৮.৪.২ প্রক্সিমিটি সেন্সর (Proximity Sensor) : প্রক্সিমিটি সেন্সর হলো এক ধরনের নন-কন্ট্যাক্ট সেন্সর। এটি কোনো এলা অবজেক্ট অন্য একটি অবজেক্টের সংস্পর্শে আসার আগেই কার্য সম্পাদন করে। পজিশন সেন্সরের একটি বিশেষরূপ হ প্রক্সিমিটি সেন্সর, যা সেন্সরের একটি ক্রিটিক্যাল দূরত্বের মধ্যে কোনো বস্তুর সরণকে নির্ণয় করতে পারে। এ সমস্ত সেন্সরগু অন-অফ আউটপুট এর জন্য প্রয়োজন। অনেক সময় রোবটের গতি পরিমাপ করে রোবটকে পরিচালনা করতে এরকম ধরনের প্রক্সিমিটি সেন্সর ব্যবহৃত হয়। যেমন–

১। আইআর ট্রান্সসিভার (IR Transceiver)
২। ফটোরেজিস্টার (Photoresistor)
৩। ম্যাগনেটিক প্রক্সিমিটি সেন্সর (Magnetic Proximity Sensor)
৪। অপটিক্যাল প্রক্সিমিটি সেন্সর (Optical Proximity Sensor)
৫। আল্ট্রাসনিক প্রক্সিমিটি সেন্সর (Ultrasonic Proximity Sensor)
৬। ইন্ডাকটিভ প্রক্সিমিটি সেন্সর (Inductive Proximity Sensor)
৭। ক্যাপাসিটিভ প্রক্সিমিটি সেন্সর (Capacitive Proximity Sensor)
৮। এডি কারেন্ট ও হল ইফেক্ট প্রক্সিমিটি সেন্সর (Eddy Current & Hall Effect Proximity Sensor).

নিম্নে এদের বর্ণনা দেয়া হলো–

১। **আইআর ট্রান্সসিভার (IR Transceiver) :** এটি এমন একটি Device যা Infrared পাঠাতে বা গ্রহণ করতে পারে। সাধারণত এটি Computer হতে DVR এ IR সিগন্যাল পাঠায় এবং Remote Control থেকে IR সিগন্যাল Receive করে।

২। **ফটোরেজিস্টার (Photoresistor) :** এটি Light Dependent Resistor (LDR) বা Photocell নামে পরিচিত। LDR একটি আলো (Light) নিয়ন্ত্রিত পরিবর্তনীল রোধ (Resistence) আপোতিত আলোর তীব্রতা কমে হতে Photoresistor এর Resistance কমে যায়। অপরদিকে তীব্রতা কমলে Resistance বেড়ে যায়। এটি Photoconductivity (ফটোকন্ডাক্টিভিটি) প্রদর্শন করে। ফলে এটি Light Sensitive Detector এ ব্যবহৃত হয়।

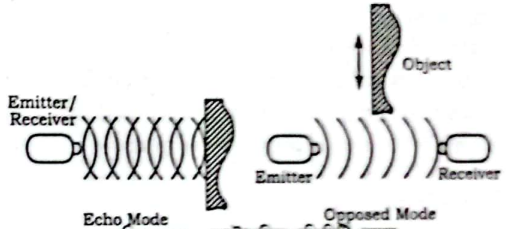
৩। **ম্যাগনেটিক প্রক্সিমিটি সেন্সর (Magnetic Proximity Sensor) :** এ ধরনের সেন্সরগুলো ম্যাগনেটের কাছকাছি আসলে সক্রিয় হয়। রোটর স্পিড বা ঘূর্ণনের সংখ্যা পরিমাপ এবং একটি সার্কিটকে অন অথবা অফ করতে ম্যাগনেটিক প্রক্সিমিটি সেন্সর ব্যবহৃত হয়। একটি মোবাইল রোবট কল্পনা করা হয়, সেখানে রোবটের মোট সরণকে একটি নির্দিষ্ট সময় হুইল এর ঘূর্ণন সংখ্যার সাথে হুইল এর পরিধি গুণ করে নির্ণয় করা হয়। ম্যাগনেটিক প্রক্সিমিটি সেন্সরগুলো চেসি এর উপর নিচেকে (সেন্সরটিকে) স্থির রেখে হুইল এর সাথে একটি ম্যাগনেটিক সংযোগ করে হুইলের ঘূর্ণন নির্ণয় করা অনুরূপভাবে, ম্যাগনেটিক সেন্সরগুলো নিরাপত্তা বা অন্যান্য অ্যাপ্লিকেশনে ব্যবহৃত হতে পারে। ম্যাগনেটিক প্রক্সিমিটি সেন্সর ব্যবহৃত অনেক ডিভাইস আছে, যা মেশিনের দরজা ওপেন হলে একটি সিগন্যাল প্রেরণ করে এবং এর কা কার্যক্রমটি ঘূর্ণায়মান বা মুভিং অংশকে থামিয়ে (Stop) দেয়।

