनुप्रस्थ काट क्षेत्र में वृद्धि और लौह की अधिक मात्रा।

उपरोक्त विचार-विमर्श के आधार पर वास्तविक व्यवहार में किसी अनुप्रयोग के लिए फ्लक्स घनत्व का चयन करते समय एक समझौता इस प्रकार कर लिया जाता है कि उपयोग किए चुम्बकीय पदार्थ की मात्रा अर्थात् पूँजीगत लागत तथा लौह हानियाँ अर्थात् क्रियान्वयन लागत (runing cost) यथासम्भव न्यूनतम हो सकें।



चित्र 6.8 : एक मृदु चुम्बकीय पदार्थ के लिए चुम्बकन धारा तथ

विद्युत मशीनों और परिणामित्रों की क्रोड के लिए चुम्बकीय पदार्थ में उच्च संतृप्ति मान तथा उच्च चुम्बकशीलता होनी चाहिए ताकि चुम्बकन धारा को उचित मान में सीमाबद्ध किया जा सके। जब क्रोड को प्रत्यावर्ती चुम्बकीय क्षेत्र के लिए प्रयोग होना हो तो क्रोड ऐसे पदार्थ का होना चाहिए जो निम्न लौह हानियों अर्थात् निम्न हिस्ट्रिसिट तथा

Scanned by CamScanner

भँवर धारा हानि को उत्पन्न करें। अन्त में हम कह सकते हैं कि विद्युत मशीनों और परिणामित्रों के प्रयोग के लिए चुम्बकीय पदार्थों के लिए निम्नलिखित गुण वांछनीय होते हैं—

(i) हिस्ट्रिसिस वक्र (loop) का निम्न क्षेत्रफल,

(ii) उच्च चुम्बकशीलता,

(iii) फ्लक्स घनत्व की संतृप्ति का उच्च मान।

साथ ही भँवर धारा हानियों को कम रखने के लिए, विद्युत मशीनें तथा परिणामित्रों की क्रोड को परतनों (laminations) द्वारा निर्मित होना चाहिए।

6.8.1.1. शुद्ध लोहा (Pure Iron)

शुद्ध लोहा का पारिभाषिक अर्थ है कि एक लौह पदार्थ जिसमें कार्बन की अति निम्न मात्रा होती है। इनके उदाहरण हैं—अल्प कार्बन इस्पात (low carbon steel) तथा अपघटित लोहा (electrolytic iron)। अल्प कार्बन इस्पात में कार्बन की मात्रा 0.1 प्रतिशत से भी कम होती है। उपर्युक्त उत्पादन विधियों द्वारा इसमें उच्च चुम्बकशीलता तथा निम्न निग्रह बल (low coercive force) को प्राप्त किया जा सकता है। शुद्ध लोहे की प्रतिरोधकता अति निम्न होती है जिसके कारण प्रत्यावर्ती चुम्बकीय क्षेत्रों में कार्यान्वित (operate) किये जाने पर वह उच्च फ्लक्स घनत्व के साथ अधिक भँवर धारा हानि उत्पन्न करता है। इस कारण इसका अनुप्रयोग, केवल एक समान फ्लक्स के क्षेत्र अथवा दिष्ट धारा क्षेत्र या कमजोर प्रत्यावर्ती धारा के क्षेत्र तक ही सीमित हो जाता है।

तकनीकी तौर पर शुद्ध लोहे को वैद्युत चुम्बक तथा रिले की क्रोड के चुम्बकीय पदार्थ के रूप में, अनेक विद्युतीय उपकरणों और माप यंत्रों में प्रयोग किया जाता है। शुद्ध लोहा घूर्णी वैद्युत मशीनों में प्रयोग नहीं होता है कि जहाँ खाँचेदार रोटर के घूर्णी होने पर, प्रतिष्टम्भ में तथा तदानुसार फ्लक्स में अन्तर हो जाता है।

6.8.1.2. लौह सिलिकॉन धातुमिश्र (Iron-Silicon alloys)

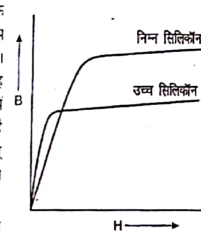
पिछले अनुच्छेद में ये स्पष्ट किया जा चुका है कि भंवर धाराओं की अति के कारण शुद्ध लोहे के अनुप्रयोग की संभावना सीमित है। लोहे में कुछ दूसरे पदार्थों के अंश मिला देने पर उत्तम चुम्बकीय गुण प्राप्त होते है। सिलिकॅन धातुमिश्रण के लिए प्रयोग होने वाला ऐसा एक पदार्थ है जिस लोहे में, भार में 0.5 से 5 प्रतिशत तक मिश्रित किया जाता है। लौह सिलिकॉन धातुमिश्रण का जिसे सिलिकॉन इस्पात कहते हैं, शक्तिशाली प्रत्यावर्ती चुम्बकीय क्षेत्रों के लिए परिणामित्रों वैद्युत घूर्णी मशीनों रिएक्टरों वैद्युत चुम्बकों तथा रिले आदि में व्यापक रूप में प्रयोग होता है। सिलिकॉन लोहे की वैद्युत प्रतिराधेक्ता को काफी बढ़ा देता है और इस प्रकार भँवर धाराओं से लौह हानि को कम कर देता है। वह निम्न तथा मध्यम फ्लक्स घनत्वों पर तो चुम्बकशीलता को बढ़ा देता है, पर उच्च फ्लक्स घनत्वों पर उसे घटा देता है। सिलिकॉन के मिश्रण से लौह में हिस्ट्रिसिस हानि घटती है। चुम्बकीय विरूपण का प्रभाव भी घटता है।

सिलिकॉन का मिश्रण लोहे में चम्बकीय गुणों में वृद्धि के अलावा इस्पात वनिर्माणन प्रक्रम को भी सुविधा प्रदान करता है। अति निम्न कार्बन के इस्पात से सिलिकॉन के योग द्वारा धातु मिश्रण से, तनन सामर्थ्य में वृद्धि होती है, पर तन्यता (ductility) घट जाती है और इस्पात भँगुर हो जाता है। इससे सिलिकॉन इस्पात में पंच करना तथा कर्तन (shearing) करना कठिन हो जाता है। 5% से अधिक सिलिकॉन वाला इस्पात अति कठोर व भँगुर (brittle) होने के कारण सरल रूप से कार्य-उपयोगी नही रहता है।

यह स्पष्ट किया जा चुका है कि जहाँ कही भी परिवर्ती चुम्बकीय क्षेत्रों में लौह क्रोडों को कार्यान्वित करना होता है, वहाँ भँवर धारा हानियों को यथासम्भव कम रखने के लिए, चुम्बकीय पदार्थ को परतनों के रूपों में बनाया जाता है। इस आवयकता की पूर्ति के उद्देश्य से लौह सिलकॉन धातुमिश्रण को पतली चादरों के रूप में उत्पादित किया जाता है, जिन्हें वैद्युत शीट इस्पात कहते हैं। शीट इस्पात की भँगुरता की जाँच की एक सरल विधि इस प्रकार है कि इस्पात की एक पत्ती को एक पकड़ में रखकर 180° पर दोनों दिशाओं में मोड़ा जाता है। ऐसा अनेक बार किया जाता है कि जब तक वह टूट न जाये। उद्योग (industry) में, ऐसी तालिकाएँ उपलब्ध हैं। जिनके द्वारा यह पता चलता है कि विभिन्न मोटाई के इस्पात के लिए, टूटने से पूर्व कितनी बार इस प्रकार मोड़ना सम्भव होता है। इस्पात में सिलिकॉन मिश्रण एक महत्त्वपूर्ण विकास था। पूर्वत:, जब इस्पात को

चादर के रूप में क्रोड पदार्थ में प्रयोग किया जाता था तो धीरे-धीरे पदार्थ बार-बार गर्म और ठण्डा होने के कारण, खराब हो जता था। तो खराबी अधिक होने पर हिस्ट्रिसिस हानि भी बढ़ जाती थी। तब यह आवश्यक होता था कि कुछ अवधि पर क्रोड को निकाल कर पुन: अनीलन (reanneal) किया जाये। सिलिकॉन शीट इस्पात के विकास से क्रोड पदार्थ की इस कठिनाई पर पूर्णत: नियन्त्रण पर लिया गया है।

इस अनुच्छेद में पूर्वत: यह बताया जा चुका है कि सिलिकॉन के योग से निम्न मध्यम फ्लक्स घनत्वों पर चुन्बकशीलता में वृद्धि होती है। इसका अर्थ है कि उच्च सिलिकॉन वाले इस्पात में उच्च चुम्बकशीलता के साथ निम्न संतृप्ति तुलनात्मक रूप से होती है। 4% सिलिकॉन की मात्रा वाले उच्च सिलिकॉन शीट इस्पात को मुख्यत: उन शक्ति परिणामित्रों के चुम्बकीय परिपथ में प्रयोग किया जाता है जो लगभग 1 Wb/m^2 के फ्लक्स घनत्व के कार्यकारी मान पर कार्य करते है। पर घूर्णी वैद्युत मशीनों की क्रोड चूँकि खाँचों और वृत्तों के रूप में बनी होती है, जिनका अनुप्रस्थ काट का क्षेत्र बहुत कम होता है। तो वहाँ दाँतों में फ्लक्स घनत्व बहुत अधिक होती है, लगभग Wb/m^2 के आस-पास। चित्र 6.9 से स्पष्ट है कि उच्च सिलिकॉन वाले इस्पात में उच्च फ्लक्स घनत्व प्राप्त करने के लिए जो चुम्बक धारा होगी उसका माना काफी उच्च होगा। साथ ही सिलिकॉन इस्पात में पंचन द्वारा खाँचे बनाना भी कठिन होता है क्योंकि वह अधिक कठोर और भँगुर होता है। इन कारणों से, निम्न सिलिकॉन इस्पात जिसमें सिलिकॉन की मात्रा लगभग 2 होती है और जिसका संतृप्ति मान उच्चतर होता है को वैद्युत घूर्णी मशीनों के लिए प्रयोग किया जाता है। तुलनात्मक अध्ययन के लिए उच्च तथा निम्न सिलिकॉन वाले इस्पात के चुम्बकन वक्रों को चित्र 6.9 में दिखाया गया है।



चित्र 6.9 : उच्च व निम्न सिलिकॉन इस्पात के लिए चुम्बक वक्र

सर्वाधिक प्रचलित वैद्युत शीट इस्पात (अर्थात् वह इस्पात जो वैद्युत उपकरणों को क्रोड के निर्माण में प्रयोग किया जाता है) की अधिकतर सामान्य मोटाई का परिसर (range of thickness) 0.35 मिमी और 0.5 mm के बीच होता है। 0.01 mm तक की और अधिक पतली परतनों को उच्च आवृत्ति के उपकरणों में प्रयोग किया जाता है।

6.8.1.3. रेणु दिष्ट शीट इस्पात (Grain oriented sheet)

यह पहले ही कहा जा चुका है कि लौह-चुम्बकीय पदार्थ की क्रिस्टल सरचना होती है जिसका अर्थ है कि वे क्रिस्टलों से बने होते हैं। लौह-चुम्बकीय पदार्थ के प्रत्येक क्रिस्टल की एक निश्चित दिशा होती है जिसकी ओर वह उच्च चुम्बकशीलता व्यक्त करता है और अधिकतम आसानी के साथ चुम्बकित होता है। वे अक्ष जिनके साथ क्रिस्टल उच्च चुम्बकशीलता रखते हैं, और सरलतम रूप से चुम्बकित होते हैं, उन्हें वरीयता वाली या सरल या मृदु दिशा कहा जाता है। इस दिशा के अतिरिक्त अन्य अक्षों में क्रिस्टल की चुम्बकशीलता निम्न होती है और उसका चुम्बकन कठिनाई से होता है। वे अक्ष जिससे क्रिस्टल निम्न चुम्बकशीलता रखता है, कठोर दिशाएँ कहलाती है।

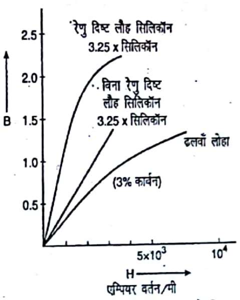
उपरोक्त विचार-विमर्श से यह विदित होता हे कि सरल चुम्बकन के लिए वैद्युत शीट इस्पात के किस्टलों की दिशा को इस प्रकार अभिविन्यासित (orient) होना चाहिए कि उनके अक्ष उस दिशा के समानान्तर हो जिसमें बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र को

चित्र 6.10 : बिना रेणु दिष्ट किया शीट इस्पात।

चित्र 6.11 : रेणु दिष्ट शीट इस्पात।

Scanned by CamScanner

प्रयुक्त किया गया है। व्यावहारिक रूप से, इस उद्देश्य को, सिलिकॉन शीट लोहे की रोलिंग तथा अनीलिंग के दौरान ध्यानपूर्वक नियन्त्रण द्वारा प्राप्त किया जा सकता है। तब मिल में इस्पात की रोलिंग की दिशा सरल चुम्बकन की दिशाओं के अनुकुल होती है जो चित्र 6.11 में दिखाई गई है। वह शीट इस्पात जिसे रोल इस प्रकार किया गया है कि उसके सभी क्रिस्टलों को सरल दिशा में बना दिया गया हो, उसे गठित (textured) अथवा 'रेणुदिष्ट' (grain oriented) इस्पात कहा जाता है। चित्र 6.10 में बिना वरीयता वाले रेणु (unfavourably oriented) को दिखाया गया है। चित्र 6.11 में ऐसे शीट इस्पत को दिखाया गया है जिसके रेगु (grains) रोलिंग की दिशा में अनुस्थापित है। चित्र 6.11 में दिखाये गये रेगुदिष्ट शीट इस्पात को चुम्बकित करना सरल है, उस इस्पात की तुलना में जिसके कणों की दिशा अव्यवस्थित है या रेणुदिष्ट नहीं है जैसी कि चित्र 6.10 में दिखाई गई है। अव्यवस्थित शीट को चुम्बकित करने के लिए अधिक उच्च चुम्बकीय क्षेत्र की आवश्यकता होती हैं।



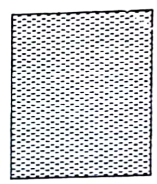
चित्र 6.12 : रेणु दिष्ट सिलिकॉन इस्पात के लिए प्राप्त उच्च चुम्बकशीलता तथा संतृप्ति मान अरेणुदिष्ट सिलिकॉन इस्पात तथा साधारण ढलवां लोहे तो तुलना में।

चित्र 6.12. द्वारा साधारण ढलवाँ लोहे की तुलना में अरेणु दिष्ट सिलिकॉन इस्पात के लिए उच्चतर चुम्बकशीलता और उच्चतर संतृप्ति के लाभ की प्राप्ति तो विदित ही है, साथ ही रेणुदिष्ट सिलिकॉन इस्पात के लिए और भी उच्चतर व अधिक लाभ की प्राप्ति विदित होती है, जो अरेणुदिष्ट सिलिकॉन इस्पात की तुलना में स्वयं उसे प्राप्त है। रेणु दिष्ट किए जाने पर हिस्ट्रिसिस हानि में भी कमी होती है।

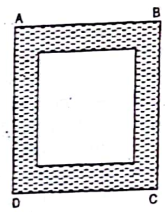
सिलिकॉन इस्पात का रेणुदिष्टन अथवा गठन (texturing) एक विशिष्ट विनिर्माणन तकनीकी द्वारा होता है जिसे ठण्डी रोलिंग कहा जाता है। इस क्रिया द्वारा प्राप्त शीट इस्पात को ठण्डे रोलन द्वारा रेणु दिष्टत इस्पात (CRGO Steel) कहा जाता है।

CRGO सिलिकॉन इस्पात व्यापक रूप में परिणामित्रों की क्रोडों को बनाने के लिए प्रयोग किया जाता है। CRGO इस्पात का प्रयोग करने वाले ट्रांसफार्मरों की चुम्बकन धारा निम्न होती है। यदि अनुव्यवस्थापित (non-oriented) इस्पात का प्रयोग होता, तो हमें क्रोड में फ्लक्स स्थापित करने अर्थात् क्रोड को चुम्बकित करने के लिए कुछ चुम्बकन बल की आवश्यकता होती है। चुम्बकन बल इतना पर्याप्त होना चाहिए कि प्रयुक्त क्षेत्र के अक्ष से बहुत अधिक पयांतरित अनुक्षेत्रों के अक्षों को भी संरेखन में और प्रयुक्त क्षेत्र के अक्ष के समानान्तर हो जाये रेणुदिष्टित शीट में अनुक्षेत्रों का संरेखन बहुत अधिक पंयातरित नहीं होता है ओर क्रोड को चुम्बकित करने के लिए निम्न चुम्बकन बल की आवश्यकता होती है। इसी कारण उन परिणामित्रों में, जो CRGO इस्पात का प्रयोग करते हैं, चुम्बकन धारा का मान अति निम्न होता है।

परिणामित्रों, क्रोडों को बनाते समय एक बात ध्यान में रखने की यह है कि क्रोडा के संग्रह में यह सावधानी रखी जाये कि क्रिस्टलों की दिशा फ्लक्स के पथ के समानान्तर रहे अन्यथा क्रोड उच्च प्रतिष्टम (high reluctance) अर्थात् निम्न चुम्बकशीलता प्रस्तुत करेगी। इस बात को समझने के लिए, चित्र 6.13 में दिखाई गई इस्पात की एक परत को ले। इसमें से एक चौकोर क्रोड *ABCD* काट लें, जैसी चित्र 6.14 में दिखाई गई है। इस प्रकार की अनेक परतानों का संग्रह करें तो हमें एक परिणामित्र की क्रोड प्राप्त होगी। अगर भुजा *AD* पर एक धारा वाली कुण्डली को रख दिया जाये तो स्पष्ट है कि एक फ्लक्स स्थापित होगा जो भुजा *AD* व *BC* के रेणुदिष्टन के लम्बवत् तथा भुजा *AB* व *DC* के रेणुदिष्टन के समानान्तर होगा। अत: भाग *AD* तथा *BC* को चुम्बकित करने के लिए एक भारी चुम्बकन धारा की आवश्यकता होगी। यदि हम मूल आकार (चित्र 6.13) में से चार चौकोर शीट *AA'*, *BB'*, *CC'* तथा *DD'* काटें और उन्हें इस प्रकार संग्रह करें जैसे कि चित्र 6.15 में दिखाया गया है और पुन: वांछनीय मोटाई की क्रोंड को संग्रह करें तो स्पष्ट है कि इस व्यवस्था में फ्लक्स का पथ चारों कोनों के अलावा सदा रेणुदिष्टन के समानान्तर होगा।

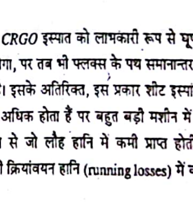


चित्र 6.13 : रेणुदिष्ट इस्पात परतन टूटी रेखाओं द्वारा रेणुओं की दिशा को अंकित किया गया है।

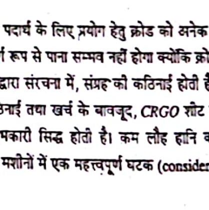


चित्र 6.14 : चौकोर आकार की इस्पात परतन *ABCD* जो चित्र 6.13 में दिखाई गई परतन से काट कर बनाई गई है।

