অধ্যায়-১৩

ইন্ডাকশন এবং ডাইইলেকট্রিক হিটিং
(Induction and Dielectric Heating)

১৩.১ ইন্ডাকশন এবং ডাইইলেকট্রিক হিটিং-এর সংজ্ঞা (Definition of induction and dielectric heating) :

১৩.১.১ ইন্ডাকশন হিটিং (Induction heating) :

বর্তমানে প্রায় সকল ধরনের ইন্ডাস্ট্রিতে ছোট-বড় বিভিন্ন ধরনের কাজে হিটিং বা তাপীয়করণের প্রয়োজন পড়ে। আর উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে ইন্ডাস্ট্রিতে প্রচুর তাপ উৎপন্ন করা যায়। উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে বিভিন্ন হিটিং পদ্ধতি রয়েছে, যাদের মধ্যে বৈদ্যুতিক পদ্ধতি (Electrical method) সবচেয়ে সুবিধাজনক, খুবই প্রচলিত এবং স্বচ্ছ পদ্ধতি। তা ছাড়া বৈদ্যুতিক পদ্ধতিতে উৎপন্ন তাপকে সঠিকভাবে নিয়ন্ত্রণ করা যায়। ইন্ডাস্ট্রিতে বিদ্যুৎশক্তিকে (Electrical energy) তাপশক্তি (Heat energy)-তে রূপান্তর করে যে ইন্ডাস্ট্রিয়াল তাপ উৎপন্ন করে, তাকে ইন্ডাস্ট্রিয়াল হিটিং (Industrial heating) বলে। আজকাল বহু ইন্ডাস্ট্রিতে বিদ্যুৎশক্তিকে তাপশক্তিতে রূপান্তর করে ইন্ডাস্ট্রিয়াল হিট উৎপন্ন করা হয়ে থাকে এবং তা বিভিন্নভাবে, যেমন–

১। খুবই উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি রেডিয়েশন হিটিং (Very high frequency radiation heating)
২। বোমবার্ডমেন্ট হিটিং (Bombardment heating)
৩। ডাইইলেকট্রিক হিটিং (Dielectric heating)
৪। রেজিস্ট্যান্স হিটিং (Resistance heating)
৫। ইন্ডাকশন হিটিং (Induction heating)।

বিভিন্ন ইলেকট্রিক্যাল হিটিং পদ্ধতির মধ্যে ইন্ডাকশন হিটিং সম্পর্ক আলোচনা নিম্নরূপ–

ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন নীতিকে কাজে লাগিয়ে কোন ধাতব পদার্থকে পরিবর্তনশীল চুম্বকক্ষেত্রে রেখে তাপ সৃষ্টি বা উৎপন্ন করার পদ্ধতিকে ইন্ডাকশন হিটিং (Induction heating) বলা হয়। এখানে তাপের পরিমাণ মূলত প্রয়োগকৃত বিদ্যুৎশক্তির ফ্রিকুয়েন্সি (Frequency) এর উপর নির্ভরশীল।

প্রত্যেক ট্রান্সফর্মার (Transformer)-এ অনাকাঙ্ক্ষিত এডি (Eddy) কারেন্ট লস এবং হিস্টেরেসিস (Hysteresis) লস সংঘটিত হয়ে থাকে। ট্রান্সফর্মারের ক্ষেত্রে এ লসকে কমানোর জন্য বিভিন্ন উপায় গ্রহণ করা হয়। কিন্তু এই এডি (Eddy) কারেন্ট লস এবং হিস্টেরেসিস (Hysteresis) লস একটি ধাতব খণ্ডকে উত্তপ্ত করার জন্য ফলপ্রসূভাবে ব্যবহার হতে পারে। আর যে পদ্ধতিতে (Method) উক্ত কাজটি করা হয়, তাকে ইন্ডাকশন হিটিং (Induction heating) বলে।

১৩.১.২ ডাইইলেকট্রিক হিটিং (Dielectric heating) :

প্রায় সকল ধরনের ইন্ডাস্ট্রিতে ছোট-বড় বিভিন্ন ধরনের কাজে হিটিং বা তাপীয়করণের দরকার হয়। যখন কোনো ডাইইলেকট্রিক পদার্থকে ইলেকট্রোস্ট্যাটিক ফিল্ডের মধ্যে রাখা হয় তখন তাতে ডাইইলেকট্রিক লস হয়, আর তার জন্য প্রচুর তাপের উদ্ভব ঘটে। বেশিরভাগ ইলেকট্রিক্যাল, ইলেকট্রনিক ইকুইপমেন্টের জন্য এই তাপ ক্ষতিকর। ফলে উৎপন্ন তাপ দূরীকরণের জন্য বিভিন্ন ব্যবস্থা নেওয়া হয়। কিন্তু ইন্ডাস্ট্রিয়াল হিটিং-এর ক্ষেত্রে বিভিন্ন কাজে হিটিং বা তাপীয়করণের উৎপন্ন করা হয়। ডাইইলেকট্রিক হিটিংকে ক্যাপাসিটিভ (Capacitive) হিটিংও বলা হয়।