৪। **অপটিক্যাল প্রক্সিমিটি সেন্সর (Optical Proximity Sensor) :** একটি লাইট সোর্স সম্বলিত প্রক্সিমিটি সেন্সরকে অপটিক্যাল প্রক্সিমিটি সেন্সর বলে। এটি একটি লাইট (Light) রিসিভার ও ইমিটার নিয়ে গঠিত। আলোকের উপস্থিতি বা অনুপস্থিতি লাইট রিসিভারগুলো নির্দেশ করে। একটি ফটোট্রানজিস্টর অথবা LDR রিসিভার হিসেবে ব্যবহৃত হয়। একটি অপটিক্যাল সেন্সরকে এমনভাবে স্থাপন করা হয় যাতে যে পর্যন্ত সেন্সরটির অবজেক্ট এর কাছে না আসে সে পর্যন্ত ইমিটার কর্তৃক বিচ্ছুরিত লাইট রিসিভার গ্রহণ করে না বা করতে পারে না। চিত্রে অপটিক্যাল প্রক্সিমিটি সেন্সর দেখানো হয়েছে–

চিত্র-৮.১৫ : অপটিক্যাল প্রক্সিমিটি সেন্সর

যতক্ষণ পর্যন্ত বিবেচ্যকটি অবজেক্টটি সুইচটির সীমার মধ্যে না আসে, ততক্ষণ পর্যন্ত রিসিভার কোনো লাইট দেখতে পায় না এবং সেখানে কোনো সিগন্যালও পাওয়া যায় না।

৫। **আল্ট্রাসনিক প্রক্সিমিটি সেন্সর (Ultrasonic Proximity Sensor) :** আল্ট্রাসনিক প্রক্সিমিটি সেন্সর একটি বিশেষ ধরনের সেন্সর। এ ধরনের সেন্সরে একটি ইমিটার (Emitter) সরাসরি হাই ফ্রিকুয়েন্সির (সাধারণত 200 kHz এর) সাউন্ড ওয়েভ ইমিট করে। আল্ট্রাসনিক প্রক্সিমিটি সেন্সর দু'টি মুড-এ অপারেট হয়। যথা : Opposed Mode এবং Echo Mode। Opposed Mode-এ রিসিভারটি ইমিটারের সম্মুখে স্থাপন করা হয় এবং Echo Mode-এ পর্যায়ক্রমে প্রথমে ইমিটার এবং এরপর রিসিভার অথবা একসঙ্গে স্থাপন করা হয়, যাতে প্রতিফলিত সাউন্ড ওয়েভ রিসিভ করতে পারে। যদি রিসিভারের সীমার (Area) মধ্যে কোনো সারফেস দ্বারা প্রতিফলিত সাউন্ড ওয়েভ সেন্সরের নিকটে আসে তাহলে রিসিভার ঐ ওয়েভকে সেন্স করে একটি সিগন্যাল উৎপন্ন করে। অন্যথায় রিসিভার ওয়েভ সেন্স করবে না এবং কোনো সিগন্যালও উৎপন্ন হবে না। সমস্ত আল্ট্রাসনিক সেন্সরের ইমিটারের নিকটে একটি অন্ধ অঞ্চল বা ব্লাইন্ড জোন (Blind Zone) আছে, যেই অঞ্চলের মধ্যে কোনো অবজেক্টের উপস্থিতি নির্ণয় করতে পারে না। আল্ট্রাসনিক সেন্সরগুলো ইকো মুডে সাউন্ড ওয়েভ রিফ্লেক্ট করে না বলে রাবার ও ফোম সম্বলিত সারফেসের ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয় না। নিচের চিত্রে আল্টাসনিক প্রক্সিমিটি সেন্সর দেখানো হলো :