चारो कोनों पर जो कठिनाई है उसे भी काफी हद तक क्रोड की विशेष परिकल्पना (design) द्वारा दूर किया जा सकता है पर विद्युत घूर्णी मशीनों की चुम्बकीय क्रोड को बनाने के लिए रेणु दिष्टन के लाभ को प्राप्त करने सामान्य उपयोग में सम्भव नहीं होता है। घूर्ण मशीनों की क्रोड चक्राकार (circular) होती है और जैसा कि चित्र 6.16 में दिखाया गया है। यदि एक चक्राकार क्रोड को *CRGO* शीट इस्पात से काटकर बनाया जाता है तो स्पष्ट है कि उसके लौह पथ के अधिकतर भाग में रेणुओं की दिशा फ्लक्स की दिशा के अनुकूल नहीं होगी।



चित्र 6.15 : ट्रांसफार्मर क्रोड बनाने की विधि, जिससे कि रेणु दिष्टन सदा फ्लक्स पथ के समानांतर रहे।



चित्र 6.16 : घूर्णी मशीनों के लिए प्रयोग होने वाले CRGO इस्पात में रेणुओं की दिशा।

CRGO इस्पात को लाभकारी रूप से घूर्णी मशीनों के क्रोड पदार्थ के लिए प्रयोग हेतु क्रोड को अनेक काट क्षेत्रों से बनाना होगा, पर तब भी फ्लक्स के पथ समानान्तर रेणु दिष्टन को पूर्ण रूप से पाना सम्भव नहीं होगा क्योंकि क्रोड का आकार चक्रीय है। इसके अतिरिक्त, इस प्रकार शीट इस्पात के अनेक भागों द्वारा संरचना में, संग्रह की कठिनाई होती है और इस पर व्यय भी अधिक होता हैं पर बहुत बड़ी मशीन में इस संग्रह की कठिनाई तथा खर्च के बावजूद, *CRGO* शीट इस्पात परतनों के प्रयोग से जो लौह हानि मे कमी प्राप्त होती है वह अति लाभकारी सिद्ध होती है। कम लौह हानि का अर्थ है— मशीन की क्रियांवयन हानि (running losses) में कमी और उसे बड़ी मशीनों में एक महत्त्वपूर्ण घटक (consideration) समझा जाता है।

Scanned by CamScanner

6.8.1.4. चुम्बकीय विषमदेशिकता (Magnetic Anisotropy)

चुम्बकीय गुण के लिए दिशा पर निर्भर करने की घटना को जिसका अध्ययन हमने रेणुदिष्टन (grain orientation) के शीर्षक के अन्तर्गत किया है, चुम्बकीय विषमदेशिकता के नाम से भी जाना जाता है। यह स्पष्ट है कि बड़ी चुम्बको में काफी सुधार प्राप्त होगा यदि उनमें चुम्बक के अक्ष के समानान्तर व समदिष्ट ही व्यक्तिगत वरीयता वाले अक्ष भी हो। यदि अनुक्षेत्रों के चालन को समानान्तर संगठित कर दिया जाये तो अवशेष चुम्बकन और निग्रह बल में भी काफी सुधार परिणामी होगा स्थाई चुम्बको के विनिर्माणन (manufacture) में व्यापक रूप से इस प्रकार की तकनीक को अनुप्रयोग होता है।

व्यावसायिक रूप से ऐसी अनेक विधियाँ हैं जिनको विषमदेशिका स्थाई चुम्बकों के विकास के लिए प्रयोग किया जाता है। इनमें सबसे महत्त्वपूर्ण है, प्रभावित होने योग्य धातुमिश्र नमूनों को चुम्बकीय क्षेत्र में रखकर क्यूरी बिन्दु के परिसर में, ताप उपचार के साथ ठण्डा करने की विधि। चुम्बकीय पदार्थ (जो इस क्रिया में प्रयोग होते हैं।) ऑक्साइड चुम्बक और कुछ अंश के परिसर वाले अलनिको पद्धित के पदार्थ है। इस पद्धति में धात्विक अनुक्रिया को एक शक्तिशाली चुम्बकीय क्षेत्र द्वारा प्रभावित करना सम्भव होता है।

चुम्बकीय विषमदेशिका प्राप्त करने की दूसरी विधि, ताप उपचार की एक मध्य अवस्था पर, व्यापक ठण्डी क्रिया के रूप में है। किसी धातुमिश्र को जिसे ताप उपचार के प्रारम्भिक पग (intial stage of heat treatment) पर ठण्डी क्रिया पर प्रयुक्त किया जा सकता है। चुम्बकीय विषमदेशिकता को व्यक्त करने योग्य बनाया जा सकता है। इस प्रकार की ठण्डी क्रिया प्रयुक्त धातुमिश्रों द्वारा केवल दीर्घीकरण की दिशा (direction of elongation) के अनुरूप ही अधिकतम विषमदैशिकता व्यक्त होती है और इसलिए इन्हें केवल एक ही दिशा में दीर्घित करना चाहिए। हाल ही में विकसित एक और विधि है, जिसे उच्च विषम देशिकता वाले सक्षम चुम्बक कणों में स्थाई चुम्बक बनाने की क्रिया के साथ प्रयोग किया जाता है। सहनन (compaction) से पूर्व, जब कण घूम पाने के लिए लगभग स्वतन्त्र होते हैं। तब वरीयता वाले अक्ष में संरेखित करने के लिए एक चुम्बकीय क्षेत्र का प्रयोग कणों के लिए किया जाता है। सहनन (compaction) के दौरान भी इस चुम्बकीय क्षेत्र को अभिविन्यासन के सुनिश्चित रखने के लिए प्रयुक्त रखा जाता है। स्पष्टतः प्रत्येक कण के अधिकतम संरेखन का एक ही वरीता अक्ष (preferred axis) होना चाहिए। इस प्रकार के संरेखन के लिए जो क्षेत्रीय सामर्थ्य आवश्यक होती है, यह प्रायः बहुत अधिक होती है और संरेखन को सुलभ करने के लिए दिष्ट धारा क्षेत्र पर एक प्रत्यावर्ती क्षेत्र को अध्यारोपण (super impose) करना आवश्यक हो जाता है। इस विधि को मैगनीज-बिस्मथ (Mn-Bi) चुम्बक सहननों (magnetic compact) को बनाने के लिए प्रयोग किया जाता है और अनुविन्यासित बैरियम फैराइट चुम्बकों के लिए भी प्रयुक्त करना सम्भव होता है।

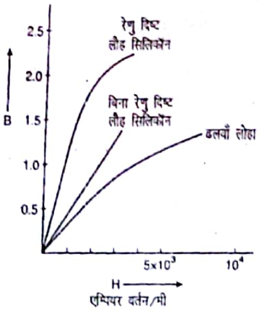
6.8.1.5. अनीलन (Annealing)

लौह चुम्बकीय पदार्थों के चुम्बकीय गुण यान्त्रिक क्रियाओं की विकृति (Strain) से जो पंचन, मिलिंग, घेसन (grinding) मशीनिंग आदि में होती है, अति हानिकारक रूप से प्रभावित होते हैं। चुम्बकीय गुणों की इस हानि को जिसमें CRGO क्रिस्टलो की दिशा का ठीक न होना भी सम्मिलित है, ताप उपचार अर्थात् अनीलन द्वारा पुनः ठीक किया जा सकता है। चूंकि यान्त्रिक प्रतिबलन (mechanical stressing) क्रिस्टलों के अनुस्थापन (orientation) में गड़बड़ी पैदा कर देती हैं। इस कारण सभी यान्त्रिक क्रियाओं के हो जाने के पश्चात् दोबारा अनीलन उपचार को करना आवश्यक होता है।

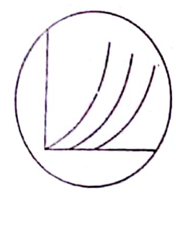
6.8.1.6. निकिल लौह आमिश्र (Nickel-iron elloys)

चित्र 6.17 में लोहे और लौह-सिलिकॉन धातुमिश्रों (alloys) के लिए सदश चुम्बकन वक्रों को बड़ा कर देखा जाये तो हम पायेंगे कि अतिनिम्न फ्लक्स घनत्वों पर इनकी ढलान अति निम्न है जैसा कि चित्र 6.18 में दिखाया गया है। इसका अर्थ है कि कमजोर चुम्बकीय क्षेत्रों में इनकी चुम्बकशीलता भी तुलनात्मक रूप से निम्न है।

दूसरे शब्दो में लोहे और लौह सिलिकॉन धातुमिश्रों की प्रारम्भिक चुम्बकशीलता निम्न होती है। शक्ति अनुप्रयोगों जैसे परिणामित्रो और घूर्णी वैद्युत मशीनों में, जहां क्रोड पदार्थ को उच्च फ्लक्स घनत्व पर कार्य करना होता है, वहाँ प्रारम्भिक चुम्बकशीलता का कोई महत्त्व नहीं है। पर उच्च संवेदना और निम्न विरूपण कार्यों के लिए, जिसकी संचारण व्यवस्थाओं (communication system) में आवश्यकता होती है सिलिकॉन-लौह धातुमिश्र उपयुक्त नहीं है।



चित्र 6.17 : लौह तथा धातुमिश्रो के लिए सदर्श चुम्बकन वक्र



चित्र 6.18 : चित्र 6.17 के चक्रित भाग का विवर्धित आकार।

विशेष चुम्बकीय धातुमिश्र का, जो प्रारम्भिक तथा अधिकतम चुम्बकशीलता रखते हैं। विशिष्ट अनुप्रयोगों जैसे मापन परिणामित्रो, रिले इत्यादि में प्रयोग होता है। लौह धातुमिश्रो का एक समूह जिसमे 30 से 80 प्रतिशत तक निकिल और मॉलिब्डेनम तथा क्रोमियम का सम्भावित योग है, जब विनिर्माणन (manufacture) के दौरान उचित उपचार पाता है, तो निम्न फ्लक्स घनत्वो पर अति उच्च चुम्बशीलता तथा लोहे से कहीं कम हानियों को व्यक्त करता है। इस वर्ग में प्रमुख धातुमिश्र पर्मलॉय (permalloy) तथा म्यूमैटल (Mu-metal) है।

पर्मलॉय (Permalloy)—इसे संवेदनशील रिले यन्त्रों को बनाने में प्रयोग किया जाता है। इस समूह को पदार्थ का क्यूरी बिन्दु अथवा तापमान 420° से 580° C के बीच होता है और निकिल की मात्रा तथा ताप उपचार के तापमान पर (लगभग 1000° से 1100° C तक) निर्भर करता है। इसकी प्रारम्भिक चुम्बकशीलता 2500 से 8000 तक हो सकती है और अधिकतम चुम्बकशीलता का मान 1,00,000 तक पहुँच सकता है।

सुपर्मअलॉय (Supermalloy)—ये ताँबे (copper) और मॉलिब्डेनम के साथ लोहे तथा निकिल का धातुमिश्रण होता है। इस धातुमिश्र को विशिष्टता, उसकी प्रारम्भिक चुम्बकशीलता से है जो 1,00,000 तक हो सकती है।

म्यूमैटल (Mumetal)—इसमे लोहा और निकिल होता है जिसे ताँबे और क्रोमियम के साथ धातुमिश्रित किया जाता है। इसे मापन परिणामित्रों तथा लघु रूपों वाले परिणामित्रों के लिए जो संचारण परिपथों में प्रयोग होता है, विनिर्माणन (manufacture) में प्रयोग किया जाता है। इसे 1100° C के तापमान पर ताप उपचार किया जाता है और इसकी क्यूरी तापमान 430° होता है इसकी प्रारम्भिक चुम्बकशीलता 20,000 तथा अधिकतम चुम्बकशीलता 110,000 होती है।

6.8.1.7. मृदु फैराइट (Soft ferrites)

सिरैमिक चुम्बक जिन्हें लौह चुम्बकीय सिरैमिक तथा फैराइट भी कहा जाता है, लौह ऑक्साइड, Fe_2O_3 तथा उसके साथ किसी एक या अधिक द्वि-संयोजी ऑक्साइड जैसे NiO, MnO या ZnO से बनते है। इन चुम्बकों का हिस्ट्रिसिस वक्र वर्गाकार है तथा ये विचुम्बकन (demagnetisation) के प्रति उच्च प्रतिरोध रखते है। इन कम्प्यूटरों के चुम्बकों के लिए अति मूल्यवान समझा जाता है। जहाँ अवशेष चुम्बकन (residual magnetism) अति वांछनीय माना जाता है। फैराइटों का प्रमुख लाभ उनकी उच्च प्रतिरोधकता है। व्यावसायिक फैराइटों की प्रतिरोधकता का मान 10^9 ओह्म-सैन्टीमीटर (ohm-cm) तक उच्च हो सकत है। इसलिए प्रत्यावर्ती क्षेत्रों के कारण उत्पन्न भँवर धाराओं का मान न्यूनतम हो जाता है और इन चुम्बकीय पदार्थों के अनुप्रयोगों का क्षेत्र उच्च आवृत्तियों तक ही नहीं बल्कि माइक्रो तरंग कार्यों तक भी फैल गया है। फैराइट को सावधानीपूर्वक

Scanned by CamScanner

चूर्ण रूपी आक्साइडों को मिलाकर सहनन (compacting) के साथ उच्च तापमान पर गला कर बनाया जाता है टेलीविजन तथा आवृत्ति मॉडुलेशन वाले रेडियो रिसीवर के लिए उच्च आवृत्ति के लगभग सभी परिणामित्र सर्वदा फैराइट क्रोड से बनता है। अधिक चुम्बकीय विरूपण के प्रभाव वाले फैराइटो को कभी-कभी वैद्युत यान्त्रिक ट्रांसड्यूसरों में भी प्रयोग किया जाता है। उच्च आवृत्ति के अनुप्रयोगों में, फैराइट में चुम्बकीय विरूपण से अवांछिनीय शोर उत्पन्न हो सकता है।

6.9. कठोर चुम्बकीय पदार्थ (स्थायी चुम्बक धातु) (Hard magnetic materials)

(B.T.E. 1993, 95)

चुम्बकन बल हटाने पर भी धातुओं में काफी चुम्बकीय ऊर्जा बनी रहती है। इसलिये ये कठोर चुम्बकीय धातु, स्थायी चुम्बक बनाने के लिये प्रयोग की जाती हैं। एक बार चुम्बक बन जाने पर इन्हें सरलता से विचुम्बकित नहीं किया जा सकता। इनका संतृपत मान उच्च होता है, निग्राही बल (coercive force) उच्च होता है और अवशिष्ट-चुम्बकत्व भी अधिक होता है मृदु-धातु की तुलना में कठोर धातुओं का हिस्टेरीसिस लूप अपेक्षाकृत छोटा होता है जैसा कि चित्र 4.6 (i) तथा (ii) से स्पष्ट है। इन धातुओं का B तथा H का गुणनफल, मृदु धातु की तुलना में उच्च होता है।

मृदु चुम्बकीय धातु की तुलना में कठोर धातु के डोमेन को दिक्विन्यासित करना कठिन होता है। अतः कठोर धातु को चुम्बक बनाना भी सुगम नहीं होता। इनकी डोमेन दीवार अचालित होती है।

उपयोग—कठोर चुम्बकीय धातुओं को मापक यंत्र, ट्रांसड्यूसर, इलेक्ट्रॉन ट्यूब, टेलीविजन ट्यूब आदि में भी प्रयोग किया जाता है।

स्थायी चुम्बकीय धातुओं में निम्न विशेषतायें होनी चाहिए—

(i) उच्च चुम्बकशीलता।

(ii) मूल्य कम होना चाहिए।

(iii) उच्च निग्राही बल लगभग 14^4 AT/meter

(iv) शीघ्र विचुम्बकित न हो, इसलिए क्यूरी तापमान उच्च होना चाहिए।

(v) धातुवर्ध्य फ्लक्स-घनत्व उत्साहवर्धक होना चाहिए।

निम्न कुछ धातुयें कठोर चुम्बकीय पदार्थों की भाँति प्रयोग की जाती है—

6.9. (i) कार्बन-इस्पात (Carbon-steel)

मृदु-चुम्बकीय धातुओं को स्थायी चुम्बकीय धातु बनाने हेतु प्रयोग नहीं किया जा सकता क्योंकि इनका हिस्टेरिसस लूप क्षेत्रफल बढ़ जाता है। यही कारण था कि पुराने समय में कार्बन-इस्पात स्थायी चुम्बन बनाने के लिये प्रयोग किया जाता था। यह सस्ता होता है परन्तु कार्बन इस्पात से बनी चुम्बक अपने चुम्बकीय गुण झटके देने या कम्पन से शीघ्र खो देती है।

(B.T.E. 1998)

6.9. (ii), (iii) टंगस्टन इस्पात, कोबाल्ट इस्पात

इस्पात में टंगस्टन मिलाने से प्राप्त धातु का चुम्बक की भाँति प्रयोग सर्वप्रथम 1855 में किया गया था। 850°C तक गर्म करके पानी या तेल में बुझाने पर इसका ऊष्मा उपचार (heat treatment) करते हैं। इस प्रकार टंगसटन, क्रोमियम या कोबाल्ट, कार्बन इस्पात में मिलाने से इसके चुम्बकीय गुणों में वृद्धि होती है। इसका निग्राही बल (coercive force) 5200 At/m होता है और इनकी धारणशीलता 1.05 वेबर/मी^{2} होती है। टंगसटन-इस्पात का उच्चतम ऊर्जा गुणनफल 24 जूल/मी^{3} होता है। कोबाल्ट इस्पात सर्वश्रेष्ठ चुम्बकीय गुणों की धातु है परन्तु बहुत महंगी होती है।

6.9. (iv) क्रोम इस्पात (Chrome-steel)

800°C-825°C तक गर्म करके, तेल या पानी में बुझाने से इसका उपचार किया जाता है। चुम्बकीय क्षेत्र में इसका जन्म 1616 में हुआ। इसका निग्राही बल 400-5200 AT/m क्रमशः लघु तथा उच्च क्रोम इस्पात पर होता है। इसकी धारणशीलता 1 से 0.95 वेबर/मी^{2} होती है तथा ऊर्जा गुणनफल 1600 से 2400 जूल/मी^{3} होती है।

(B.T.E. 1996, 98)

6.9. (v) ऐलनिको (Alnico)

(Aluminium-Nickel-Iron-Cobalt) से बनी मिश्र धातु है और कठोर चुम्बकीय धातुओं में सबसे महत्त्वपूर्ण है। विशेष ढालने की तकनीक द्वारा बढ़ी चुम्बक बनायी जाती है और पाउडर धातु-निष्कर्षण से छोटी ALNICO बनाते हैं, कोबाल्ट इस्पात की तुलना में यह सस्ती होती है और आजकल सभी स्थायी चुम्बक इस प्रकार की मिश्र धातु द्वारा बनायी जाती है।

उपयोग—इसे विशेषतया विद्युत उपकरणों (वोल्ट मीटर, एमीटर आदि) में स्थायी चुम्बक हेतु प्रयोग किया जाता है। इन यन्त्रों (M.C. Type) में लगी चुम्बक ALNICO की ही बनी होती है।

(B.T.E. 1994)

6.9. (vi) कठोर फैरिट्स (Hard Ferrites)

कठोर फैरिट्स जैसे कि BaO (Fe_2O_3) को (भार में हल्की) स्थायी चुम्बक बनाने के लिये प्रयोग किया जाता है। भार में हल्की होने के अतिरिक्त इसमें सभी गुण होते हैं जो मृदु फैरिट में दिये हैं।