যখন কোনো ডাইইলেকট্রিক পদার্থকে পরিবর্তনশীল ইলেকট্রোস্ট্যাটিক ফিল্ডের মধ্যে রাখা হয় তখন তাতে ডাইইলেকট্রিক লসের জন্য তাপের উদ্ভব হয়, একেই ডাইইলেকট্রিক হিটিং বলা হয়।

বেশিরভাগ ইলেকট্রিক্যাল ইকুইপমেন্টে এ ধরনের ডাইইলেকট্রিক হিটিং ক্ষতিকর হলেও এ ধরনের হিটিং পদ্ধতি শিল্পক্ষেত্রে বিভিন্ন কাজে ব্যবহার করা হয়। এই হিটিং-এর ক্ষতিকর দিক দূরীকরণের জন্য বিভিন্ন উপায় রাখা হয়।

এ পদ্ধতিতে প্রয়োগকৃত ইলেকট্রোস্ট্যাটিক ফিল্ডের ফ্রিকুয়েন্সিকে বাড়িয়ে ডাইইলেকট্রিক লসকে বাড়ানো যায়। ফলে ডাইইলেকট্রিক হিটিং বৃদ্ধি পায়। এভাবেই যে-কোন নন-কন্ডাকটিং (Non-conducting) বা অপরিবাহী পদার্থকে হাই-ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট পরিবর্তনশীল ইলেকট্রোস্ট্যাটিক ফিল্ডের মধ্যে রেখে ডাইইলেকট্রিক লসের মাধ্যমে তাপ প্রদান করা হয়।

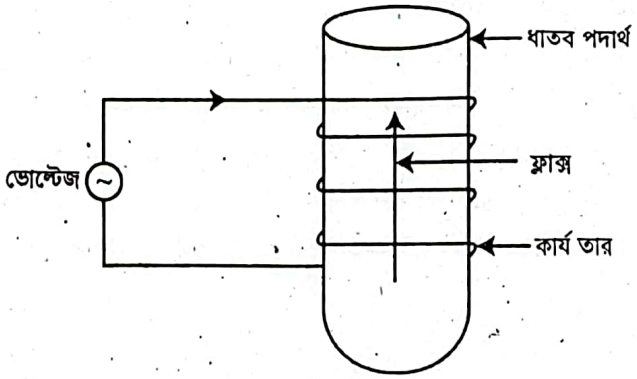
CamScanner

১৩.২ ইন্ডাকশন এবং ডাইইলেকট্রিক হিটিং-এর মূলনীতি (The principle of induction and dielectric heating) :

১৩.২.১ ইন্ডাকশন হিটিং-এর মূলনীতি (Principles of induction heating) :

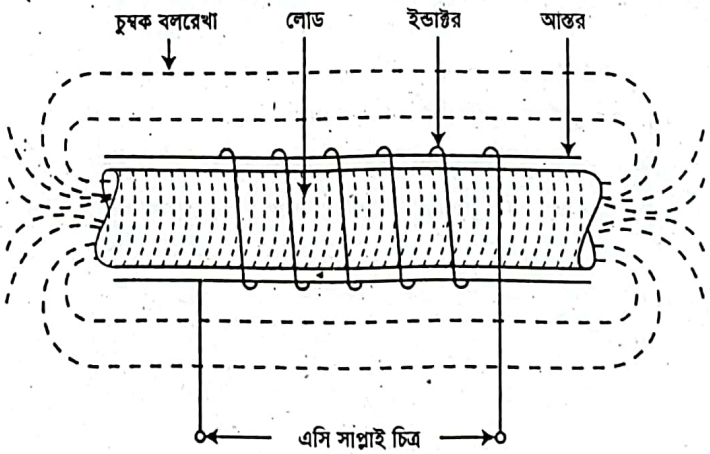
ধাতব পদার্থকে পরিবর্তনশীল চুম্বক ক্ষেত্রে রেখে তাপ সৃষ্টি করার পদ্ধতিকে ইন্ডাকশন হিটিং বলে। তাপের পরিমাণ প্রধানত প্রয়োগকৃত বিদ্যুৎশক্তির ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভরশীল।