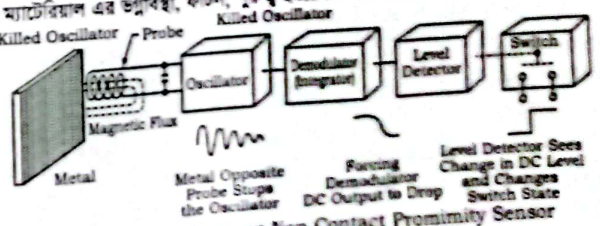


চিত্র-৮.১৬ : আল্ট্রাসনিক প্রক্সিমিটি সেন্সর

৬। **ইন্ডাকটিভ প্রক্সিমিটি সেন্সর (Inductive Proximity Sensor) :** ইন্ডাকটিভ প্রক্সিমিটি সেন্সর মেটাল সারফেস শনাক্ত করতে ব্যবহৃত হয়। একটি ফেরাইট কোর এর উপর পাঁচানো কয়েল, একটি অসিলেটর, একটি ডিটেক্টর এবং একটি সলিড স্টেট সুইচ এর সমন্বয়ে এ ধরনের সেন্সর গঠিত। সেন্সরটির নিকটে কোনো মেটাল অবজেক্ট আসলে সেন্সরটি অসিলেশনের অ্যামপ্লিচুডকে কমিয়ে প্রায় শূন্য করে দেয়। ডিটেক্টরটি পরিবর্তনকে ডিটেক্ট (শনাক্ত) করে এবং সলিড স্টেট সুইচকে অফ করে দেয়। যখন মেটালটি সেন্সর এর সীমা থেকে দূরে সরে যায় তখন সলিড স্টেট সুইচটি আবার অন করে দেয়।

৭। **ক্যাপাসিটিভ প্রক্সিমিটি সেন্সর (Capacitive Proximity Sensor) :** ক্যাপাসিটিভ প্রক্সিমিটি সেন্সর এর চেয়ে অধিক ডাই ইলেকট্রিক কনস্ট্যান্ট বিশিষ্ট অবজেক্ট এর উপস্থিতি শনাক্ত করে। এক্ষেত্রে ম্যাটেরিয়াল অবজেক্টটি একটি ক্যাপাসিটরের মতো কাজ করে সেন্সরের প্রোবটির মোট ক্যাপাসিটেন্স বৃদ্ধি করে। এটি একটি ইন্টারনাল অসিলেটরকে ট্রিগার করে, যা একটি আউটপুট ইউনিটকে অন করার জন্য প্রয়োজনীয় সিগন্যাল তৈরি করে। ক্যাপাসিটিভ সেন্সরগুলো নন-মেটাল অবজেক্ট যেমন– উড, লিকুইড, কেমিকাল ইত্যাদি এর উপস্থিতিকে ডিটেক্ট করতে ব্যবহৃত হয়।

৮। **এডি কারেন্ট ও হল ইফেক্ট প্রক্সিমিটি সেন্সর (Eddy Current & Hall Effect Proximity Sensor) :** যখন একটি পরিবাহীকে (Conductor) পরিবর্তনশীল ম্যাগনেটিক ফিল্ডে স্থাপন করা হয় তখন পরিবাহীতে একটি ইলেকট্রোমোটিভ ফোর্স উৎপন্ন হয় ফলে পরিবাহীর মধ্যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়। এই কারেন্টকে এডি কারেন্ট বলে। এডি কারেন্ট সেন্সরে মূলত দুটি কয়েল থাকে, যার একটি কয়েল পরিবর্তনশীল ম্যাগনেটিক ফ্লাক্স উৎপন্ন করে। অপর কন্ডাকটিং ম্যাটেরিয়াল-এর ক্লোজ প্রক্সিমিটির ফলে ম্যাটেরিয়াল-এ অন্য একটি এডি কারেন্ট উৎপন্ন হয়, যা প্রথম কয়েলের ফ্লাক্সের বিপরীতে একটি ম্যাগনেটিক ফ্লাক্স উৎপন্ন করে। যার কারণে ফলে মোট ফ্লাক্সের পরিমাণ হ্রাস পায়। মোট ফ্লাক্সের পরিবর্তন কন্ডাকটিভ ম্যাটেরিয়াল এবং এটি দ্বিতীয় কয়েল দ্বারা পরিমাপ করা হয় এডি কারেন্ট সেন্সরগুলো কন্ডাকটিং ম্যাটেরিয়াল এর ভগ্নাবস্থা, ফাটল, পুরুত্ব ইত্যাদি শনাক্ত করতে এবং প্রক্সিমিটির সমানুপাতিক ব্যবহৃত হয়।