तालिका 6.1 में स्थायी कठोर चुम्बकीय धातुओं के गुण दर्शाये गये हैं।

तालिका सं० 6.1

स्थाई/कठोर चुम्बकीय धातु एवं मिश्रित धातुओं के गुण

क्र० सं०	धातु/मिश्रित धातु का नाम	रासायनिक संघटन	निग्राही बल (Fc) AT/meter एम्पि० वर्तन/मीटर	अविशिष्ट चुम्बकत्व Wb/m^2 (वेबर/मीटर)^2	ऊर्जा गुणनफल $(BH)_{max}$ (जूल/मीटर)^5
1.	लोहा (शुद्ध)	Fe	75	1.5	100
2.	कार्बन-इस्पात	98% Fe + 1% Mn + 0.9%C	4,000	1.0	1,400
3.	टंगस्टन-इस्पात	93% Fe + 6% W + 0.7%C + 0.3%Cr	5,200	1.05	2,400
4.	एलिनको-(II)	55% Fe + 17% Ni + 12% Co + 10% Al + 6% Cu	50,000	0.7	17,000
5.	एलनिको (V)	51% Fe + 24% Cu + 14% Ni + 8% Al + 3% Cu	50,000	1.2	45,000
6.	वेक्टोलाइट	44% Fe_3O_4+30% Fe_2O_3 + 26 CoO_3	70,000	0.16	4,000
7.	प्लेटिनम-कोबाल्ट	77% Pt + 23% Co	2,00,000	0.45	16,000

Scanned by CamScanner

6.10. चुम्बकीय हिस्टेरेसिस (Magnetic Hysteresis)

यदि किसी नरम लोहे की छड़ को किसी प्रबल चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है तो वह प्रेरण द्वारा चुम्बक (Magnet) बन जाती है एवं चुम्बकीय क्षेत्र हटाने पर भी लोहे की छड़ में थोड़ा बहुत चुम्बकन रह जाता है। चुम्बकन बल से प्रेरण फ्लक्स घनत्व के पिछड़ जाने को चुम्बकीय हिस्टेरेसिस कहते हैं।

अथवा

प्रेरण फ्लक्स घनत्व [induction flux density (B)] के चुम्बकीय बल या क्षेत्र सामर्थ्य [magnetic force of field strength (H)] के पश्चगामी (lagging) गुण को चुम्बकीय हिस्टेरेसिस कहते है। इस प्रकार चुम्बकीय हिस्टेरेसिस किसी चुम्बकीय पदार्थ का वह गुण है जिसके कारण उसमें से चुम्बकत्व उत्क्रमण (magnetism reversal) पर कुछ ऊर्जा क्षय (energy dissipated) हो जाती है।

उदाहरण 6.1—साधारण फ्लक्स घनत्व पर एक ट्रांसफॉर्मर की क्रोड में कुल लोह हानियों का मान 25 Hz तथा 50 Hz पर क्रमशः 250 वाट तथा 800 वाट मापा गया है, इस क्रोड में 50 Hz पर भंवर धारा तथा शैथिल्य हानि (eddy current and hysteresis loss) के मानों की गणना कीजिए।

हल—शैथिल्य हानि $(W_h) = \eta B_{max}^{1.6} f\, V$ वाट ...(सूत्र)

भंवर धारा हानि $(W_e) = \lambda B_{max}^2 f^2 t^2\, V$ ...(सूत्र)

द्वितीय स्थिति में $f = 50$ Hz $W_i = W_r + W_c = 800$ वाट

$$= K_1 f + K_2 f^2 \quad ...(i)$$

$$800 = K_1 \times 50 + K_2 \times 50^2 \quad ...(ii)$$

प्रथम स्थिति में $f = 25$ Hz, $W_i = 250$ वाट

$$250 = K_1 \times 25 + K_2 \times 25^2 \quad ...(iii)$$

समीकरण (iii) को 2 से गुणा करने पर तथा समीकरण (iv) को समीकरण (ii) से घटाने पर

$$500 = K_1 \times 50 \times K_2 \times 50^2 \quad ...(iv)$$

घटाने पर $300 = K_1 \times 50 + K_2 \times 1250$

$$\therefore \quad K_2 = \frac{300}{1250} = 0.24$$

समीकरण (i) से $W_C \propto f^2$ या $W_C = K_2 f^2$ ...(v)

K_2 का मान समीकरण (v) में रखने पर

$$\text{भंवर धारा हानि} = 0.24 \times 2500 = 600 \text{ वाट}$$

तथा

$$\text{शैथिल्य हानि} = W_i = W_e = 800 - 600 = 200 \text{ वाट}$$

$\therefore$ भंवर धारा हानि = 600 वाट तथा शैथिल्य हानि = 200 वाट उत्तर

प्रश्नावली

1. उन वर्गों का नामांकन करें जिनमें चुम्बकीय पदार्थों को विभाजित किया जाता है इस विभाजन का आधार भी स्पष्ट करें।
2. वैद्युत मशीनों और परिणामित्रों के क्रोडों को लौह परतनें पटलों (laminations) से बने होने का कारण बताएँ।
3. शक्ति परिणामित्रों की क्रोड के लिए प्रयोग होने वाले विशेष इस्पात के प्रारूप का नामांकन करें। कारण बताएँ कि ये पदार्थ घूर्णी वैद्युत मशीनों के लिए भी क्यों नहीं प्रयोग हो सकता है।

4. परिणामित्र की क्रोड के लिए पदार्थ के चयन को आधार के विभिन्न पहलूओ को बताइए।
5. एक वैद्युत घूर्णी मशीन की क्रोड के पदार्थ के चयन का आधार बताइए।
6. एक मृदु चुम्बकीय पदार्थ जिसे वैद्युत मशीनों तथा परिणामित्रों में प्रयोग किया जाता है, के लिए हिस्ट्रिसिस वक्र बनाए और इसकी एक कठोर चुम्बकीय पदार्थ के हिस्ट्रिसिस वक्र से तुलना करें।
7. वैद्युत मशीनो में प्रयोग होने वाले चुम्बकीय पदार्थों के फ्लक्स घनत्व के उच्च संतृप्ति मान का लाभ बताइए।
8. वैद्युत मशीनो में उच्च चुम्बकशीलता वाले चुम्बकीय पदार्थों के लाभ बताइए।
9. इस्पात के सिलिकॉन के साथ धातुमिश्रण से प्राप्त पदार्थ के परिणामित्रो तथा वैद्युत मशीनों में चुम्बकीय पदार्थ के लिए प्रयोग के लाभ तथा हानियों को बताइए।
10. शक्ति तथा संचारण के अनुप्रयोगों में चुम्बकीय पदार्थ की आवश्यकताओं में मुख्य अन्तरों को बताइए।
11. मृदु फैराइटों का एक संक्षिप्त विवरण दें और उनके सबसे महत्त्वपूर्ण अनुप्रयोगों को तर्क के साथ बताइए।
12. स्थाई चुम्बक के लिए पदार्थ के चयन के सबसे अधिक महत्त्वपूर्ण कारण को बताइए। कम-से-कम दो कठोर चुम्बकीय पदार्थों का नामांकन करें।
13. अन्य मृदु तथा कठोर चुम्बकीय पदार्थों की तुलना में फैराइटों के लाभ बताइए।
14. स्पष्ट करें कि परिणामित्रों के लिए क्रोडों के निर्माण में परतन पदार्थ के रूप में प्रयोग के लिए इस्पात का ही प्रयोग क्यों किया जाता है। इस पदार्थ को घूर्णी वैद्युत मशीनों के लिए क्यों नहीं किया जाता है।
15. बताइए कि किसी पदार्थ का हिस्ट्रिसिस वक्र से कौन-कौन सी सूचनाएं प्राप्त होती हैं?
16. निम्नलिखित को स्पष्ट करें—
    (क) चुम्बकशीलता (ख) चुम्बकीय विरूपण (ग) क्यूरी बिन्दु (घ) संग्राहिता
17. चुम्बकीय विषमदैशिकता को स्पष्ट करें। इस सिद्धान्त को प्रयुक्त करते हुए किस प्रकार के चुम्बकीय पदार्थ उत्पादित किए जाते है? स्पष्ट करें।
18. भंवर धारा हानि और हिस्ट्रिसिस हानि परिणामित्र में किस प्रकार घटित होती है, स्पष्ट करें। यह किन कारणों पर निर्भर होती है?
19. अवशिष्ट चुम्बकत्व पद का क्या अर्थ है? समझाइये। *(U.P. 2004)*
20. पॉवर ट्रांसफ़ॉर्मर के कोर को बनाने के लिये उपयोग होने वाले विशेष इस्पात का नाम बताइये। इसके कारण भी बताइये। *(U.P. 2006)*
21. C.R.G.O. शीट स्टील से आप क्या समझते है? क्या यह पदार्थ घूमने वाली वैद्युत मशीनों में उपयोग किया जा सकता है? अपने उत्तर का औचित्य बताइये। *(U.P. 1996)*
22. एल्निको (ALNICO) के उपयोग तथा सबसे-महत्त्वपूर्ण विशेषताएं लिखिये। *(U.P. 1996)*
23. निकेल-लौह मिश्रधातु (Ni-Fe alloy) के गुण तथा उपयोग बताइये। *(U.P. 1994)*
24. ट्रांसफॉर्मर कोर बनाने हेतु पदार्थ को चुनने के आधार की व्याख्या कीजिये। *(U.P. 2005)*
25. मृदु फैराइट व कठोर फैराइट का संक्षेप में वर्णन कीजिये। *(U.P. 2015)*
26. चुम्बकीय पदार्थों का वर्गीकरण कीजिये। प्रत्येक वर्ग से दो पदार्थों के नाम व उनके अनुप्रयोग बताइये। *(U.P. 2015)*
27. मृदु एवं कठोर चुम्बकीय पदार्थों में विभेद कीजिये। उच्च सिलिकन व निम्न सिलिकन मिश्रधातु स्टीलों के गुण-धर्म व अनुप्रयोगों की विवेचना कीजिए। *(U.P. 2016)*
28. क्रोम स्टील एवं Alnico मिश्रधातु की प्रकृति गुण-धर्म व अनुप्रयोगों की विवेचना कीजिये। *(U.P. 2016)*

Scanned by CamScanner

7 विशेष कार्यों के लिए पदार्थ (Special Purpose Materials)

7.1. परिचय (Introduction)

ऐसे इन्जीनियरी पदार्थ जिनका उपयोग कुछ विशेष उद्देश्यों के लिये किया जाता है, विशेष उद्देश्य पदार्थ (special purpose materials) कहलाते हैं।

जिस प्रकार विद्युत इन्जीनियरी के क्षेत्र में विद्युत मशीनों, उपयन्त्रों के निर्माण कार्य के लिये चालक (conductor), विद्युतरोधी (Insulator) एवं चुम्बकीय पदार्थों (Magnetic materials) की आवश्यकता होती है उसी प्रकार आजकल इलेक्ट्रॉनिकी इन्जीनियरी के क्षेत्र में इनसे सम्बन्धित युक्तियों के निर्माण जैसे बड़े-बड़े कारखानों में स्वचालित तापमान, गैस दाब, आर्द्रता, गति तथा द्रवों का प्रवाह नियन्त्रण प्रणाली (Automatic temperature, gas pressure, Humidity, speed and flow control systems) में टेलीविजन, कम्प्यूटर, दूरसंचार (Telecommunication), मौसम तथा अन्तरिक्ष सम्बन्धी खोजों आदि कार्यों हेतु ट्रांजिस्टर (Transistors), डायोड, कैपेसिटर तथा इन्टीग्रेटेड सर्किट (I.C's) के निर्माण हेतु इलेक्ट्रॉनिक पदार्थों के रूप में अर्द्धचालक पदार्थों की आवश्यकता होती है।

I.C.'s के निर्माण कार्य हेतु प्रयोग में लाये जाने वाले कुछ महत्वपूर्ण अर्द्धचालक पदार्थ निम्नलिखित हैं—

(i) जर्मेनियम (Germanium)
(ii) सिलिकॉन (Silicon)
(iii) सेलेनियम (Selenium)
(iv) टेलुरियम (Telurium)
(v) सिलिकॉन कार्बाइड (Silicon carbide)
(vi) बोरोन (Boron)
(vii) एन्टीमनी (Antimony)
(viii) आर्सेनिक (Arsenic) इत्यादि।

उपरोक्त अर्द्धचालक पदार्थों में से कुछ अर्द्धचालक पदार्थों का विवरण अग्र तालिका में प्रदर्शित किया गया है—

तालिका 7.1 : जर्मेनियम, सिलिकॉन, सेलेनियम तथा टेलुरियम का तुलनात्मक अध्ययन
(Comparative study of Germanium, Silicon, Selenium & Telurium)

S. No.	तुलनात्मक कारक (Comparative factors)	Germanium Ge	Silicon Si	Selenium Se	Telurium Te
1.	परमाणु भार (Atomic wt.)	72.59	28.08	78.09	127.6
2.	परमाणु क्रमांक (Atomic No.).	32	14	34	52
3.	परमाणु संयोजकता (Atomic valency)	4	4	6	6
4.	आपेक्षिक घनत्व (Relative density)	5.35	2.33	4.81	6.24
5.	प्रतिरोधकता (Resitivity) $(\Omega \times m)$	0.68	2.00	—	19×10^4
6.	विद्युतशीलता	16.3	12.5	—	—
7.	ऊष्मीय चालकता	55 W/m°C	80 W/m°C	4 W/m°C	—
8.	गलनांक बिन्दु (Melting point)	937.4°C	1410°C	217°C	452°C
9.	गुप्त ऊष्मा (Latent heat)	41×10^5 J/kg	1.6×10^6 J/kg	64.2×10^3 J/kg	—
10.	पृष्ठ तनाव (Surface Tension) (N/m)	0.6	0.72	0.11	—
11.	बैण्ड गैप चौड़ाई (Band gap width) (eV)	0.72	1.12	1.8	0.35
12.	इलेक्ट्रॉन मोबिलिटी $(m^2/V.s)$	0.39	0.14	—	—
13.	होल मोबिलिटी $(m^2/V.s)$	0.19	0.05	0.2×10^{-4}	—
14.	इलेक्ट्रॉन वर्क फंक्शन (eV)	4.8	4.3		
15.	कार्यकारी तापमान (Working Temp., °C)	80°C	200°C	75°C	—
16.	प्राप्ति स्थान (Availability)	यह भूमि की पपड़ी (earth crust) में 0.0007% तक प्राप्त है।	यह भूमि की पपड़ी में काफी अधिक मात्रा में पाया जाता है।	—	—
17.	रंग तथा प्रकृति	यह एक सफेद-भूरे रंग की रवेदार कठोर तथा भंगुर धातु है।	यह गहरे भूरे रंग की रवेदार अधातु (non-metal) पदार्थ है।	यह काँच के रूप में रवेदार तथा बिना रवेदार प्राप्त होता है।	यह चांदी के समान सफेद (चमकीला भंगुर अधातु है।
18.	उपयोग	इसका उपयोग डायोड ट्रांजिस्टर, FET, फोटो ट्रांजिस्टर तथा इन्टीग्रेटेड सर्किट (IC's) के निर्माण में होता है।	डायोड, ट्रांजिस्टर, FET, SCR तथा IC's के निर्माण में	दिष्टकारी तथा फोटो-विद्युत सैल के निर्माण में	थर्मोइलेक्ट्रिक जनरेटर के निर्माण में

Scanned by CamScanner

7.2. इन्टीग्रेटेड सर्किट्स (Integrated ckts)

लगभग पिछले पचास वर्षों से इलेक्ट्रॉनिक परिपथों में इलेक्ट्रॉनिक क्म्पोनेंट जैसे प्रतिरोध, संधारित्र, डायोड, ट्रांजिस्टर आदि अलग–अलग प्रयोग किये जाते रहे हैं। इन अवयवों की सोल्डरिंग द्वारा आवश्यक इलेक्ट्रॉनिक उपकरण तैयार किये जाते थे। एक अच्छे परिपथ में विशेषता यह है कि वह आकार में छोटा, विश्वसनीय तथा मूल्य में कम होना चाहिये। इलेक्ट्रॉनिक परिपथों का आकार ट्रांजिस्टर के प्रयोग से काफी छोटा हो गया है। प्रिन्टेड सर्किट के प्रयोग किये जाने से आकार और छोटा हो गया है। इस विधि द्वारा यद्यपि आकार तो छोटा हो गया है किन्तु उनकी विश्वसनीयता में कोई विशेष सुधार नहीं हुआ क्योंकि सक्रिय तथा निष्क्रिय सभी घटक प्रिन्टेड सर्किट में सोल्डर किये जाते हैं।

इन्टीग्रेटेड सर्किट (IC) में सर्किट तथा निष्क्रिय घटक एक ही क्रिस्टल में बनाये जाते हैं। इन्टीग्रेटेड सर्किट में सिलिकॉन की एक चिप (chip) होती है तथा इसी चिप पर सभी सक्रिय तथा निष्क्रिय अवयव बनाये जाते हैं जिससे उनके आपस में संयोजन तारों की आवश्यकता नहीं होती है तथा यह बहुत अधिक विश्वसनीय होने के साथ आकार में बहुत छोटा हो गया है।

IC की मुख्य विशेषताएँ (Special features of ICs)

(i) भार में हल्का होना (light in weight)।

(ii) आकार में छोटा होना (compactness)।

(iii) वैद्युत ऊर्जा व्यय की कमी (less power consumption)।

(iv) विश्वसनीयता (reliability) अधिक होती है।

(v) बहुत अधिक तापक्रम पर भी कार्य करने की क्षमता (greater capacity to operate at high temperatures than that in transistors)।

(vi) IC के प्रयोग से सर्किटों की कार्यक्षमता में बढ़ोत्तरी (improved efficiency)।

(vii) IC के प्रयोग से सर्किटों में घटकों (components) की संख्या में कमी जिससे सर्किट सरल हो जाते हैं।

(viii) IC के प्रयोग से सर्किटों की सर्विसिंग में सरलता।

(ix) IC में परस्पर संयोजन न होने के कारण त्रुटियाँ नहीं होतीं (No inter-connection errors)।

(x) मूल्य में कमी (low-cost)।

(xi) परिपथ के विभिन्न भागों में तापान्तर कम होता है (small temperature differences)।

(xii) उच्च आवृत्तियों पर उत्तम कार्य (better high frequency performance)।

ICs की सीमाएँ (Limitations of ICs)

(i) ICs पर प्रेरक (inductors) तथा ट्रांसफॉर्मर फैब्रिकेट (fabricate) नहीं किये जा सकते।

(ii) प्रतिरोध तथा कैपेसिटर (जो IC पर फैब्रिकेट किये जा सकते हैं) के अधिकतम मान सीमित हैं।

(iii) प्रतिरोध तथा धारित्र के मान वोल्टेज पर निर्भर करते हैं।

(iv) IC चिप पर उच्च स्तर की (high grade) *PNP* युक्ति फैब्रिकेट करना आसानी से सम्भव नहीं है।

(v) ऊर्जा व्यय सीमित है (limited power dissipation)।

(vi) ICs में उच्च वोल्टेज (high voltage) पर कम शोर के साथ प्रचालन (low noise operation) कठिन है।

(vii) पैरासाइटिक धारिताओं के कारण उच्च आवृत्ति पर अनुक्रिया सीमित है।

(viii) IC पर फैब्रिकेट किये जा सकने वाले प्रतिरोध तथा कैपेसिटर के अधिकतम मान निम्न हैं—

(a) प्रतिरोध—10 ओम से सैंकड़ों किलो-ओम तक (ten ohm to hundreds of kilo ohms)-

(b) कैपेसिटर— 200 pF तक।

(ix) *PNP* ट्रांजिस्टर की अनुक्रिया उत्तम नहीं है (*PNP* trasistor performance poor)।

(x) IC का आन्तरिक सर्किट रिपेयर नहीं हो सकता। इसीलिए दोष आने पर सम्पूर्ण IC ही बदलनी पड़ती है।