প্রত্যেক ট্রান্সফর্মারে অনাকাঙ্ক্ষিত এডি কারেন্ট লস এবং হিস্টেরেসিস লস সংঘটিত হয়ে থাকে। ট্রান্সফর্মারের ক্ষেত্রে এ লসকে কমানোর জন্য বিভিন্ন উপায় গ্রহণ করা হয়। কিন্তু এ একই এডি কারেন্ট লস এবং হিস্টেরেসিস লস একটি ধাতুখণ্ডকে উত্তপ্ত করার জন্য ফলপ্রসূভাবে ব্যবহার করা হয়। যে পদ্ধতিতে সেটি করা হয়, তাকে ইন্ডাকশন হিটিং বলে।



চিত্র : ১৩.১ ইন্ডাকশন হিটিং এর মূলনীতি

ইন্ডাকশন হিটিং-এর কার্যের মূলনীতির ব্যাখ্যা (Explanation of the principle of operation of induction heating) :



চিত্র : ১৩.২ ইন্ডাকশন হিটিং

উপরের চিত্রে দেখা যায়, ম্যাগনেটিক পদার্থের উপর একটি তামার তারের তৈরি কয়েল প্যাঁচানো আছে, এ কয়েলটিকে ইন্ডাকটর বলা হয় যে ধাতুর বস্তুকে তাপ দিতে হবে তাকে আস্তিনের ভিতর প্রবেশ করিয়ে দেয়া হয়। এবার কয়েলে উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট এসি সরবরাহ দেয়া হয়। এসি সরবরাহের ফলে ধাতব বস্তুর মধ্যে চুম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টি হয়। যেহেতু এসি সরবরাহ তাই এই চুম্বক ক্ষেত্রটি একবার ডানে একবার বামে দিক পরিবর্তন করে থাকে। এতে উক্ত লোডে এডি কারেন্ট ও হিস্টেরেসিস প্রভাব সৃষ্টি হয়, যার ফলে শক্তি ক্ষয় হয়। এই শক্তি তাপ হিসেবে বাইরে প্রকাশ পায়। হিস্টেরেসিস ক্ষয়ের পরিমাণ বস্তুর ও তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। হিস্টেরেসিস ক্ষয় এবং এডি কারেন্ট ক্ষয় নিম্নে সমীকরণের মাধ্যমে দেখানো যায়–

হিস্টেরেসিস এর জন্য শক্তি ক্ষয়,

$W_h = KB^{1.6} f$ Watt---- (i)

এখানে,

K = একটি ধ্রুব রাশি, যা বস্তুর কয়েকটি তথ্যের উপর নির্ভর করে।

B = চুম্বক ক্ষেত্রের ঘনত্ব

f = ফ্রিকুয়েন্সি

W_h = হিস্টেরেসিসজনিত শক্তি ক্ষয়

আবার এডি কারেন্টের জন্য শক্তি ক্ষয়

$W_e = Kf^2 B_m^2$ Watt ..... (ii)

CamScanner

এখানে,

B_m = চুম্বক ক্ষেত্রের সর্বোচ্চ ঘনত্ব

এটি ছাড়া তাপমাত্রা কিউরিক পয়েন্টের উপরে উঠে গেলে ধাতুর চুম্বকত্ব বিনষ্ট হয় বলে কিউরিক পয়েন্টের (Curic point) উপরে হিস্টেরেসিস প্রক্রিয়ায় তাপ সৃষ্টি সম্ভব নয়। উপরের ১নং এবং ২নং সমীকরণ হতে বুঝা যায়, এডি কারেন্ট এবং হিস্টেরেসিসজনিত শক্তি ক্ষয় ফ্রিকুয়েন্সি ও চুম্বক বলরেখার ঘনত্বের উপর নির্ভরশীল। বস্তুর কতটুকু গভীরে তাপ যায়, তা নিম্নের সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়–

$$\delta = \frac{1}{2\pi(10^{-9}\mu r \sigma f)^{\frac{1}{2}}} \text{ cm}$$

এখানে, δ = তাপ প্রবেশের গভীরতা সেমি-এ

μr = প্রবেশ্যতা (Permeability)