চিত্র-৮.১৭ : Eddy Current Non Contact Proximity Sensor

৮.৪.৩ রেজিস্ট্যান্স টেম্পারেচার ডিটেক্টর-আরটিডি (Resistance Temperature Detector-RTD)

রেজিস্ট্যান্স টেম্পারেচার ডিটেক্টরের মূলনীতি (Principle of Resistance Temperature Detector-RTD)

কোন কোন বিশেষ পদার্থ উত্তাপের কারণে পদার্থের রেজিস্টিভিটির তারতম্যের কারণে বিদ্যুতের উদ্ভব হয়। যে সব device এ ধরনের কার্যপদ্ধতি অর্থাৎ উত্তাপের কারণে বিদ্যুতের সৃষ্টি হয় তাদেরকে আমরা ইলেকট্রিক ট্রান্সডিউসার কিংবা টেম্পারেচার ট্রান্সডিউসার বলা হয়। এ ধরনের temperature ট্রান্সডিউসার ৪ ধরনের যথা:

(১) রেজিস্ট্যান্স টেম্পারেচার ডিটেক্টর (Resistance Temperature Detector (RTD)

(২) থার্মিস্টর (Thermistor)

(৩) থার্মোকাপল (Thermocouple)

(৪) আল্ট্রাসনিক (Ultrasonic)

রেজিস্ট্যান্স টেম্পারেচার ডিটেক্টর (RTD)

যে সকল পদার্থের রেজিস্ট্যান্স তাপমাত্রা পরিবর্তনের সাথে পরিবর্তিত হয় তাদেরকে রেজিস্ট্যান্স টেম্পারেচার ডিটেক্টর বা RTD বলা হয়। RTD সাধারণত প্লাটিনাম বা নিকেল বা কপার ইত্যাদি পদার্থ দ্বারা তৈরি করা হয়। RTD বিভিন্ন গঠনের হয়ে থাকে। ইন্ডাস্ট্রিয়াল ও সাধারণে প্রয়োগের জন্য সিরেডড ও অপেন ইউনিট ধরনের RTD তৈরি করা হয়। 0°C তাপমাত্রার রেজিস্ট্যান্স পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স ও তাপমাত্রার মধ্যকার সম্পর্কের সূত্র হলো–

$R_t = R_{ref}(1 + \alpha \Delta t)$

যেখানে, R_t = t°C তাপমাত্রায় পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স

R_{ref} = রেফারেন্স তাপমাত্রা অর্থাৎ 0°C এ পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স

α = রেজিস্ট্যান্সের তাপমাত্রা সহগ

Δt = অপারেটিং ও রেফারেন্স তাপমাত্রার পার্থক্য।

প্রায় অধিকাংশ ধাতব পদার্থের রেজিস্ট্যান্স তাপমাত্রা সহগ ধনাত্মক (PTC)। তাই তাপমাত্রা বাড়ার সাথে রেজিস্ট্যান্স বাড়ে কিন্তু কিছু পদার্থ যেমন কার্বন, জার্মেনিয়াম ইত্যাদি পদার্থের তাপমাত্রা সহগ ঋণাত্মক (NTC)। ফলে তাদের তাপমাত্রা বাড়ার সাথে রেজিস্ট্যান্স কমে। টেম্পারেচার সেনসিং এলিমেন্টের ক্ষেত্রে α–এর মান উচ্চ হওয়া ভাল যাতে সামান্য তাপমাত্রা পরিবর্তন হলেই বেশি পরিমাণ রেজিস্ট্যান্সের পরিবর্তন হয়। রেজিস্ট্যান্স পরিবর্তনের (ΔR) মানকে হুইটস্টোন ব্রিজের সাহায্যে পরিমাপ করা যায় যা সরাসরি তাপমাত্রা নির্দেশ করে, যেহেতু এর স্কেল তাপমাত্রায় দাগাংকিত থাকে। প্রয়োগক্ষেত্র হিসেবে RTD সেনসিং এলিমেন্ট নির্বাচন করা হয়।