ICs का फैब्रीकेशन (Fabrication of Integrated Circuits)

फैब्रीकेशन की दृष्टि से ICs दो वर्गों में विभाजित किये जा सकते हैं—

(a) मोनोलिथिक ICs (Monolithic ICs), तथा

(b) हाइब्रिड ICs (Hybrid ICs)

(a) मोनोलिथिक ICs : मोनोलिथिक ICs वे ICs हैं जिनमें एक सम्पूर्ण परिपथ, जिसमें सक्रिय तथा निष्क्रिय अवयव एवं उनके इन्टर-कनैक्शन होते हैं। सिलिकॉन क्रिस्टल पदार्थ के केवल एक पीस (piece) पर, जिसे सबस्ट्रेट (substrate) कहते हैं, फैब्रीकेट किये जाते हैं। शब्द 'मोनोलिथिक' दो ग्रीक (Greek) शब्दों से मिलकर बना है—एक 'MONOS' जिसका अर्थ है 'Single' तथा दूसरा 'LITHOS' जिसका अर्थ stone है। सिलिकॉन वेफर (wafer) का एक भाग, जिस पर IC फैब्रीकेट किया गया हो, 'चिप' (Chip) कहलाती है तथा एक छोटी सी चिप में सैकड़ों परिपथ अवयव (circuit components) फैब्रीकेट किये जा सकते हैं।

मोनोलिथिक IC बनाने में डिफ्यूजन की क्रिया प्रयुक्त की जाती है जिसमें Substrate में थोड़ी मात्रा में सही स्थान पर अशुद्धियाँ मिलाकर तथा फिर उचित ताप देकर डायोड, ट्रांजिस्टर, प्रतिरोध तथा कैपेसिटर फैब्रीकेट किये जाते है। प्रतिरोध बनाने के लिए टिन ऑक्साइड या नाइक्रोम (*N*-टाइप क्षेत्र में डिफ्यूज किया जाता है। डायोड या ट्रांजिस्टर बनाने के लिए सबस्ट्रेट मे आवश्यकतानुसार *N* तथा *P*-टाइप अर्द्धचालक पदार्थ मिलाये जाते है।

(b) हाइब्रिड ICs : हाइब्रिड ICs में विभिन्न कम्पोनैन्ट्स सिरेमिक सबस्ट्रेट (ceramic substrate) पर लगाये जाते हैं तथा इनका परस्पर संयोजन (inter-connection) तारों द्वारा अथवा मैटेलाइजेशन (metallization) विधि द्वारा किया जाता है। हाइब्रिड ICs आकार में मोनोलिथिक ICs से बड़े होते है तथा एक हाइब्रिड IC मे बहुत से मोनोलिथिक IC निर्मित किये जा सकते हैं।

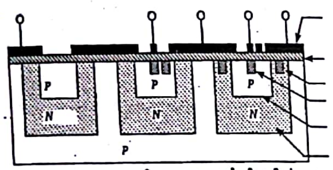
7.3. ICs की मूल संरचना (Basic Structure of ICs)

एक इन्टीग्रेटेड परिपथ (IC) की मूल संरचना चित्र 7.1 (a) में प्रदर्शित की गयी है। इस आई० सी० में चित्र 7.1 (b) में प्रदर्शित परिपथ फैब्रिकेट किया गया है। परिपथ में दो डायोड, एक प्रतिरोध तथा एक जंक्शन *N-P-N* ट्रांजिस्टर निर्मित है। आई० सी० के फैब्रिकेशन की विधि का हम आगे अध्ययन करेंगे। यहाँ पर केवल आई० सी० की आन्तरिक संरचना एवं कम्पोनैन्ट्स की स्थिति का विवरण दिया जाता है।

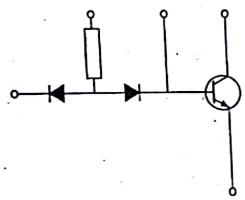
आई० सी० में विभिन्न पदार्थों की चार परतें (layers) होती है—

(1) सबसे नीचे की परत (bottom layer) एक *P*-टाइप सिलिकॉन की परत है जिसकी मोटाई लगभग 150 μm होती है। यह परत आई० सी० की बॉडी (body) अथवा सबस्ट्रेट (substrate) का कार्य करती है। इसी सबस्ट्रेट (substrate) पर इन्टीग्रेटेड परिपथ का निर्माण किया जाता है।

Scanned by CamScanner



चित्र 7.1 : (a) आई०सी० की संरचना



चित्र 7.1 (b) : चित्र 7.1 (a) में प्रदर्शित आई०सी० में फैब्रिकेट किये गये 5 परिपथ

(2) दूसरी परत (second layer) *N*-टाइप पदार्थ की होती है तथा इसकी मोटाई लगभग 25 μm होती है। यह परत पूरे सबस्ट्रेट पर एक क्रिस्टल के रूप में 'GROW' की जाती है। सबस्ट्रेट पर इस *N*-टाइप परत की सैटिंग की क्रिया को 'एपीटैक्सियल ग्रोथ' (epitaxial growth) कहते हैं। इस परत को एपीटैक्सियल परत (epitaxial layer) कहते हैं।

इस एपीटैक्सियल परत में *P*-टाइप तथा *N*-टाइप अशुद्धियों (impurities) का विसरण (diffusion) कर ट्रांजिस्टर, डायोड, कैपेसिटर (capacitor) तथा प्रतिरोध बनाये जाते हैं। विसरण की यह क्रिया सबसे जटिल है क्योंकि अशुद्धियों के विसरण (diffusion) के लिए एपीटैक्सियल परत में उचित एवं निश्चित क्षेत्र (precisely defined region) के चयन द्वारा ही आई० सी० में वांछित (required) अवयव का बनना निश्चित होता है।

(3) आई० सी० में तीसरी परत सिलिकॉन डाइ-ऑक्साइड (SiO_2) पदार्थ की होती है। SiO_2 एक विसंवाही पदार्थ (insulating material) है। यह परत एपिटैक्सियल परत के ऊपर होती है तथा इसका मुख्य कार्य एपिटैक्सियल परत में विसरित की गयी अशुद्धियों की रक्षा करना है। इसका कार्य आई० सी० को वातावरण के प्रभाव (धूल, मिट्टी इत्यादि) से बचाना भी है। इस (SiO_2) परत को बनाने (form) के लिए पहले एपिटैक्सियल परत को साफ किया जाता है तथा पॉलिश की जाती है। उसके पश्चात् सबस्ट्रेट को ऑक्सीजन वातावरण में लगभग 1000°C तक गर्म कर SiO_2 की परत एपिटैक्सियल परत के ऊपर बनायी जाती है।

आई० सी० में जिस स्थान पर विसरण (diffusion) करना होता है उस स्थान से SiO_2 की इनसुलेशन परत को खुरच (etched away) दिया जाता है तथा SiO_2 का शेष भाग एपीटैक्सियल परत की विसरण से रक्षा करता है। सिलिकॉन डाइ-ऑक्साइड को परत की आवश्यक स्थान (required place) पर एचिंग (etching) फोटोलियोग्राफिक क्रिया (photolithographic process) द्वारा की जाती है जिसका वर्णन आगे किया जायेगा।

(4) चतुर्थ परत (fourth layer) ऐल्यूमिनियम धातु की होती है। यह परत आई० सी० में फैब्रीकेट किये गये विभिन्न कम्पोनैन्ट्स के परस्पर संयोजन (inter-connection) के लिए प्रयुक्त की जाती है।

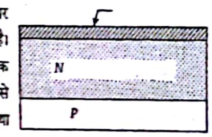
■ मोनोलिथिक आई० सी० का फैब्रिकेशन (Fabrication of Monolithic ICs)

आई० सी० में परिपथ अवयव (ट्रांजिस्टर, डायोड, प्रतिरोध तथा कैपेसिटर एवं उनके परस्पर संयोजन) फैब्रिकेट करने की कई विधियाँ हैं। इनमें सबसे प्रमुख विधि "प्लेनर डिफ्यूजन विधि" (Planar Diffusion Process) है। इस विधि में फैब्रिकेशन एक प्लेन वेफर (flat wafer) की सतह पर किया जाता है अतः इस विधि का नाम प्लेनर विधि (planar process) है। प्लेनर विधि से आई० सी० को फैब्रिकेट करने की मुख्य प्रक्रियाएँ निम्न हैं—

(i) एपिटैक्सियल ग्रोथ (Epitaxial layer growth)—एपिटैक्सियल परत 5μm से 25μm तक मोटी एक *N*-टाइप सिलिकॉन पदार्थ की परत (layer) होती है। यह परत *P*-टाइप सबस्ट्रेट पर रासायनिक क्रिया द्वारा बनायी (grow) जाती है। *P*-टाइप सबस्ट्रेट की प्रतिरोधकता लगभग 10 ohm-cm होती है।

एपिटैक्सियल ग्रोथ की क्रिया में एक निम्न प्रतिरोधकता (low resistivity) के सबस्ट्रेट पर उच्च प्रतिरोधकता वाले सिलिकॉन की एक पतली परत 'ग्रो' (grow) की जाती है। एपिटैक्सियल लेयर (*N*-टाइप पदार्थ) की प्रतिरोधकता 0.1 से 0.5 ohm-cm तक हो जाती है। चित्र 7.2 में एपिटैक्सियल परत की ग्रोथ प्रदर्शित की गयी है।

एपिटैक्सियल परत की पॉलिश एवं सफाई करने के पश्चात् इसके ऊपर सिलिकॉन डाइ-ऑक्साइड SiO_2 की लगभग 5000 Å मोटी परत बनायी जाती है। यह SiO_2 की परत एपिटैक्सियल परत को ऑक्सीजन के वातावरण में 1000°C तक गर्म करके बनायी जाती है। सिलिकॉन डाइ-ऑक्साइड का गुण है कि यह अपने में से अशुद्धियों का विसरण नहीं होने देती। चित्र 7.2 में सबस्ट्रेट, एपिटैक्सियल परत तथा सिलिकॉन डाइ-ऑक्साइड की परतें (layers) प्रदर्शित की गयी हैं।



चित्र 7.2 : एपिटैक्सियल ग्रोथ

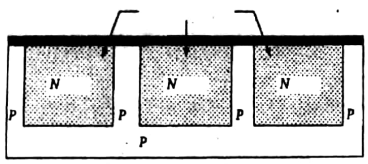
(ii) आइसोलेशन डिफ्यूजन (Isolation diffusion)—इस क्रिया में *P*-टाइप (acceptor) अशुद्धि, जैसे बोरॉन, को डिफ्यूजन की क्रिया द्वारा N-टाइप एपिटैक्सियल परत को भेदकर *P*-टाइप सबस्ट्रेट तक पहुँचाया जाता है परन्तु इस क्रिया (isolation difusion) को करने से पूर्व निम्न क्रिया की जाती है—

पहले फोटोलियोग्राफिक एचिंग (photolithographic etching) की क्रिया द्वारा सिलिकॉन डाइ-ऑक्साइड (SiO_2) की वेफर को चार विभिन्न स्थानों (चित्र 7.3) से हटाया जाता है। शेष बची हुई SiO_2 की परत *P*-टाइप अशुद्धि के विसरण के लिए मास्क (mask) का कार्य करती है। अब आइसोलेशन डिफ्यूजन की क्रिया, जैसा कि ऊपर वर्णन किया गया है, की जाती है। अर्थात् *P*-टाइप अशुद्धि (Boron) को इन चार स्थानों पर विसरण की क्रिया द्वारा एपिटैक्सियल परत (*N*-Type) को भेदकर *P*-टाइप सबस्ट्रेट तक पहुँचाया जाता है। इन विसरित (diffused) क्षेत्रों (*P*-टाइप) का संयोजन (electrical connection) नीचे वाली *P*-टाइप सबस्ट्रेट की परत से हो जाता है। कुछ विशेष रूप से चयनित (specially selected) स्थानों पर विसरण के कारण एपिटैक्सियल परत में तीन अलग-अलग *N*-टाइप क्षेत्र बन जाते हैं जिन्हें आइसोलेशन आइलैंड (isolation island) कहते हैं। चित्र 7.3 में *N*-टाइप शेडेड भाग आइसोलेशन आइलैंड है। आइसोलेशन का अर्थ है 'अलग होना'। चूँकि ये क्षेत्र दो बैक-टु-बैक (back to back) *P-N* जंक्शन द्वारा अलग हो जाते हैं अतः इन्हें आइसोलेटेड आइलैंड अथवा आइसोलेटेड क्षेत्र (isolated regions) कहते हैं।

आइसोलेटेड क्षेत्र का कार्य परिपथ के वभिन्न कम्पोनैन्ट्स को अलग-अलग रखना है। चित्र 7.4 में *P-N* जंक्शन के मध्य एक आइसोलेटेड क्षेत्र प्रदर्शित किया गया है। आई० सी० की बायसिंग के सन्दर्भ में ध्यान देने योग्य मुख्य बात यह है कि—

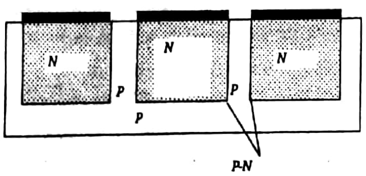
(a) *P*-टाइप सबस्ट्रेट को सदैव आइसोलेशन क्षेत्र (*N*-Type) की तुलना में ऋणात्मक विभव (negative potential) पर रखा जाता है जिससे कि *P-N* जंक्शन रिवर्स बायस में रहते हैं।

Scanned by CamScanner



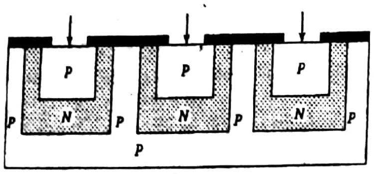
चित्र 7.3 : आइसोलेशन डिफ्यूजन

(b) *P-N* जंक्शन की रिवर्स बायसिंग के कारण उत्पन्न डिप्लीशन क्षेत्र का प्रतिरोध बहुत उच्च (tens of mega ohms) होता है जिसके फलस्वरूप आइसोलेशन क्षेत्र विद्युतीय रूप से सबस्ट्रेट से अलग (electrically isolated) हो जाते हैं। यह प्रक्रिया जंक्शन आइसोलेशन कहलाती है।



चित्र 7.4 : आइसोलेशन क्षेत्र का रिवर्स बायस *P-N* जंक्शन द्वारा अलग होना

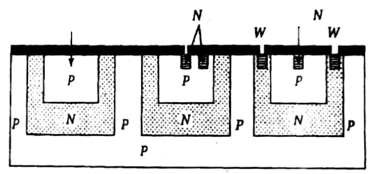
(iii) बेस डिफ्यूजन (Base diffusion)—बेस डिफ्यूजन के लिए वेफर के ऊपर सिलिकॉन डाइ-ऑक्साइड की एक परत और बनायी जाती है तथा फोटोलिथोग्राफिक क्रिया (एचिंग) द्वारा ऑक्साइड को कुछ और स्थानों से हटाकर (चित्र 7.5) इनमें *P*-टाइप अशुद्धि (बोरॉन) का डिफ्यूजन किया जाता है। इस विधि में ट्रांजिस्टर के बेस के अतिरिक्त प्रतिरोध (resistors), डायोड के एनोड टर्मिनल (anodes of diodes) तथा जंक्शन कैपेसिटर्स (junction capacitors) भी बन जाते हैं। बेस डिफ्यूजन में *P*-टाइप पदार्थ का डिफ्यूजन इस सीमा तक किया जाता है कि ये सबस्ट्रेट तक न पहुँचें।



चित्र 7.5 बेस डिफ्यूजन

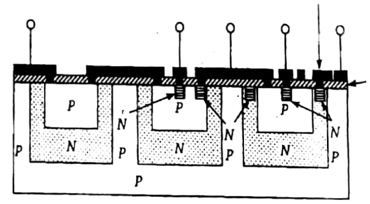
(iv) एमिटर डिफ्यूजन (Emitter Diffusion)—एमिटर डिफ्यूजन के लिए सम्पूर्ण वेफर की सतह पर ऑक्साइड की एक परत और लगायी जाती है तथा मास्किंग (masking) एवं एचिंग की क्रिया द्वारा *P*-टाइप क्षेत्र में कुछ स्थानों पर ऑक्साइड हटाकर (चित्र 7.6) विन्डो (window) बनायी जाती है। इन विन्डो (खुले स्थान या opening) में *N*-टाइप अशुद्धि,

जैसे फॉस्फोरस का डिफ्यूजन किया जाता है। ये *N*-टाइप क्षेत्र ट्रांजिस्टर के एमिटर डायोड के कैथोड टर्मिनल तथा जंक्शन कैपेसिटर (जिसकी भी आवश्यक हो) का कार्य करते हैं। *N*-टाइप क्षेत्र में ही कुछ अन्य विन्डो W_1, W_2 इत्यादि और बनायी जाती हैं। इन विन्डो से कम्पोनैन्ट के संयोजन (connection) के लिए ऐल्यूमिनियम धातु की लीड (leads) जोड़ी जाती हैं। जिस स्थान पर ऐल्यूमिनियम धातु का संयोजन किया जाता है उस जगह पर फॉस्फोरस डिफ्यूजन के समय *N*-टाइप पदार्थ की सांद्रता (concentration) अधिक (N^+) कर दी जाती है।



चित्र 7.6 : एमिटर डिफ्यूजन

(v) ऐल्यूमिनियम मैटलाइजेशन (Aluminium Metallization)—उपरोक्त विधियों का प्रयोग कर सिलिकॉन वेफर में सभी *P-N* जंक्शन तथा प्रतिरोध बनाये जाते हैं। अब इन कम्पोनैन्ट्स को परिपथ के अनुसार परस्पर संयोजित (inter-connect) करने का कार्य शेष रह जाता है। इस कार्य के लिए सबसे पहले उन सभी विन्डो (windows) को, जिनमें डिफ्यूजन की क्रिया की गयी है, सिलिकॉन डाइ-ऑक्साइड की परत द्वारा बन्द कर दिया जाता है तथा उन स्थानों पर और अन्य विन्डो बनायी जाती हैं जहाँ पर विद्युतीय संयोजन करना है। यह चित्र 7.7 में प्रदर्शित किया गया है। इसके पश्चात् वैक्यूम डिपॉजिशन (vacuum deposition) की प्रक्रिया द्वारा सम्पूर्ण वेफर पर एक समान पतली (uniform thin) परत की कोटिंग (coating) कर अन्तर्संयोजन (inter-connection) किये जाते हैं। इसके पश्चात् 'फोटोरजिस्ट' (photoresist) विधि द्वारा अनावश्यक (undesired) ऐल्यूमिनियम की एचिंग की जाती है। इस प्रकार ICs के सभी कम्पोनैन्ट्स का आवश्यकतानुसार संयोजन (चित्र 7.7) हो जाता है।



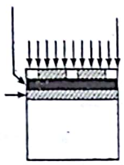
चित्र 7.7 I : Cs कम्पोनैन्ट्स का ऐल्यूमिनियम मैटलाइजेशन

(vi) मास्किंग तथा एचिंग अथवा फोटोलिथोग्राफी (Masking and Etching or Photolithography)—ICs बनाने की मोनोलिथिक क्रिया में अशुद्धियों के डिफ्यूजन के लिए वेफर पर लगायी गयी SiO_2 की परत को कुछ विशेष (selective) स्थानों से हटाना पड़ता है। इस कार्य को 'फोटोलिथोग्राफी' (photolithography) द्वारा किया जाता है। यह क्रिया निम्नवत् है—

Scanned by CamScanner

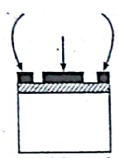
(a) सर्वप्रथम वेफर पर किसी फोटोसैन्सिटिव पदार्थ (photosensitive emulsion) जैसे 'कोडक फोटोरजिस्ट KPR' (Kodak photoresist KPR) की एक पतली फिल्म की कोटिंग (coating) की जाती है।

(b) वेफर पर जिस-जिस स्थान पर विन्डो बनानी है उसका एक बड़ा श्याम-श्वेत (black and white) पैटर्न बनाया जाता है तथा उसे फोटोग्राफी विधि से आवश्यकता के अनुसार छोटा (reduce) किया जाता है। इस निगेटव को मास्क (mask) कहते हैं। यह मास्क वास्तव में ICs के आकार का एक स्टैंसिल होता है। इस मास्क (स्टैंसिल) को 'फोटोरजिस्ट' फिल्म के ऊपर रखा जाता है जैसा कि चित्र 7.8 में प्रदर्शित किया गया है। अब इस मास्क पर अल्ट्रावॉयलेट किरणें (ultraviolet rays) डाली जाती हैं। ये किरणें मास्क के पारदर्शी (transparent) भाग को भेदकर फोटोरजिस्ट फिल्म (KPR) का पॉलीमेराइजेशन (polymerisation) करती हैं।



चित्र 7.8

(c) मास्क हटाकर वेफर को ट्राइक्लोरोइथालीन रसायन में डैवलप (develop) किया जाता है। यह रसायन (chemical) फोटोरजिस्ट (KPR) के उस भाग को घोल देता है जिसका पॉलीमेराइजेशन नहीं हुआ है तथा वेफर की सतह पर अल्ट्रावॉयलेट किरणों द्वारा चित्र 7.9 में प्रदर्शित जैसा पैटर्न बन जाता है।



चित्र 7.9 : KPR फोटोरजिस्ट के डेवलपमेंट के पश्चात् वेफर सतह पर पैटर्न

फोटोरजिस्ट पदार्थ का शेष भाग (जो कि मास्क पर बनाये गये पैटर्न की छाया होता है) वेफर पर फिक्स हो जाता है तथा आगे की जाने वाली एचिंग की क्रिया से भी प्रभावित नहीं होता।

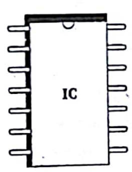
(d) अब चिप को हाइड्रोफ्लोरिक एसिड में डुबोया जाता है। यह एसिड एचिंग विलयन (etching solution) का कार्य करता है। यह उन क्षेत्रों से सिलिकॉन डाइ-ऑक्साइड (SiO_2) को हटा देता है जहाँ पर डिफ्यूजन किया जाना है। सिलिकॉन डाइ-ऑक्साइड का वह भाग, जिस पर फोटोरजिस्ट (KPR) जम जाता है, इस एसिड से प्रभावित नहीं होता।

(e) इसके पश्चात् अशुद्धियों का डिफ्यूजन किया जाता है तथा KPR मास्क को कुछ विशेष रसायन, जैसे गर्म सल्फ्यूरिक एसिड (hot sulphuric acid) तथा अन्य रासायनिक क्रिया द्वारा हटा दिया जाता है।

एचिंग के पश्चात् चित्र 7.10 में प्रदर्शित जैसी चित्र प्राप्त होती है।

चित्र 7.10

प्रायः एक सिलिकॉन वेफर पर एक ही प्रकार के सैकड़ों परिपथ बनाये जाते हैं। ऐल्यूमिनियम मैटेलाइजेशन के पश्चात् वेफर को हीरे की टिप (diamond tipped) वाले औजार (tool) से स्क्राइबिंग तथा डाइसिंग (scribing and dicing) कर अलग-अलग परिपथों में काट दिया जाता है। प्रत्येक IC में उचित जगह पर स्वर्ण (gold) के तार की बाइंडिंग कर दी जाती है। इसके पश्चात् प्रत्येक IC की पैकिंग कर दी जाती है। IC को परिपथ में संयोजित करने के लिए टर्मिनल इस पैकिंग से बाहर निकले रहते हैं जैसा कि चित्र 7.11 में प्रदर्शित किया गया है। IC में निर्मित परिपथ की पहचान के लिए टर्मिनलों पर (1), (2), (3), (4) इत्यादि संख्याएँ प्रिन्ट कर ली जाती हैं तथा प्रत्येक IC के टर्मिनलों का विवरण निर्माता अपने पैकेज के साथ उपलब्ध कराते हैं। परिपथ के फंक्शन के आधार पर प्रत्येक IC का एक कोड नम्बर होता है जैसे IC 555, IC 3046 इत्यादि। इन ICs का सम्पूर्ण विवरण IC डाटा बुक से प्राप्त किया जा सकता है।



चित्र 7.11

7.4. आई० सी० पैकेजिंग (IC Packaging)

लीनियर ICs में सामान्यतः तीन प्रकार के पैकेज उपलब्ध हैं—

1. फ्लैट पैक (Flat pack), 2. मैटल कैन अथवा ट्रांजिस्टर पैक (Metal can or transistor pack), 3. डुएल-इन-लाइन अथवा DIP पैकेज (Dual-in-line or DIP package)

फ्लैट पैक में चिप को एक आयताकार सिरैमिक केस (ceramic case) में बन्द किया जाता है तथा टर्मिनल लीड्स (leads) चित्र 7.12 (a) के समान साइड से बाहर निकाले जाते हैं। फ्लैट पैक 8, 10, 14 तथा 16 लीड्स में उपलब्ध हैं।

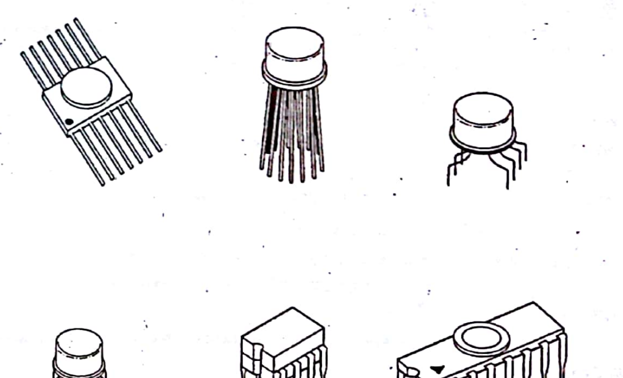
मैटल कैन में चिप को एक मैटल केस में बन्द किया जाता है। [चित्र 7.12 (b), (c), (d)]। इसमें 3, 5, 8, 10 अथवा 12 पिनें हो सकती हैं। मैटल कैन पैकेज की ऊष्मा क्षय की क्षमता उत्तम होती है।

डुएल-इन-लाइन (or DIP) पैकेज में चिप को चित्र 7.12 (c) तथा 7.12 (f) के अनुसार प्लास्टिक अथवा सिरैमिक के अन्दर माउन्ट किया जाता है। DIP पैकेज का उपयोग व्यापक रूप से किया जाता है क्योंकि इसे सरलता से माउन्ट किया जा सकता है। यह 8, 12, 14, 16 तथा 20 पिन में उपलब्ध है।

डिजिटल ICs में पिन अधिक बड़ी होती है तथा उनकी संख्या 40 से अधिक हो सकती है।

7.5. पैकेज का चयन (Selecting an IC Package)

सामान्यतः DIP पैकेज का चयन किया जाता है क्योंकि इसे ब्रैड-बोर्ड अथवा PCB पर सरलता से माउन्ट किया जा सकता है। इसकी लीड्स के मध्य स्पेसिंग भी अधिक होती है। सिरैमिक DIP, प्लास्टिक DIP से अधिक महँगे होते हैं परन्तु सिरैमिक में ऊष्मा क्षय अधिक होता है।



Scanned by CamScanner

फ्लैट पैक अधिक विश्वसनीय तथा DIP पैकेज की तुलना में हल्के होते हैं अत: वायु में प्रयुक्त उपकरण (air applications) के लिए उपयागी हैं।

मैटल कैन उन ICs के लिए उपयोगी हैं जो अपेक्षाकृत उच्च पावर पर ऑपरेट होते हैं तथा उनमें ऊष्मा भी अधिक क्षय होती है।

7.6. कम्प्यूटर मैमोरी का वर्गीकरण (Classification of Computer Memory)

कम्प्यूटर स्मृति को हम दो वर्गों में वर्गीकृत कर सकते हैं—

(1) अर्द्धचालक मैमोरी (Semiconductor Memory)

(2) चुम्बकीय मैमोरी (Magnetic Memory)

(1) अर्द्धचालक मैमोरी (Semiconductor Memory)—यह दो प्रकार की होती है—

(I) रैम (RAM)—Random Access Memory

(a) स्थैतिक रैम (Static RAM), (b) गतिक रैम (Dynamic RAM)

(II) रोम (ROM)—Read only Memory

(a) MASK ROM, (b) PROM—Programmable Read only Memory, (c) EPROM—Erasable programmable Read only Memory, (d) EEPROM—Electrically Erasable Programmable Read only Memory.

(2) चुम्बकीय मैमोरी (Magnetic Memory)—इसके उदाहरण निम्नलिखित हैं—

(i) चुम्बकीय टेप (Magnetic tape)—in the form of cassettes, (ii) चुम्बकीय कोर (Magnetic core), (iii) फ्लॉपी डिस्क (Floppy disk), (iv) कठोर डिस्क (Hard disk)

7.7. कम्प्यूटर स्मृति युक्तियों के निर्माण में प्रयुक्त इन्जीनियरी पदार्थ (Materials used in the Manufacturing of Computer Memory devices)

कम्प्यूटर स्मृति युक्तियों के निर्माण में निम्नलिखित इन्जीनियरी पदर्थ प्रयोग में लाये जाते हैं—

(i) चालक पदार्थ (Conductors)—कॉपर एक चालक पदार्थ है जिसका उपयोग चालकों को बनाने में किया जाता है। इसी प्रकार इलेक्ट्रॉनिक युक्तियों में प्रयुक्त प्रिंटिड सर्किट बोर्ड (Printed circuit board) पर माउण्ट किये गये इलेक्ट्रॉनिक भागों जैसे ट्रांजिस्टर, फील्ड इफैक्ट ट्रांजिस्टर (FET), इन्टीग्रेटेड सर्किट्स (IC's) को डी० सी० सप्लाई, इनपुट सिग्नल देने तथा आवश्यकता अनुसार स्टोर्ड सूचनाओं (stored information) को आउटपुट इकाई को भेजने के लिये कॉपर की पतली पत्ती PCB पर सर्किट ले-आउट के अनुसार उचित आसंजक पदार्थ द्वारा चिपकायी जाती है।

(ii) अर्द्धचालक पदार्थ (Semiconductor Materials)

कम्प्यूटर मैमोरी युक्तियों के निर्माण में अधिकतर IC chips का प्रयोग किया जाता है।

IC Chips—जब एक पैकिंग में अनेकों इन्टीग्रेटेड सर्किट्स (IC's) को फेब्रीकेट किया जाता है तो वह IC chip कहलाती है। यह तीन प्रकार की होती है—

(1) SIMM—Single Inline Memory Module. (2) DIMM—Dual Inline Memory Module. (3) RIMM—Rambus Inline Memory Module.

चूँकि IC's के निर्माण में डायोड, ट्रांजिस्टर, मेटल ऑक्साइड फील्ड इफैक्ट ट्रांजिस्टर का प्रयोग किया जाता है तथा यह भी (डायोड, ट्रांजिस्टर, MOSFET) अर्द्धचालक पदार्थों से निर्मित किये जाते हैं, जैसे सिलिकॉन, जर्मेनियम (silicon,

germanium) तथा इनमें कुछ अन्य पदार्थ जैसे गैलियम, इन्डियम, बोरोन, आर्सेनिक आदि बहुत सूक्ष्म मात्रा में अशुद्धि के रूप में मिलायी जाती है तब सिलिकॉन अथवा जर्मेनियम को *N*-type तथा *P*-type अर्द्धचालक में परिवर्तित किया जाता है अर्थात् कम्प्यूटर मैमोरी के निर्माण में अर्द्धचालक पदार्थों का प्रयोग किया जाता है।

(iii) विद्युतरोधी पदार्थ (Insulating Materials)—कम्प्यूटर मैमोरी युक्तियों के निर्माण में निम्नलिखित विद्युतरोधी पदार्थ प्रयोग में लाये जाते हैं—

(a) **बैकेलाइट** (Bakelite)—बैकेलाइट एक विद्युतरोधी पदार्थ है। इसका विस्तृत अध्ययन हम अध्याय-3 में कर चुके हैं। इसका उपयोग प्रिंटेड सर्किट बोर्ड को बनाने के लिये आधार (base) के रूप में इसकी पतली शीट का प्रयोग किया जाता है।

(b) **माइलर** (Mylar)—कम्प्यूटर मैमोरी युक्ति के रूप में मैग्नेटिक टेप (Magnetic tape) जो कि Data को संग्रहीत करने तथा आवश्यकतानुसार पुनः पेश (reproduce) करने की क्षमता रखता है, के टेप के निर्माण में माइलर (Mylar) की पतली फिल्म का प्रयोग किया जाता है। माइलर एक ऊष्मा प्लास्टिक श्रेणी का पॉलीमर रेजिन है।

(c) **पी० वी० सी० (P.V.C.)**—यह ऊष्म प्लास्टिक श्रेणी का पॉलीविनायल क्लोराइड पॉलीमर रेजिन है। इसका प्रयोग कम्प्यूटर मैमोरी युक्तियों में सूचनाओं को रिकार्ड करने के समय धारा प्रवाह होने वाले भागों को विद्युतरोधित (Insulate) करने का कार्य करता है।

(iv) चुम्बकीय पदार्थ (Magnetic Materials)—फैरिक ऑक्साइड तथा क्रोमियम ऑक्साइड (Fe_2O_3, Cr_2O_3) के सूक्ष्म कणों की पतली परत (Thin film) माइलर पदार्थ से बनी टेप पर चढ़ाकर कम्प्यूटर की मैमोरी की युक्ति के रूप में प्रयोग किये जाते हैं। यह फ्लापी डिस्क (floppy disk) या मैग्नेटिक टेप (Magnetic tape) के रूप में प्रयोग की जाती है।

7.8. वैरिस्टर (Varistor)

वैरिस्टर एक अर्द्धचालक प्रतिरोध है, जिसका वैद्युत प्रतिरोध प्रयुक्त वोल्टता के परिवर्तित होने से अरेखीय व समान (non-linearly and equally) परिवर्तित होता है। इसको हम V.D.R. (Voltage Dependent Resistor) के नाम से भी जानते है। यह निम्न दो प्रकार के होते है—

(i) सममित वैरिस्टर (Symmetrical Varistors)—ये सिलिकॉन कार्बाइड के चूर्ण तथा सेरेमिक आसंजक पदार्थों को मिलाकर बनाये जाते हैं। इस प्रकार के प्रतिरोधक की विशेषता यह है कि इसमें स्थिर मान की धारा प्रवाहित होती है तथा वोल्टेज के परिवर्तित होने से इसका प्रतिरोध परिवर्तित होता है। सिमेट्रीकल वैरिस्टर कहलाता है। अतः सिमेट्रीकल वैरिस्टर को प्रयुक्त वोल्टता में होने वाले उतार-चढ़ाव को नियंत्रित करने के लिये प्रयोग किया जाता है।

उपयोग—इसका उपयोग विद्युत और इलेक्ट्रॉनिक परिपथो मे किया जाता है, जैसे— तड़ित रक्षण (surge protector), वोल्टमीटर तथा टेलीविजन।

(ii) असममित वैरिस्टर (Unsymmetrical varistor)—असममित वैरिस्टर भी अर्द्धचालक पदार्थों से निर्मित होते हैं। इनकी विशेषता यह है कि इसमें से प्रवाहित धारा का मान धारा के प्रवाह की दिशा में नियंत्रित होता है। इसलिये इसे वैरिस्टर डायोड भी कहते हैं।

उपयोग—असममित वैरिस्टर का उपयोग कुछ विशेष प्रकार के परिपथों में दिष्टकारी (Rectifier) के रूप में किया जाता है।

Scanned by CamScanner

7.9. थर्मिस्टर (Thermistor)

थर्मिस्टर दो शब्दों 'थर्मल' + 'रजिस्टर' से मिलकर बना है अर्थात् थर्मिस्टर वह प्रतिरोध है जिसका प्रतिरोध तापमान परिवर्तन के साथ परिवर्तित होता है। अतः थर्मिस्टर एक तापमान संवेदनशील (sensitive) प्रतिरोध है। इसका निर्माण धातुओं जैसे निकिल, मैंगनीज तथा कोबाल्ट के ऑक्साइड के मिश्रण से होता है तथा यह धनात्मक ताप गुणांक (Positive Temperature coefficient) का गुण रखता है। प्रयुक्त वोल्टेज का मान बढ़ने तथा बाह्य तापमान बढ़ने से इसके प्रतिरोध का मान बढ़ जाता है तथा इसमें से प्रवाहित होने वाली धारा क मान कम हो जाता है।

उपयोग—थर्मिस्टरों का उपयोग रेफ्रिजरेटरों में तापमान नियंत्रण, प्रकाश सैलों, स्टेवलाइजरों (stabilizers), वोल्टेज रेगुलेटरों, धारा नियन्त्रण, ताप नियन्त्रण युक्तियों में किया जाता है।

7.10. सैन्सिस्टर (Sensistor)

सैन्सिस्टर वह प्रतिरोध है, जिसका प्रतिरोध तापमान परिवर्तन के साथ परिवर्तित होता है। तापमान बढ़ने के साथ सैन्सिस्टर का प्रतिरोध बहुत तेज़ी (exponentially) के साथ बढ़ता है। यह अर्द्धचालक पदार्थों से निर्मित किया जाता है तथा इसका ताप गुणांक धनात्मक (positive temperature coefficient) होता है। सेन्सिस्टर एक heavily doped semiconductor से निर्मित थर्मिस्टर है।

उपयोग—इसका उपयोग इलेक्ट्रॉनिक परिपथों में तापमान के परिवर्तन से उत्पन्न प्रभावों की क्षतिपूर्ति (compensation) में किया जाता है।

7.11. संरचनात्मक पदार्थ (Structural Materials)

ढलवाँ लोहा (cast iron) इस्पात (steel) प्रकाष्ट (timber) प्रबलित कंकरीट (reinforced concrete) ऐसे सामान्य पदार्थ हैं जो इन कार्यों के लिए प्रयोग होते हैं।

ढलवाँ लोहा (cast iron) ऐसा पदार्थ है जिसे छोटी व मध्यम आमान (small and medium sized) को वैद्युत मशीनों के ढाँचों के लिए प्रयोग किया जाता है।

इस्पात का प्रयोग, बड़ी मशीनों के स्वरचित ढाँचों (fabricated frames) ट्रांसफॉर्मर की टंकियों संचार टावरों के स्वरचन और अन्य बहुत से कार्यों के लिए होता है।

प्रकाष्ट (timber) तथा प्रबलित कंकरीट (reinforced concrete) का प्रयोग सामान्य: शिरोपरि लाइनों के खंभों के लिए होता है।

7.12 रक्षात्मक पदार्थ (Protective Materials)

7.12.1. सीसा (Lead)