RTD হলো ওয়্যার উড রেজিস্ট্যান্স যার তাপমাত্রা সহগ পরিবর্তনশীল ধনাত্মক (PTC)। সেনসিং এলিমেন্ট হিসেবে সাধারণত প্লাটিনাম বেশি ব্যবহৃত হয়। কারণ এর স্ট্যাবিলিটি উচ্চ ও অপারেটিং রেঞ্জ বেশি। এছাড়া নিকেল এবং কপারও ব্যবহৃত হয়। RTD এর সুবিধা অসুবিধা নিচে উল্লেখ করা হলো–

সুবিধা (Advantages) :

(১) উচ্চ তাপমাত্রায় ও স্ট্যাবিলিটি ভাল।

(২) প্রশস্ত অপারেটিং রেঞ্জে প্রত্যাশিত লিনিয়ারিটি।

(৩) উচ্চ তাপমাত্রায় অপারেশন হতে পারে।

(৪) অন্যান্য টেম্পারেচার ট্রান্সডিউসারের পরিবর্তে ব্যবহারযোগ্য।

অসুবিধা (Disadvantages) :

(১) কোন পরেন্ট সেন্সিং নেই।

(২) নিয়মানের সেনসিটিভিটি।

(৩) কন্টাক্ট রেজিস্ট্যান্স, শক ও কম্পন দ্বারা প্রভাবিত হয়।

(৪) সংযোগের জন্য বেশি তারের প্রয়োজন হয়।

(৫) অন্যান্য টেম্পারেচার ট্রান্সডিউসারের চেয়ে দাম বেশি।

উপরে টেবিলে একটি 100Ω প্লাটিনাম RTD এর স্পেসিফিকেশন দেয়া হলো–

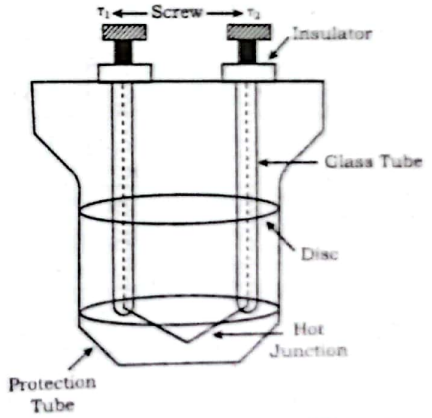
Table 8.3

SL	Characteristics	Value/Type
1	Temperature Range	200°C–850°C
2	Temperature coefficeint at 25°C	α = 0.39
3.	Construction	wire wound or thin film platinum
4.	Self heating	0.02°C–0.75°C/mV
5.	Lead wire	copper
6.	Lead resistance compensation	Three or four wire lead system
7.	Accuracy	± 0.6 at 100°C
8.	Resolution	0.29 – 0.39 Ω/°C
9.	Drift	0.01 – 0.1°C/year

৮.৪.৪ থার্মোকাপল (Thermocouple) : যদি ভিন্ন Work Function এর দুটি ধাতব তারের দুই প্রান্তকে দুটি ভিন্ন বিন্দুতে সংযোগ করা হয় এবং দুই প্রান্তে তাপমাত্রার পার্থক্য থাকে তখন সংযোগ স্থলে বা জাংশনে Voltage উৎপন্ন হয়। এই উৎপন্ন Voltage এর মান তাপমাত্রার সাথে সমানুপাতিক। এ ব্যবস্থাকে Thermocouple বলা হয়।

এ ক্ষেত্রে Heat Energy Electrical Energy তে রূপান্তরিত হয়। 1821 সালে বৈজ্ঞানিক টমাস জন সিবেক এটি উদ্ভাবন করেন বলে এই প্রক্রিয়াকে সিবেক প্রতিক্রিয়া (Seeback Effect) বলা হয়।