सीसा मृदु, भारी तथा नीला सुरमई धातु है। यह अनेक रासायनिक क्रियाओं का रोधी है पर Nitric acid, Acetic acid चूने (lime) तथा सड़े हुए कार्बनिक पदार्थों से संक्षारित (Corroded) होता है। सीसा (lead) की वैद्युत चालकता ताँबे की चालकता की केवल 7.8% है। सीसा (lead) और उसके यौगिक (Compounds) विषैले (toxic) होते हैं। चूँकि सीसा कमजोर होता है। इसलिए वह उच्च तापमानों पर कम्पन्नों को सहन नहीं कर पाता है। विद्युत अभियन्त्रण के क्षेत्र में सीसा संचायक बैट्रियों तथा केबिलों पर कवच या आवरण के लिए प्रयोग किया जाता है। केबिल पर शुद्ध सीसे के आवरण में कम्पन्नों के कारण दरारें पड़ने से वह कार्य के दौरान खराब हो जाता है। पर इस कठिनाई को समाप्त करने के लिए, सीसे को एन्टीमनी, टिन, कैडमियम तथा ताँबे के साथ धातुमिश्रित करके प्रयोग किया जाता है।

सीसा, जस्ता और टिन के साथ आसानी से धातुमिश्रित होता है और अनेक व्यावसायिक धातुमिश्रों को बनाता है जिनमें झाल तथा बियरिंग की धातु भी है।

7.12.2. इस्पात लपेटन तार व पट्टियाँ (Steel Tapes, Wires and Strips)

इस्पात लपेटन तार तथा पट्टियाँ सामान्यतः खान, भूमिगत तथा मौसमरोधी केबिलों आदि के लिए रक्षात्मक पदार्थ के रूप में प्रयोग होते हैं।

7.12.3. बिटुमिन (Bitumens)

इसे संक्षारण (corrosion) से बचाव के लिए प्रयोग किया जाता है।

7.12. अन्य पदार्थ (Other Materials)

7.12.1. ताप वैद्युत युग्म पदार्थ (Thermo Couple Materials)

जब दो विभिन्न धातुओं के तारों को एक साथ जोड़ा जाता है, तो इस युग्मन (junction) पर एक विद्युत वाहक बल (e.m.f.) पाया जाता है जिसका मान धातुओं अथवा धातुमिश्रों के प्रारूप पर निर्भर होता है और युग्मन के तापमान के समानुपाती होता है। यह वि० वा० बल (e.m.f.) अति निम्न होता है और इसे मापने का प्रयास तभी सफल होगा जब और अधिक युग्मनों को बनाकर वि० वा० बलों में वृद्धि की जाए। सभी युग्मनों का तापमान समान होता है। पूरे परिपथ का परिणामी वि० वा० बल शून्य होता है। पर यदि एक युग्मन का तापमान भिन्न हो तो परिणामी वि० वा० बल शून्य नहीं होगा। यह परिणामी वि०वा० बल युग्मनों का तापमान अन्तर के समानुपाती होता है और इसे **"ताप-वैद्युत वि० वा० बल"** कहते हैं।

ताप-वैद्युत युग्म द्वारा उत्पादित वि० वा० बल (e.m.f.) अति निम्न होता है पर इसे बड़ी हद तक प्रत्यार्थता (reasonable accuracy) के साथ एक संवेदनशील गतिक कुण्डली वाले मिलीवोल्टमीटर द्वारा मापा जा सकता है। इसे तापमान के पैमाने में भी बनाया जा सकता है और ताप वैद्युत युग्म, तापमान मापन के लिए प्रयोग किया जा सकता है। यदि एक युग्मन जिसे ठण्डा युग्मन कहा जाता है, किसी एक ज्ञात तापमान पर है तो उत्पन्न वि० वा० बल (e.m.f.) का मान दूसरे युग्मन तापमान के अनुकूल ही होगा। यही ताप वैद्युत युग्मतापी का सिद्धान्त है जैसा कि पूर्वतः कहा गया है, ताप वैद्युत युग्म भिन्न धातुओं के बनते हैं। पदार्थ का चयन इस बात पर निर्भर होगा कि मापन के तापमान पर परिसर (range of temperature to be measured) क्या है? (देखें तालिका 7.1)

सारणी 7.1 : ताप वैद्युत युग्म क लिए प्रयुक्त पदार्थ (10°C के ठण्डे युग्म पर)

पदार्थ (Material)	तापमान परिसर (Temperature Range °C)	विद्युत वाहक बल (Electromotive force, 500°C पर mV)
ताँबा/कांस्टैन्टन	–200 से 400	27.6
लोहा/कांस्टैन्टन	0 से 900	26.7
निकिल/निकिल क्रोमियम	0 से 1100	10.0
प्लैटिनम/प्लैटिनम-सोडियम	500 से 1400	4.5

7.12.2. द्विधातु (Bi-Metal)

द्विधातु दो असमान धातुओं की पट्टियों (Strips) से बनती है जिनके तापीय प्रसार गुणांक (Coefficients of thermal expansion) भिन्न होते हैं। एक निश्चित तापमान पर यह पट्टी मुड़ जाती है और एक स्विच या स्विच के लीवर को क्रियांवित कर देती है। इस द्विधातु पट्टी को सीधे ही प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष ढंग से गर्म कर सकते हैं। गर्म करने पर यह एकक (element)

Scanned by CamScanner

इस प्रकार वक्र के आकार में मुड़ जाती है कि अधिक प्रसार गुणांक वाली धातु वक्र आर्क के बाहरी ओर तथा कम प्रसार गुणांक वाली धातु आर्क की भीतरी ओर होगी। ठण्डी होने पर एकक (elements) विपरीत दिशा में मुड़ जाती हैं। द्विधातु की एक पट्टी के लिए लोहे और निकिल की मिश्रधातुओं को प्रयोग किया जाता है कि जिनके तापीय प्रसार गुणांक निम्न होते हैं। दूसरी पट्टी के लिए उच्च ताप प्रसार गुणांक के पदार्थ जैसे लोहे, निकिल, कांस्टैन्टन, पीतल (brass) आदि को प्रयोग किया जाता है।

द्विधातु पट्टियों को वैद्युत उपकरणों में तथा रिले और नियन्त्रक जैसे युक्तियों में प्रयोग किया जाता है, उदाहरण के लिए किसी ऊष्मक में एक निश्चित (स्थिर) तापमान को बनाए रखने के लिए एक सरल द्विधातु नियन्त्रक से काम लिया जा सकता है।

एक द्विधातु रिले या अटकन (relase) को विद्युत मोटर या विद्युत परिपथ की अतिभार से सुरक्षा के लिए भी प्रयोग किया जा सकता है। ऐसी स्थिति में परिपथ धारा को द्विधातु पट्टी में से प्रवाहित किया जाता है। जब समायोजन के अनुसार सुनिश्चित धारामान से धारा अधिक हो जाएगी तो पट्टी इतनी गर्म हो जाएगी कि वह मुड़कर सीधे ही या किसी रिले के माध्यम से, परिपथ को विच्छेदित कर देगी।

■ 7.12.3. झाल पदार्थ (Soldering Materials)

आधार धातुओं के लिए, निम्न गलनांक वाले दो या अधिक धातुओं द्वारा निर्मित एक धातुमिश्र (alloy) को "झालन" (soldering) कहते हैं। धातुओं को जोड़ने के लिए प्रयोग होने वाले धातुमिश्र को "झाल" कहा जाता है। सामान्यत: प्रयोग होने वाला झाल 50 प्रतिशत सीसा और 50 प्रतिशत टिन से निर्मित होता है। उसका गलनांक लगभग 185° C होता है। इसकी तनन सामर्थ्य 385 kg/cm^2 और वैद्युत चालकता ताँबे की 10% तक होती है।

अनेक व्यावसायिक झालों में, सीसे का प्रतिशत और अधिक होता है और कुछ मात्रा में एन्टीमनी के साथ कम मात्रा में टिन का अंश होता है। उत्तम गुणवत्ता वाले झालों में, जिनका प्रयोग वैद्युत बनाने में किया जाएगा, कम से कम 40% तक टिन का होना आवश्यक है क्योंकि सीसे की वैद्युत चालकता टिन की लगभग आधी होती है। सही झालन के लिए फ्लक्स का होना भी आवश्यकत। है। झालन प्रक्रम में फ्लक्स लगाने पर, झालन किए जाने वाली सतह से ऑक्साइड को हटाने की क्रिया होती है। वह झालन एकक के योग के समय धातुओं को अनाक्सीकृत (deoxidise) करते हैं। साधारण झालन में, जस्त का क्लोराइड एक सामान्य फ्लक्स है। चर्बी रेजिन तथा जैतून के तेल को भी झालन के फ्लक्स के लिए प्रयोग किया जा सकता है। अक्सर झाल तार के साथ ही फ्लक्स की व्यवस्था होती है। ऐसी स्थिति में, अतिरिक्त फ्लक्स की आवश्यकता नहीं होती है।

झाल दो प्रकार के होते हैं। मृदु झाल तथा कठोर झाल। मृदु झाल, सीसे और टिन की विभिन्न मात्राओं (विभिन्न अनुपात) से बनते हैं। कोई भी झाल जिसका गलनांक सीसे टिन झाल से अधिक है "कठोर झाल" कहलाता है। सामान्य कठोर झाल है, चाँदी के झाल, ऐल्यूमिनियम झाल, ताँबा-जस्त झाल इत्यादि। कठोर झालों का गलनांक उच्च होता है। इसलिए इन्हें ऐसी धातुओं के लिए प्रयोग किया जाना चाहिए जो उच्च ताप सहन कर सकें।

मृदु झाल का सबसे महत्त्वपूर्ण अनुप्रयोग इलैक्ट्रॉनिकी युक्तियों में है तथा कठोर झाल का अनुप्रयोग शक्ति उपकरणों में स्थाई सम्बन्धन बनाने के लिए है।

ऐल्यूमिनियम केबिल के युग्मन के लिए झाल व फ्लक्स (Solder and fluxf for Aluminium cable Jointing)—परम्परागत झालों (Conventional solders) और फ्लक्सों द्वारा ऐल्यूमिनियम का झालन, उसकी सतह पर जमी कठोर ऑक्साइड परत के कारण सम्भव नहीं है। फ्राई मैटल फाउनड्रीस के लन्दन स्थित सहभागी ने ऐल्युमिनियम को जोड़ने के लिए एक उपयुक्त झाल तथा फ्लक्स को विकसित किया है और इसके परिणामस्वरूप एलका-पी (Alca P) नाम से झाल का विकास हुआ है। एल्का-पी या झाल विशेष प्रक्रम द्वारा अलौकिक उच्च शुद्धता वाले कच्चे माल से बनता है।

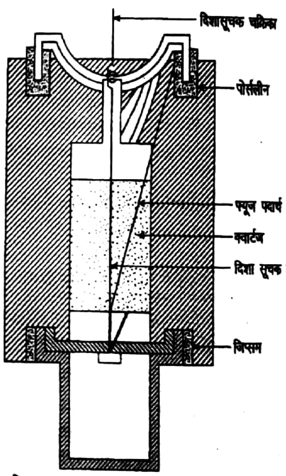
सं० 7 फ्लक्स (Eyra No. 7 Flux)—यह कार्बनिक फ्लक्स का विकसित प्रारूप है जो ऐल्यूमिनियम केब्रिल युग्मन में एलका-पी० के साथ प्रयोग किया जाता है। यह अपघटन (decomposition) पर, जो जोड़ बनाने के लगभग 316° C (600° F) के तापमान से कम पर घटित होता है, क्रोड की लड़ी पर से रैफ्रीक्टरी के ऑक्साइड को हटाकर उसके सतह को झालनशील बनाता है। फ्लक्स के अवशेष (residues) के कम आपेक्षिक घनत्व के कारण, इनके स्थान को झाल ग्रहण करते है और धातुओं के बीच एक सशक्त सम्पर्क बनाते है।

अकार्बनिक प्रारूप की (inorganic type) प्रतिक्रिया फ्लक्सों तथा वैल्डन तकनीकी की तुलना में उनमें एक और लाभ यह भी है कि झालन के तापमान को निम्न 316° C अर्थात् 600° F तक निम्न रखकर, कागज विद्युतरोधन और संसेचन (impregnations) की क्षति से बचाया जा सकता है।

■ 7.12.4. फ्यूज तथा फ्यूज पदार्थ (Fuse and Fuse Materials)

फ्यूज एक रक्षात्मक युक्ति है, जिसमें एक पतला तार या पट्टी होती है। इस पतले तार या पट्टी को, उस परिपथ के श्रेणी क्रम में लगाया जाता है जिसकी सुरक्षा करनी है ताकि परिपथ की धारा उसके द्वारा होकर प्रवाहित हो। जब यह धारा बहुत अधिक होगी तब तार अथवा पट्टी के तापमान के इतनी वृद्धि होगी कि तार अथवा पट्टी गल जाएगी और परिपथ में बाधा बनाकर प्रदाय को रोक देगी।

फ्यूज द्वारा धारा की रोक इस प्रकार होती है: तार के गलने पर धातु आयन एक आर्क बनाते हैं और एक चालकपथ के रूप ले लेते हैं जिसके द्वारा धारा प्रवाह सतत रहता है। इस आर्क को बुझाने के लिए आर्क पथ में प्रतिरोध बढ़कर इतना अधिक हो जाना चाहिए कि उपलब्ध वोल्टता उस आर्क को बनाए रखने में सक्षम न रहे पाए।



चित्र 7.13 : एक कारतूस फ्यूज का अनुप्रस्थ काट चित्र। (Gross sectional view of cartridge fuse)

किसी फ्यूज में उचित रूप से आर्क को बुझाने के उद्देश्य से निम्नलिखित अपाय किए जा सकते हैं—

1. फ्यूज तार के लिए ऐसा तार चुना जाना चाहिए जिसके धातु आयनों में गलने के पश्चात् निम्न चालकता हो। चाँदी (रजत) आमिश्र (Alloy) अथवा उसका कोई धातुमिश्र इस प्रकार का पदार्थ है।
2. यदि आर्क पथ के तापमान को निम्न रखा जाए तो धातु आयनों और इलेक्ट्रॉनों के मन्द चालन के कारण, आर्क में वोल्टतापात अधिक होगा। फ्यूज में आर्क के शीतलन का कार्य, फ्यूज तार को क्वार्टज-बालू में दबाकर रख दिया जा सकता है, जैसा कि कारतूस (Cartridge) तथा HRC फ्यूजों में होता है।
3. गैस का दाब जिसमें आर्क बनने की घटना हो रही है, जितना उच्च होगा आर्क को बनाए रखने के लिए उतनी ही अधिक वोल्टता आवश्यक होगी एक विस्फोटक-सह आवास (explosion tight enclosure) में गलने वाले तार को रखकर, इस उद्देश्य को प्राप्त किया जाता है जिसमें आर्क द्वारा ऊष्मा (heat) उत्पन्न होने पर स्वत: ही इसमें ऐसा दाब बन जाता है। उपरोक्त विचार-विमर्श से यह विदित हाता है कि पुन: तार-संयोजन (rewirable) वाली फ्यूज व्यवस्था, आर्क को उचित रूप से बुझाने के लिए कदापि उपयुक्त नहीं है क्योंकि कोई भी तार प्रयोग हो सकता है तथा आर्क के शीतलन का कोई उचित प्रबन्ध नहीं है ओर दाब बनाने को कोई सम्भावना नहीं होती है।

हालांकि आज भी इस देश में व्यपक रूप से इन्हें प्रयोग किया जा रहा है पर वास्तव में पुन: तार संयोजन वाले फ्यूजन को हमें प्रयोग नहीं करना चाहिए और इनके स्थान पर कारतूस फ्यूजों का ही प्रयोग करना चाहिए। चित्र 7.1 में एक कारतूस प्रारूप के फ्यूज के अनुप्रस्थ काट को दिखाया गया है।

Scanned by CamScanner

फ्यूज पदार्थ में निम्नलिखित गुण होने चाहिए—

(क) निम्न प्रतिरोधकता (Low resistivity)—इसका अर्थ है कि पतले तारों का प्रयोग किया जा सकता है जोकि गलने पर, कम मात्रा में धातु वाष्प (metal vapour) बनाएँगे। कम धातु वाष्प से, आर्क में निम्न चालकता होती है और आर्क को बुझाना आसान होता है।

(ख) धातु वाष्प की निम्न चालकता।

(ग) निम्न गलनांक (Low melting point)—इसका अर्थ है कि सामान्य धाराओं के लिए फ्यूज पदार्थ का तापमान निम्न मान का होगा।

प्रारम्भ में उसके निम्न गलनांक के कारण, केवल सीसा ही फ्यूज पदार्थ के रूप में प्रयोग होता था। चूँकि सीसे की प्रतिरोधकता उच्च है, वह मोटे तार के रूप में प्रयोग होता है। पुन: तार संयोजन वाले फ्यूजों के लिए, आजकल टिन और सीसे के धातुमिश्रों अथवा टिन चढ़े ताँबे के तारों को ही सामान्यत: प्रयोग किया जाता है।

कारतूस फ्यूजों (Vartridge fuses) में, चाँदी या उसके धातुमिश्रों का निम्न विनिर्धारण के फ्यूजों के लिए तथा ताँबे क धातुमिश्रों को उच्चतर विनिर्धारण के लिए प्रयोग किया जाता है।

फ्यूज पदार्थों का एक महत्त्वपूर्ण लक्षण उसका धारा-समय सम्बन्ध है। जहाँ तार में विकिरण द्वारा अधिकतर ऊष्मा का विसर्जन होता है। (बजाय सिरों पर से चालन द्वारा होने के) वहाँ धारा (fusing current) की गणना निम्न सुत्र द्वारा हो सकती है—

$$\boxed{I = ad^n}$$

जबकि I गलनांक धारा (fusing current) है, ऐम्पीयर में, d तार का व्यास (diameter) है सेंटीमीटर (cm) में, तथा a स्थिरांक (Constant) है जिसका मान पदार्थ के अनुसार निर्धारित होगा। विभिन्न पदार्थों के लिए a का मान इस प्रकार है—ताँबा (copper) 2530, ऐल्यूमिनियम 1870, लोहा 777, टिन 405.5, सीसा 304.6/n का अनुमानित मान (approximate value) 1.5 है। गलन धारा वह न्यूनतम धारा है जो तार को गलाने के लिए पर्याप्त होती है। उस समय-अवधि में जिसमें कि तार अपने स्थाई तापमान को ग्रहण कर लेता है।

(Fusing current is the minimum current to fuse the wire in such a time interval as shall be necessary for the wire to have attained its steady temperature)

फ्यूज का विर्निधारण (rating) उसके विमांकन (dimesnions) विस्थापन (mounting) वातावरण जिसमें वह घिरा है, के चूर्ण (powder) अथवा द्रव होने, आवास (encloser) और अन्य उन कारकों पर पूर्णताया निर्भर होता है जो उसकी ऊष्मा विसर्जन क्षमता को, तथा फ्यूज गलने के पश्चात् आर्क बुझाने की योग्यता को प्रभावित करते हैं।

■ 7.12.5. निर्जलीकरण पदार्थ (Dehydrating Materials)

सिलिका जैल वह एक अकार्बनिक रसायन कोलॉयडी अति अवशोषक सिलिका है जो अनाद्रिकरण (dehumidification) तथा निर्जलीकरण (dehydration) के कारक (agent) उत्प्रेरक (catalyst) के रूप में प्रयोग होता है। कैल्शियम क्लोराइड तथा सिलिकाजैल को निर्जलीकरण ब्रीदरों में साँस ले रहे परिणामित्र के भीतर प्रवेश कर रही वायु से नमी को हटाने के लिए प्रयोग किया जाता है। सिलिका जैल ब्रीदर हाल में ही (recently) विकसित हुआ है और कैल्शियम क्लोराइड ब्रीदरों का स्थान ले रहा है। इसका मुख्य लाभ यह है कि यह नमी से संतृप्ति (saturate), हो जाने पर भी श्वसन (breathing) में बाधक नहीं होता है, जैसा कि कैल्शियम क्लोराइड ब्रीदरों में होता है। सूखे होने पर सिलिका जैल नीले रंग हो जाता है और नमी से संतृप्ति (saturate with moisture) होने के साथ इसका रंग बदलता है और हल्का गुलाबी होने लगता है। यदि यह पाया

जाय कि इसमें नमी अधिक हो गई है तो इसे बदल देना चाहिए या पुन: क्रियाशील (re-condition) बना देना चाहिए। इसके लिए इसे एक खुले पात्र (open container) में, 150° C से 200° C के तापमान के बीच, दो घण्टे तक गर्म करते हुए, पूर्णतया सुखा लेना चाहिए। इसी प्रकार कैल्शियम क्लोराइड को भी, 180° C से 200° C के तापमान के बीच, पूर्णतया सूखने तक गर्म करते हुए, सुखाया जा सकता है।

अभ्यास-प्रश्न

1. P.C.B. व I.C. तथा अभिकलित्र (computer) स्मृति युक्तियों के विनिर्माण में प्रयुक्त पदार्थों के नाम दीजिए। *(U.P. 1999)*
2. निम्नांकित में उपयोग होने वाले पदार्थों के नाम लिखिए—
   (i) ट्रांजिस्टर, (ii) डिस्प्ले डिवाइसेज, एवं (iii) अभिकलित्र स्मृति युक्तियाँ (Computer memory devices) *(U.P. 2K)*
3. थर्मिस्टर एवं वैरिस्टर में अन्तर स्पष्ट कीजिए। *(U.P. 2K)*
4. उन पदार्थों के नाम औचित्य सहित लिखिए, जो कि निम्नांकित हेतु उपयोग होते हैं—
   (i) ट्रांजिस्टर (ii) इन्टीग्रेटिड सर्किट निर्माण
   (iii) अभिकलित्र स्मृति युक्तियाँ (Computer memory devices) *(U.P. 2001)*
5. (i) ट्रांजिस्टर, एवं (ii) अभिकलित्र की स्मृति युक्तियों में प्रयुक्त पदार्थों के गुण बताइए। *(U.P. 2003)*
6. इन्टीग्रेटिड सर्किट (I.C.) निर्माण में प्रयुक्त पदार्थों का संक्षेप में वर्णन कीजिए। *(U.P. 2005)*
7. सेन्सिस्टर क्या है? इसका उपयोग बताइए। *(U.P. 2005)*
8. वैरिस्टर क्या है? इसका उपयोग बताइए। *(U.P. 2006)*
9. निम्नलिखित इलेक्ट्रॉनिक पदों (terms) की व्याख्या कीजिये।
   (a) सूक्ष्म इलेक्ट्रॉनिक परिपथ अर्थात् माइक्रोइलेक्ट्रॉनिक सर्किट (M.E.C.)
   (b) एकीकृत परिपथ अर्थात् इन्टीग्रेटिड सर्किट (I.C.)
   (c) प्रिंटिड सर्किट (P.C.) तथा प्रिंटिड सर्किट बोर्ड (P.C.B.)
   (d) एकीकृत परिपथ अवयव अर्थात् इन्टीग्रेटिड सर्किट कम्पोनेन्ट (I.C.C.)
   (e) धातु ऑक्सीकृत अर्द्धचालक अर्थात् मेटल ऑक्साइड सेमीकण्डक्टर (M.O.S.)
   (f) कम्प्यूटर मैमोरी डिवाइस (C.M.D.)
10. परिपथ अवयवों (सर्किट एलीमेण्ट्स) से आपका क्या तात्पर्य है? मूल रूप से ये कितने प्रकार के होते हैं? उदाहरण देकर समझाइये।
11. निम्नलिखित युक्तियों के निर्माण में किन-किन पदार्थों का उपयोग होता है और क्यों?
    (a) ट्रांजिस्टर, (b) एकीकृत परिपथ (I.C.)
    (c) मुद्रित परिपथ (P.C.), (d) कम्प्यूटर मैमोरी डिवाइसेज (C.M.D.)।
12. निम्नलिखित को बनाने के लिये प्रयोग में आने वाले कम से कम एक पदार्थ का नाम प्रत्येक के लिये लिखिये।
    (a) ट्रांजिस्टर (b) मुद्रित परिपथ (P.C.)
    (c) सी० एम० डी० (d) एकीकृत परिपथ (I.C.) *(U.P. 1992)*

Scanned by CamScanner

13. निम्नलिखित के लिये प्रयोग किये जाने वाले पदार्थों के नाम लिखिये—
    (i) एकीकृत परिपथ निर्माण,
    (ii) वैरिस्टर, एवं
    (iii) अभिकलित्र स्मृति युक्तियाँ *(U.P. 1998)*
14. ताप-वैद्युत युग्म (thermocouple) के सिद्धान्त को स्पष्ट करें। इसके कुछ प्रारूप (types) भी बताइए।
15. निम्नलिखित के लिए प्रयोग होने वाले पदार्थों का नामांकन करें और प्रत्येक के लिए कारण (reasons) भी बताइए—
    (i) फ्यूज
    (ii) झाल
    (iii) द्विधातु (bimetal)
    (iv) संचायक बैट्री की प्लेटें।
16. पुनः तार संयोजन वाले फ्यूज की तुलना में कारतूस फ्यूज के लाभ बताइए।
17. ताप-वैद्युत-युग्म के कुछ व्यावहारिक अनुप्रयोग बताइए।
18. निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये—
    (क) H.R.C. फ्यूज
    (ख) मृदु झाल (soft solder) तथा कठोर झाल
    (ग) झालन के लिए फ्लक्स
    (घ) सिलिका जैल।
19. फ्यूज के कार्य दायित्व (function) को बताइए। फ्यूज पदार्थ के वांछनीय गुणों का उल्लेख करें।
20. ऐल्यूमिनियम केबिलों में जोड़ बनाने युग्मन के लिए प्रयोग होने वाले झालों (solders) और फ्लक्सों का वर्णन करें।
21. थर्मोकपल व फ्यूज की संरचना व अनुप्रयोग बताइये। *(U.P. 2015)*
22. वैरिस्टर व थर्मिस्टर का संक्षेप में वर्णन कीजिये। *(U.P. 2015)*
23. प्रतिरोध, संधारित्र व प्रेरक के विनिर्माण में प्रयुक्त पदार्थों के नाम उनके सम्मुख लिखिये। इन पदार्थों की प्रकृति भी बताइये। *(U.P. 2016)*
24. निम्न के मूल गुण-धर्मों व अनुप्रयोगों को बताइये—
    (i) थर्मिस्टर (ii) वैरिस्टर (iii) सैन्सिस्टर *(U.P. 2016)*

●

8 विद्युत मशीन में प्रयुक्त पदार्थ (Materials Used for Electrical Machines)

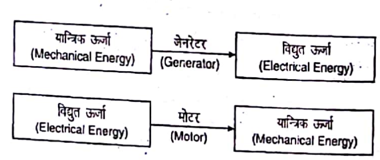
इस अध्याय को पूरा पढ़ने के बाद आप समझ पायेंगे—

1. विद्युत मशीन और उनके प्रकार (Electrical machine and its types)
2. ट्रांसफॉर्मर बनाने में प्रयुक्त पदार्थ (Material used to construct transformer)
3. दिष्टकारी धारा मशीन बनाने में प्रयुक्त पदार्थ (Materials used to construct DC machine)
4. प्रत्यावर्ती धारा मशीन बनाने में प्रयुक्त पदार्थ (Materials used in making AC machine)

8.1. वैद्युत मशीन : एक परिचय (Introduction of Electrical Machine)

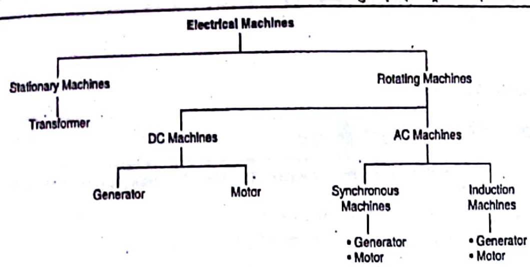
ऊर्जा संरक्षण के सिद्धान्त (Law of energy conservation) के अनुसार, "Energy can neither be created nor be destroyed, it can only change its forms". ऊर्जा न तो उत्पन्न की जा सकती है, न ही नष्ट की जा सकती है, इसे केवल एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित किया जा सकता है।

वैद्युत ऊर्जा, उपयोग करने में आसानी और अन्य गुणवत्ताओं की सहायता से सबसे लोकप्रिय ऊर्जा रूप है, इसलिए वैद्युत ऊर्जा को अन्य रूपों में परिवर्तित करने के लिए या अन्य ऊर्जा में रूपों को विद्युत ऊर्जा परिवर्तित करने के लिए विद्युत मशीन (electrical machines) की आवश्यकता पड़ती है।



यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करने वाली मशीन को जेनरेटर तथा विद्युत ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित करने वाली मशीन को मोटर कहते हैं।

Scanned by CamScanner



8.2. स्थिर मशीनें (Stationary Machines)

ऐसी विद्युत मशीन (electrical machine) जिसमें सभी parts static (स्थैतिक या रुके हुए हों) Stationary machines कहलाती है। ट्रांसफॉर्मर (transformer) इसका सबसे अच्छा उदाहरण है।

Transformer—ट्रांसफॉर्मर एक ऐसी विद्युत युक्ति (electrical device) है, जो कम प्रत्यावर्ती वोल्टेज को अधिक प्रत्यावर्ती वोल्टेज अथवा अधिक प्रत्यावर्ती वोल्टेज को कम प्रत्यावर्ती वोल्टेज में बदलने में प्रयुक्त होती है।

Transformer फैराडे के दिये Mutual induction (अन्योयप्रेरण) सिद्धान्त पर कार्य करता है। Transformer दिष्टकारी धारा पर कार्य नहीं करता है।

Electrically ट्रांसफॉर्मर में मुख्यत: दो parts (अवयव) होते हैं—

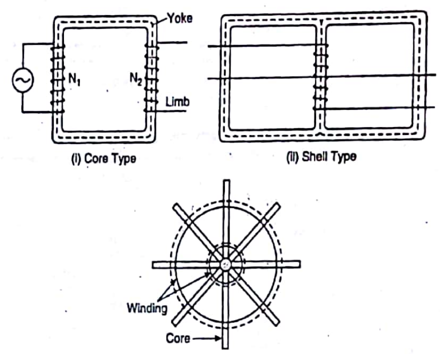
1. क्रोड (Core)
2. कुण्डली (Winding) — प्राथमिक कुण्डली (Primary winding) / द्वितीय कुण्डली (Secondary winding)

जबकि एक Practical transformer (वास्तविक ट्रांसफॉर्मर) में निम्नलिखित Parts होते हैं—

1. क्रोड (Core)
2. कुण्डली (Winding)
3. Transformer tank
4. Transformer oil
6. बुशिंग (Bushings)
6 Buchholz Relay
7. Breather

इन मुख्य भाग (parts) के अलावा एक practical transformer में लौह आवरण (iron tank), शीतलन वाहिनियाँ/पंख/विकिरक (cooling ducts/fins/radiators), अपवाहिका निकास, ड्रेन कॉक (drain cock), रक्षी संगलक/प्रोटेक्टिंग फ्यूज (Protecting fuse), तेल मापक (oil gauge or oil indicator), ताप मापक (temp. gauge), दाब मापक (Pressure gauge), निकास नलिका (vent pipe), terminal box, शीतलन व्यवस्था (colling system) इत्यादि भी होते हैं।

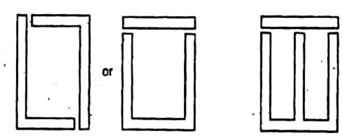
1. क्रोड (Core)—यह transformer का मुख्य अंग है। यह एक चुम्बकीय परिपथ है (magnetic circuit), यह CRGO (cold rolled grain oriented steel) या soft iron का बना होता है। core में हानि (losses) को कम करने के लिए core को 0.35 mm मोटाई के lamination से मिलाकर बनाते हैं। Core का construction तीन सतह से होता है जिसमें दो अधिक प्रयोग में आते हैं।



(i) Core Type (ii) Shell Type (iii) Berry Type

चित्र 8.1

ट्रांसफॉर्मर (परिणामित्र) का core 0.35 की stamping से मिलकर बना होता है जिस पर varnish कर दी जाती है जिससे eddy current losses (भँवर धारा हानियाँ) कम की जा सकें।



(i) Core Type Stamping (ii) Shell Type Stamping

चित्र 8.2

यह दो विधियों से बनाया जाता है—

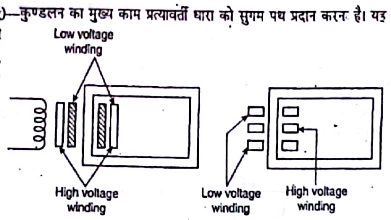
1. Butt joint method
2. Inter leave joint method

Core material — CRGO steel soft iron–to reduce hysteresis losses / 0.35 mm stamping–to reduce eddy current losses.

Scanned by CamScanner

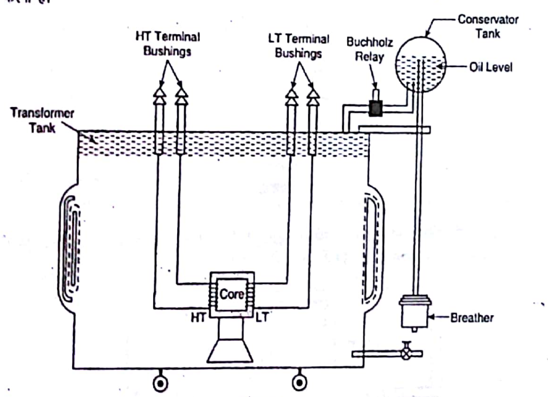
2. कुण्डली/कुण्डलन (Winding)—कुण्डलन का मुख्य काम प्रत्यावर्ती धारा को सुगम पथ प्रदान करना है। यह कॉपर या एल्युमिनियम की बनी होती है। जो कुण्डली विद्युत स्रोत से जुड़ी होती है, प्राथमिक कुण्डली तथा जो कुण्डली लोड से जुड़ी होती है, द्वितीयक कुण्डली कहलाती है।

कुण्डलन, Core के चारों ओर wound होती है। 10 W resistivity होने के कारण सामान्यत: CU wire का प्रयोग कुण्डली बनाने में किया जाता है और कुण्डलन हानि (Winding loss) कम करने के लिए उच्च गुणवत्ता वाला कॉपर/ताँबा (High quality copper) प्रयोग में लाया जाता है।



चित्र 8.3

3. टैंक या धारक (कंटेनर) (Transformer tank)—क्रोड और winding दोनों को soft iron या mild steel से बने टैंक में रखा जाता है। मौसम के प्रभाव से बचने के लिये सामान्यत: steal टैंक का उपयोग किया जाता है। टैंक में transformer oil रखा जाता है। इस टैंक का कार्य, कोर और वाइंडिंग को सुरक्षा प्रदान करना, तेल सहायक अंगों, आरोपणों को धारण करना है।



चित्र 8.4

4. ट्रांसफॉर्मर ऑयल (Transformer oil)—लगातार कार्य करने की वजह से ट्रांसफॉर्मर गर्म हो जाता है। यदि इस बढ़े ताप को नियंत्रित नहीं किया जाए तो ट्रांसफॉर्मर के जलने का खतरा हो जाता है। अत: बढ़े ताप के प्रभाव को कम करने के लिए transformer oil का प्रयोग किया जाता है। यह गरमी को dissipate कर देता है।

Transformer oil एक अच्छे Insulator का काम भी करता है।

5. Buchholz relay—ट्रांसफॉर्मर में आने वाले fault को sense करने के लिए buchholz relay का प्रयोग किया जाता है।

6. Breather : Transformer oil का साफ नमी रहित या शुष्क होना जरूरी है, इसलिए transformer के ढक्कन या संरक्षक पर ब्रीदर को लगाया जाता है।

ब्रीदर दो प्रकार के होते हैं—

1. साधारण ब्रीदर
2. सिलिका जैल ब्रीदर

8.3. घूर्गन मशीनें (Rotating Machines)

ऐसी electrical machine जिसमें कुछ Parts, movable (घूमने वाले) हो, Rotating machine कहलाती है। किसी Rotating machine में मुख्यत: दो parts होते हैं—

(a) Stator (रुका हुआ Part)

(b) Rotor (घूमने वाला Part)

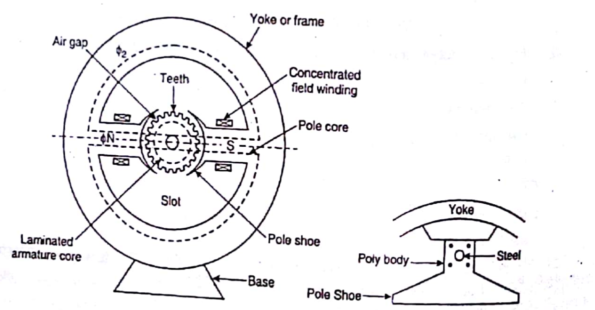
DC machines : Construction के आधार पर D.C. motor or generator दोनों समान होते हैं। D.C. machines में use होने वाले parts निम्नांकित हैं—

(a) Stator :
- → Yoke (counter Frame)
- → Pole
  - → Pole core
  - → Pole shoe
  - → Pole winding (coils)
- → Bearing

(b) Rotor
- → Armature core
- → Armature Winding
- → Commutator
- → Brushes
- → Shaft

(a) Stator :

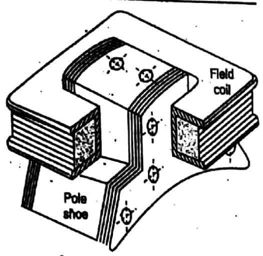
(i) Yoke or outer frame : यह सबसे बाहरी (outer most) part होता है। यह **ferromagnetic material** का बना होता है। Yoke DC machine को mechanical support देता है तथा बाहरी damage से बचाता है। बड़े size की मशीनों में Yoke, fabricated steel का बना होता है। Eddy current losses को कम करने के लिए lamination का प्रयोग होता है।



चित्र 8.5

(ii) Pole cores and Pole shoes—ये पतली varnish की कोटिंग (coating) लगी हुई silicon steel plates (जिनकी मोटाई 1 mm से 1.5 mm तक हो) की बनी होती हैं। ये laminations rivets से आपस में जुड़ी होती हैं। Pole core, pole winding के लिए support की तरह कार्य करता है, यह चुम्बकीय बल रेखाओं (फ्लक्स) के लिए न्यून प्रतिष्टम्भित पथ (low relutance path) प्रदान करने का कार्य करता है।

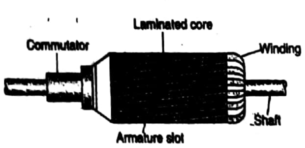
Pole shoe, magnetic pole का ही एक अंग है, जो पोल कोर के अन्त पर आर्मेचर की ओर जुड़ा होता है। यह लौह पदार्थ का ही बना होता है। यह वायु अन्तराल (air gap) को कम करता है।