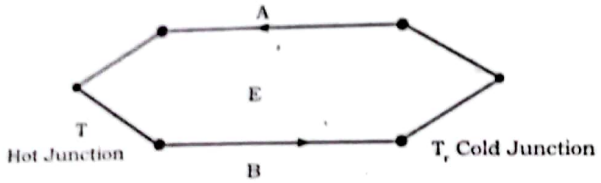
গঠন : থার্মোকাপলের ভৌতিক কাঠামো নিচের চিত্রে দেখানো হলো :



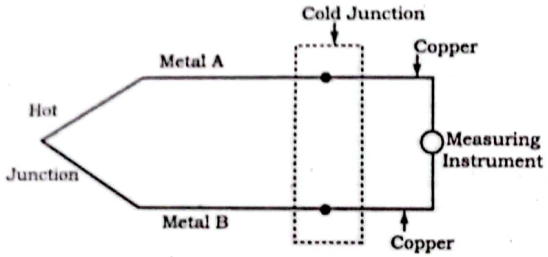
চিত্র-৮.১৮ : Physical Construction of Thermocouple

থার্মোকাপল দুটি ভিন্ন জাতীয় ধাতব পরিবাহীর মাধ্যমে গঠিত। পরিবাহী দুটির এক প্রান্তে ঝালাই করা হয় যা পরম জাংশন (Hot Junction) নামে পরিচিত। তার দুটিকে পারস্পরিক সম্পর্ক এবং শর্ট সার্কিট হতে রক্ষা করার জন্য এর খোলা প্রান্ত দ্বয়কে সরু এবং লম্বা কাঁচনলের মধ্যে ঢুকানো হয়। কতগুলো চাকতির মাধ্যমে নল দুটিকে খাড়া করে রাখা হয়। সম্পূর্ণ ব্যবস্থাকে পোর্সেলিন (Porcelain) টিউবের মধ্যে ঢুকানো থাকে এবং টিউবের উপর একটি ইনসুলেটরের টুপি বসানো থাকে এবং T_1 এবং T_2 দুটি স্ক্রু (Screw) থার্মোকাপলের ব্যবহৃত তারের মাধ্যমে উক্ত স্ক্রু হতে ঠান্ডা জাংশনকে (Cold Junction) দূরে রাখা হয়, যাতে ঠান্ডা জাংশনের তাপমাত্রা 0°C রাখা যায়।

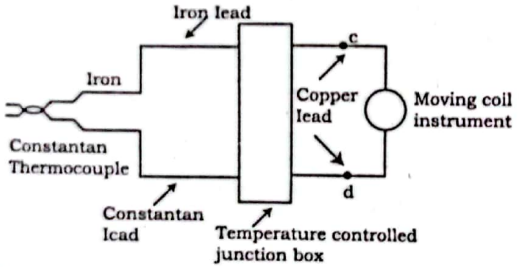
মূলনীতি (Working Principle) : যখন ভিন্ন work function এর দুটি ধাতব পদার্থ A এবং B এর দুই প্রান্ত তাপমাত্রার পার্থক্য ($T - T_r$) থাকে তবে জাংশনে voltage (E) উৎপন্ন হবে ফলে সার্কিটে current প্রবাহিত হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত Hot junction এবং cold junction এর মধ্যে তাপমাত্রার পার্থক্য থাকবে ততক্ষণ পর্যন্ত এতে কারেন্ট প্রবাহিত হতে থাকবে। উৎপন্ন voltage কে thermo-emf বলা হয় এবং প্রবাহিত কারেন্টকে থার্মোইলেকট্রিক কারেন্ট বলা হয়। এই Thermoemf এর পরিমাণ ও দিক নির্ভর করে ব্যবহৃত পদার্থ এবং তাপমাত্রার পার্থক্য ($T - T_r$) এর উপর। এভাবে উৎপন্ন voltage এর পরিমাণ নির্ণয় করে তাপমাত্রা পরিমাপ করা যায়।



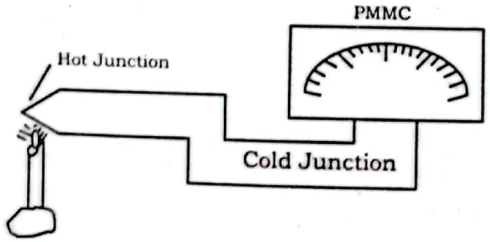
(ক) গঠন



(খ) সার্কিট



(গ) Measurement of temperature with thermo couple.