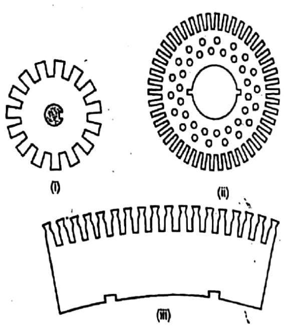
चित्र 8.6–कॉइल वाइंडिंग स्थापन

(iii) Pole winding—Pole winding (pole कुण्डलन). copper या Aluminium के तार या पट्टी (strip) से कुण्डली की आकृति में इस प्रकार से बनाया जाता है कि चुम्बकीय poles core पर उचित रूप से व्यवस्थित हो सके। इसे कुण्डलन उत्तेजक (exciting winding) भी कहते हैं। चुम्बकीय क्षेत्र कुण्डलन के लिए तार का साइज तथा वर्तों की संख्या सम्बन्धित विद्युत मशीन के प्रारूप पर निर्भर करते हैं।

(iv) आर्मेचर कोर (Armature core)—आर्मेचर कोर डी० सी० मशीन का एक घूमने वाला (rotating) बेलनाकार अंग है, जो दो सिरा bearing के बीच टिकी हुई शॉफ्ट पर दृढ़ता के साथ fixed रहता है। इसे 0.3 से 0.5 mm तक मोटी सिलिकॉन इस्पात की वृत्ताकार पत्तियों (circular stamping) से बनाया जाता है, जिन्हें सिलिकॉन स्टील के बड़े पट्टों या चादरों (sheets) से काटा जाता है।



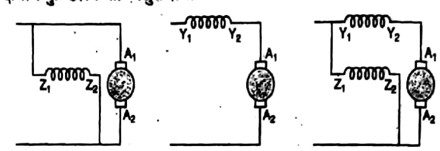
चित्र 8.7–डी० सी० मशीन के आर्मेचर



चित्र 8.8— Different types of armature core

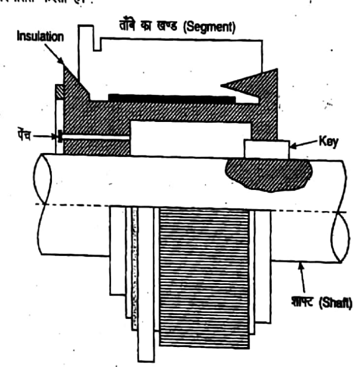
5. आर्मेचर कुण्डली (Armature winding)—Armature winding बनाने के लिए CU का उपयोग या ऐसे पदार्थ जिनकी resistivity बहुत कम हो, जैसे Al, का उपयोग किया जाता है। आर्मेचर coil (कुण्डली), Armature में स्थापित होती है और coils के इस प्रकार के arrangement को armature winding कहते हैं। आर्मेचर कॉइल को तारों (wires) या पत्तियों (strips) से कुण्डली की आकृति (coil form) में बनाया जाता है।

आर्मेचर तथा क्षेत्रीय कुण्डलन का विद्युत संयोजन



चित्र 8.9

6. दिक्परिवर्तक (Commutator)—Commutator, structure (संरचना) में बेलनाकार होता है। यह रोटर का महत्त्वपूर्ण अंग है जो आर्मेचर के नजदीक समान shaft (शॉफ्ट) पर mount होता है। इसका मुख्य कार्य बाह्य परिपथ से आर्मेचर को धारा प्रदान करना (motor case) और आर्मेचर से बाह्य परिपथ को धारा प्रदान करना (Generator) में होता है। Commutator और armature winding को solding के द्वारा आपस में जोड़ा जाता है। Commutator AC को DC में और DC को AC में परिवर्तित करता है।



चित्र 8.10

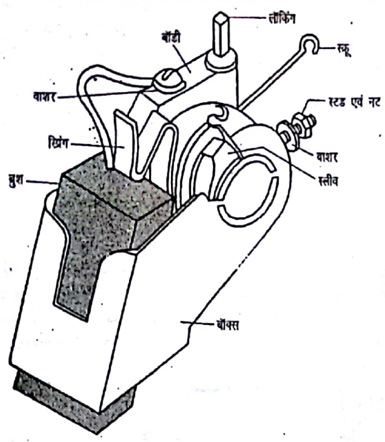
7. Brushes : Brushes को Brush holder में रखा जाता है। Brushes का मुख्य काम commutator से धारा collect करके बाहरी लोड परिपथ को supply करना होता है। Brushes बार-बार commutator के सम्पर्क में आते हैं या रगड़ खाते हैं जिससे ये गर्म हो जाते हैं। आजकल सामान्यत: निम्न तीन प्रकार के carbon brushes का प्रयोग होता है—

(a) कठोर कार्बन ब्रुश (Hard carbon brushes)

(b) ग्रेफाइट ब्रुश (Graphite brushes)

(c) धात्विक ग्रेफाइट ब्रुश (metallic graphite brushes) कॉपर ग्रेफाइट ब्रुश।

Scanned by CamScanner



चित्र 8.11–Brush

8. Shaft—DC machines में shaft का मुख्य काम mechanical power को electrical power में या electrical power को mechanical power में transfer करने का होता है। इसलिए इसे यांत्रिक रूप से strong बनाया जाता है। सामान्यत: shaft को mild steel का बनाया जाता है।

AC machines : ऐसी मशीन जो प्रत्यावर्ती धारा (Alternating current) पर कार्य करती है, AC machine होती है। ये दो प्रकार की होती हैं—

1. Synchronous machine
2. Induction machine

सामान्य Rotating machine की तरह इसमें भी मुख्यत: दो parts होते हैं—

1. Stator
2. Rotor

Synchronous machines में stator field और rotor field दोनों एक समान speed से घूर्णन करते हैं जबकि Induction machine में rotor हमेशा stator field की speed से कम speed पर घूमता है।

Synchronous machine :

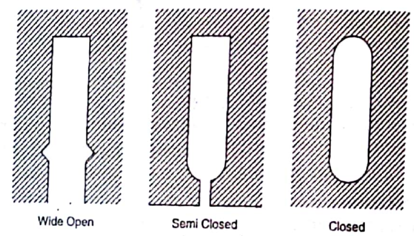
1. Stator
(a) Stator frame
(b) Stator core
(c) Stator winding

2. Rotor
(a) Rotor type
• Salient pole type
• Non-salient pole type
(b) Bearing
(c) Shaft

(a) Stator frame : Synchronous machine के सबसे बाहरी भाग को stator frame कहा जाता है। इसका मुख्य काम आन्तरिक भाग को सुरक्षा देना और stator winding द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र (magnetic field) को low reluctance path प्रदान करना है।

उच्च रेटिंग synchronous machine के stator frame के लिए fabricated rolled steel प्रयोग किया जाता है जबकि कम रेटिंग वाली synchronous machine के लिए cast steel का प्रयोग किया जाता है।

(b) Stator core—बोल्ट (Bolts) की सहायता से stator core, stator frame पर fixed रहता है। Eddy current losses को कम करने के लिए stator core को laminate किया जाता है। Core में armature conductor के लिए slots होते हैं। ये slots तीन प्रकार के होते है—



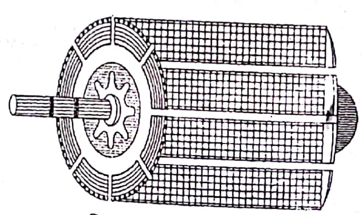
चित्र 8.12

1. Wide open
2. Semi-closed
3. Closed

(c) Stator winding : Stator winding के लिए stator core में slots बने रहते हैं जहाँ stator winding रखी जाती है। Stator winding के लिए सबसे अच्छी धातु Cu (copper) है जिसकी प्रतिरोधकता सबसे कम होती है।

(d) Rotor : Synchronous machine के घूमने वाले part को rotor कहा जाता है। Rotor, machine के shaft पर mount रहता है। Basically synchronous machine का Rotor दो type का होता है—

1. Salient pole type rotor
2. Non-salient pole type rotor



चित्र 8.13–Salient pole type rotor

Scanned by CamScanner

1. Salient pole type rotor : Field coil (कुण्डली), Rotor के Pole core पर होती है। ये field coils enamelled copper wire की बनी होती है। कम और मध्यम speed की machine के लिए इसे प्रयोग किया जाता है। इसका मूल्य अपेक्षाकृत कम होता है। Salient pole structure के कुछ Special features निम्न हैं—

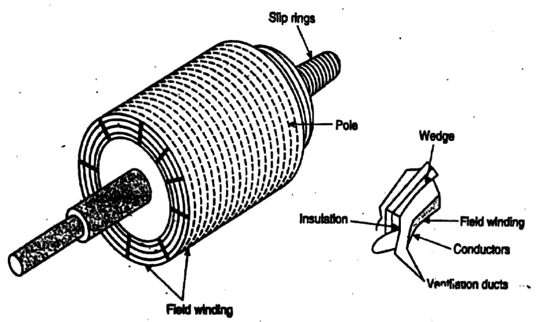
(i) इनका व्यास अधिक और axial length कम होती है।
(ii) Pole shoe, pole pitch का लगभग 2/3 भाग cover कर लेता है।
(iii) इसकी speed 100 rpm से 375 rpm तक होती है।
(iv) ऐसे rotor का इस्तेमाल hydraulic turbine और diesel engine में किया जाता है।

2. Non-salient pole type rotor—यह rotor type आकार में cylinderical होता है, इसलिए इसे cylindrical rotor भी कहा जाता है। Hysteresis losses और eddy current losses को कम करने के लिए rotor को silicon steel lamination का बनाया जाता है। Cylindrical type rotor में दो या चार poles होते हैं।

Rotor core के बने slots में rotor winding placed की जाती है। Rotor winding को बनाने के लिए Enamelled copper wire का प्रयोग किया जाता है।

Cylindrical rotor type के कुछ special features निम्न हैं—

(i) Rotor का व्यास कम और axial length अधिक होती है।
(ii) ये high speed के लिए प्रयोग में आती हैं, इनकी speed लगभग 3000 rpm तक होती हैं।
(iii) इसमें windage loss बहुत कम होते हैं।



चित्र 8.14–Non-salient pole Cylindrical rotor

(b) Bearing—Bearing का उपयोग fixed और rotating parts के बीच fricton (घर्षण) कम करने के लिए होता है। Bearing बनाने के लिए High carbon steel का प्रयोग करते हैं।

(c) Shaft—Synchronous machine का shaft mild steel का बना होता है। उच्च यांत्रिक क्षमता होने के कारण mild steel का प्रयोग किया जाता है।

Induction machine—अन्य rotating machine की तरह, Induction machine के भी दो part होते हैं।

(i) Stator
(ii) Rotor

(i) Stator
(a) Stator frame
(b) Stator core
(c) Stator winding

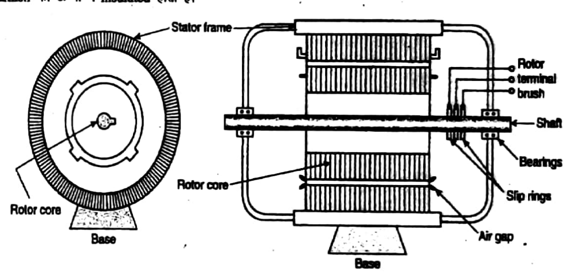
(ii) Rotor
→ Squirel cage rotor
→ Phase wound rotor or slip ring rotor
(b) Bearing
(c) Shaft

(a) Stator frame—अन्य मशीनों की भाँति, stator frame, induction motor की body का सबसे बाह्य भाग होता है। इसका मुख्य काम मोटर के आन्तरिक भाग को सुरक्षा प्रदान और support करना होता है। अत: stator frame steel का बनाया जाता है क्योंकि steel की mechanical strength (यांत्रिक क्षमता) अच्छी होती है।

उच्च रेटिंग वाली मशीनों (500 kW रेटिंग तक) की मशीनों में stator frame, diecast strong silicon-aluminum मिश्रधातु; जबकि निम्न और मध्यम रेटिंग के लिए fabricated steel प्रयोग में लाया जाता है।

(b) Stator core : Induction motor का Stator core, synchronous machine के stator core के लगभग समान होती है। stator core का मुख्य काम flux को carry करना होता है। Hysteresis loss और eddy current loss को कम करने के लिए High grade slcon steel को पत्तियों या lamination को एक साथ जोड़ा (punch) किया जाता है। High grade siclion steel की एक lamination की मोटाई 0.35 से 0.65 mm होती है। 0.35 mm की ये lamination एक–दूसरे से varnish की coating से अलग-अलग insulated रहती हैं।

(c) Stator winding (field winding)—Stator core के आन्तरिक भाग में मौजूद slots में stator winding रखी जाती है। Stator winding में ऐसे material का प्रयोग किया जाता है जिसकी प्रतिरोधकता कम या निम्न है, अन्त: Stator winding बनाने के लिए Cu wire का प्रयोग किया जाता है। Cu wire की कुण्डली (coils), black varnish या alkyl resin varnish की ऊष्मा में insulated होती है।

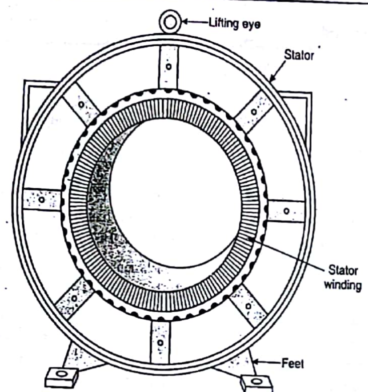


चित्र 8.15–Constructional features of Induction motor

Three phase stator winding सामान्यत: Star या Delta connection में होती है।

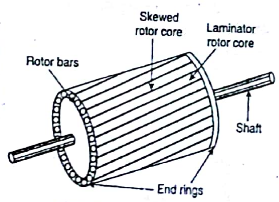
(b) Rotor—यह induction machine का घूमने वाला (movable) part होता है, जिसे rotor shaft पर mount किया जाता है। संरचना के आधार पर rotor दो प्रकार का होता है—

(i) Squirrel cage rotor
(ii) Phase wound rotor



चित्र 8.16–Stator of 3-phase Induction rotor

(i) Squirrel case rotor : सामान्यत: 90% Induction motors में Squirrel cage rotor का प्रयोग होता है। Cage बनाने के लिए copper, brass या Aluminium bars का प्रयोग होता है। Hysteresis losses और eddy current losses को कम करने के लिए black varnish या alkyl resin varnish की coating की जाती है। इस प्रकार के Rotor में, Rotor conductors, core से insulated नहीं होते हैं। Rotor के दोनों सिरों पर Rotor conductor short कर दिये जाते हैं।



चित्र 8.17–Squarrel cage Rotor

जैसा कि नाम से स्पष्ट है, यह गिलहरी के पिंजड़े की तरह होता है। Rotor slots दो प्रकार के होते हैं—

(i) Semi-closed type

(ii) Totally closed type

Rotor winding पूरी तरह से short circuited होती है, इसलिए इस प्रकार के rotor construction में बाह्य प्रतिरोध (external resistance) लगाना संभव नहीं है।

(ii) Phase wound rotor—इस प्रकार के rotor को slip ring motor भी कहते हैं। Wound rotor नाम से ही स्पष्ट है कि इस प्रकार के rotor construction में rotor को एक stator की तरह insulated winding के साथ wound किया जाता है लेकिन इसमें No. of slots कम होते हैं।

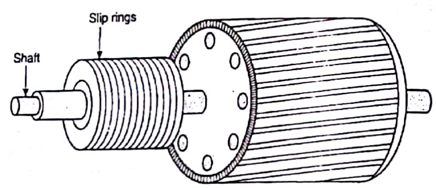
Rotor winding दो प्रकार की होती है—

(i) Star connection

(ii) Delta connection

सामान्यत: star connection का प्रयोग किया जाता है।

(ϵ) Shaft and bearing—Induction machine के सभी movable parts, shaft पर fit रहते हैं। इसलिए इसको बनाने के लिए उच्च यांत्रिक क्षमता (high mechanical strength) वाले mild steel का प्रयोग किया जाता है। इस प्रकार के rotor में ball and roller bearing का प्रयोग किया जाता है। Large और heavy rotor में self aligning spherical seated type journal bearing का प्रयोग किया जाता है।



चित्र 8.18–Phase wound rotor

प्रश्नावली

1. Transformer core का निर्माण कैसे किया जाता है और उसको बनाने मे प्रयुक्त material के बारे में लिखिये।
2. एक Practical transformer के सभी parts के बारे में लिखिये।
3. सामान्य तौर किसी rotating मशीन का shaft बनाने के लिए mild steel का प्रयोग क्यों किया जाता है?
4. DC machines के सभी parts के बारे में लिखिये।
5. Induction machine के rotor, constructionally कितने type के होते है?
6. Synchronous machine के construction (संरचना) पर short note लिखिये।
7. ट्रांसफॉर्मर की कोड किस पदार्थ की बनाई जाती है?
8. डी०सी० मशीन का आर्मेचर किस पदार्थ का बनाया जाता है?
9. डी०सी० मशीन के ब्रश किस पदार्थ के बनाये जाते हैं?
10. इंडक्शन मोटर का स्टेटर किस पदार्थ का बनाया जाता है?
11. इंडक्शन मोटर का रोटर किस पदार्थ का बनाया जाता है? समझाइये।

Scanned by CamScanner

ODD SEMESTER EXAMINATION (U.P.), DECEMBER–2019

इलैक्ट्रिकल एवं इलैक्ट्रॉनिक्स इंजीनियरिंग मैटीरियल्स

(Electrical and Electronics Engineering Materials)

Code : 2111

Third Semester

Time : 2.30 Hours] **[Maximum Marks : 50**

Notes :

(i) Attempt all questions.

(ii) Students are advised to specially check the Numerical Data of question paper in both versions. If there is any difference in Hindi translation of any question, the students should answer the question according to the English version.

(iii) Use of Pager and Mobile Phone by the students is not allowed.

नोट—सभी प्रश्नों के उत्तर दीजिए।

1. निम्नलिखित में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— [2 × 5 = 10]

(अ) रोधक और अवरोधक (Insulating & Conducting) मैटीरियल का वर्गीकरण कीजिए।

(ब) ताँबे के सामान्य गुणों के बारे में समझाइये।

(स) इलेक्ट्रॉनिक्स में विशेष धातु चाँदी और सोने का कहाँ उपयोग होता है? बताइये।

2. निम्नलिखित में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— [2 × 5 = 10]

(अ) डायोड (Diode) और ट्राँजिस्टर (Transistors) में कौन से पदार्थों का इस्तेमाल होता है? बताइए।

(ब) ग्लास (Glass) के विद्युत गुण अवरोधक पदार्थ के तौर पर क्या है? उसका वर्णन कीजिए।

(स) अवरोधक पदार्थों (Electrical Insulations) के ऊष्मीय (Thermal) गुणों को बताइए।

3. निम्नलिखित में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— [2 × 5 = 10]

(अ) प्लास्टिक पदार्थ क्या है? बताइए।

(ब) थर्मोसेटिंग रेसिन और थर्मोप्लास्टिक रेसिन में क्या अन्तर है? बताइए।

(स) विभिन्न प्रकार के ग्लास कौन से हैं और उनका क्या उपयोग है? बताइए।

4. निम्नलिखित में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए। [2 × 5 = 10]

(अ) अत्यधिक अवरोधन (Resistivity) वाले पदार्थ कौन से हैं? उनका क्या महत्त्व है? बताइए।

(ब) प्राकृतिक अवरोधक पदार्थ (Insulating Materials) के नाम लिखिए। उनके विशिष्ट उपयोग बताइए।

(स) गैसीय पदार्थों पर संक्षिप्त में टिप्पणी लिखिए।

5. निम्नलिखित में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— [2 × 5 = 10]

(अ) थर्मोकपल (Thermocouple) क्या है? उसका उपयोग लिखिए।

(ब) सोल्डरिंग पदार्थों के नाम दीजिए एवं उनके उपयोग लिखिए।

(स) निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए—

(i) जूट (Jute) (ii) सीरामिक पदार्थ (Ceramic Material)

O

Scanned by CamScanner