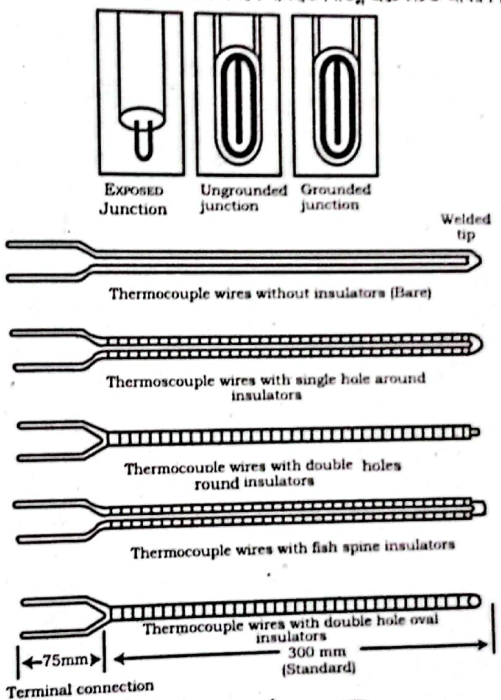
Equivelent ckt. of Tempt. Measurement with thermocouple

(ঘ) সমতুল্য

চিত্র-৮.১৯ : থার্মোকাপল সার্কিট

কার্যপ্রণালি (Operation) : উপরের চিত্রে তাপমাত্রা পরিমাপের জন্য থার্মোকাপল এর সার্কিট দেখানো হয়েছে। থার্মোকাপল এ ব্যবহৃত দুটি ভিন্ন পদার্থের (Metal) একপ্রান্ত একত্র সংযোগ করা হয়েছে। এই প্রান্তকে Measureing junction বা Hot junction বলা হয়। অপর প্রান্ত দুটিকে পরস্পর হতে Insulated করা থাকে। এই দুই প্রান্তের মাঝখানে একটি dc millivoltmeter সংযোগ করা হয়। এ খোলা প্রান্তকে Cold junction বা reference junction বলা হয়। এই junction কে একটি জানা নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় (সাধারণত 0°C) রাখা হয়। যার তাপমাত্রা পরিমাপ করতে হবে তাকে junction এর সাথে সংযোগ করা হয়। উৎপন্ন emf এর পরিমাণ নির্ভর করে দুটি junction এর তাপমাত্রার পার্থক্যের উপর। অর্থাৎ মিটারের সাহায্যে উৎপন্ন Thermoemf পরিমাপ করে আমরা তাপমাত্রা পরিমাপ করতে পারি।

থার্মোকাপল মুক্ত পরিবাহী (Bare Conductor) অবস্থায় ব্যবহৃত হয় না। শিল্প কারখানায় ব্যবহৃত থার্মোকাপলের জাংশন এবং এক্সটেনশন লিডের কিছু অংশে রক্ষণকারী (Protective) আবরণ (Sheath) দেয়া থাকে, প্রটেকটিভ আবরণ হিসেবে সিরামিক কিংবা অক্সাইড কম্পাউন্ড ব্যবহৃত হয়। থার্মোকাপলে ব্যবহৃত বিভিন্ন প্রটেকটিভ আবরণ নিচে চিত্রে দেখানো হলো :



চিত্র-৮.২০ : থার্মোকাপল ওয়্যার

সুবিধা (Advantages) :

(১) Thermocouple এর তৈরি খরচ কম।
(২) পরিমাপযোগ্য তাপমাত্রার range অনেক বেশি।
(৩) কোন প্রকার bridge circuit এর প্রয়োজন হয় না।
(৪) Accuracy খুব ভাল।

অসুবিধা (Disadvantages) :

(১) Precision Measurement কঠিন।
(২) Reference temperature অবশ্যই constant রাখতে হবে।
(৩) Thermo-emf/Temperature relation খুব Non-linear.
(৪) Stray voltage এর প্রভাব থাকে।

CamScanner