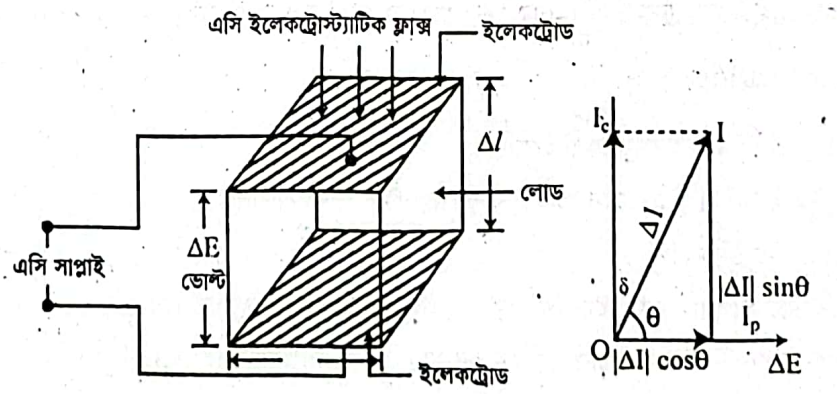
σ = কন্ডাকটিভিটি, ওহম/ঘন সেমি (Ω/cm^3)

f = ফ্রিকুয়েন্সি হার্জ-এ

উপরের সমীকরণ হতে দেখা যায়, বস্তুর বহিঃস্তরে স্কিন ইফেক্ট এর জন্য তাপের ভেদ্যতা ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভরশীল। আবার চুম্বক ক্ষেত্রের ঘনত্ব, কারেন্টের ঘনত্ব এবং তাপের বিস্তার ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভরশীল। অতএব বলা যায়, মূলত উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির এসি শক্তিকে তাপশক্তিতে রূপান্তর করে ইন্ডাকশন হিটিং করা সম্ভব।

১৩.২.২ ডাইইলেকট্রিক হিটিং-এর মূলনীতি (The principle of dielectric heating) :

যদি একটি সাইনোসয়ডাল ভোল্টেজ একটি খাঁটি ক্যাপাসিটরের আড়াআড়িতে প্রয়োগ করা হয়, তাহলে লব্ধি কারেন্ট ঠিক 90° কোণে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজকে লিড করে। প্রকৃতপক্ষে, কোনো ক্যাপাসিটরই খাঁটি হয় না। প্রত্যেক ক্যাপাসিটরের সামান্য ডাইইলেকট্রিক ক্ষয় আছে। অতএব, লব্ধি কারেন্ট ভোল্টেজ ফেজকে সম্পূর্ণ 90°-তে লিড করে না। অর্থাৎ কারেন্টের সামান্য কম্পোনেন্ট ভোল্টেজের সাথে একই ফেজে থাকে। এর ফলে ডাইইলেকট্রিক ক্ষয় হয়। আর এর ডাইইলেকট্রিক ক্ষয় ক্যাপাসিটরের ডাইইলেকট্রিক পদার্থে তাপ আকারে প্রকাশিত হয়। পরিবর্তনশীল একটি ইলেকট্রোস্ট্যাটিক ক্ষেত্রের মধ্যে যে-কোনো একটি ডাইইলেকট্রিক পদার্থ স্থাপন করা হলে উক্ত পদার্থে সর্বদা কিছু না কিছু তাপীয় শক্তি উৎপন্ন হয়। এটা ডাইইলেকট্রিক হিটিং পদ্ধতিতে ব্যবহার করা হয়। এভাবে বলা যায়, তাপ উৎপাদনের জন্য যে-কোন অপরিবাহী পদার্থের ডাইইলেকট্রিক ক্ষয়ের সঠিক ব্যবহার দ্বারাই ডাইইলেকট্রিক হিটিং এর কৌশল গঠিত হয়ে থাকে।



চিত্র : ১৩.৩ মৌলিক অবিশুদ্ধ ক্যাপাসিটর

চিত্রে ইলেকট্রোডদ্বয় একটি ক্যাপাসিটরের দুটি পাতের ন্যায় কাজ করে। এদের মধ্যে লোড ডাইইলেকট্রিক পদার্থ হিসাবে অবস্থান করে। মনে করি, উক্ত লোডটি খুব ক্ষুদ্র আকারের একক ঘনবিশিষ্ট ডাইইলেকট্রিক ম্যাটেরিয়াল, যার প্রত্যেক পার্শ্বের দৈর্ঘ্য Δl এবং এটি পরিবর্তনশীল বিদ্যুৎ ক্ষেত্রের মধ্যে স্থাপন করা হল। মনে করি, দুই প্রান্তের মধ্যে ভোল্টেজের পার্থক্য ΔE এবং বলরেখা লম্বালম্বিভাবে বিরাজ করছে।

তাহলে, উক্ত পদার্থে ক্যাপাসিটরের মান,

$$C = 0.0885\,\epsilon_r \frac{\text{a অথবা b এর ক্ষেত্রফল}}{\text{পুরুত্ব}} \times 10^{-12} \text{ ফ্যারাড}$$

এখানে, ϵ_r = আপেক্ষিক ডাইইলেকট্রিক কনস্ট্যান্ট

$\Delta\ell$ = সেমি এককে প্রত্যেক পার্শ্বের দৈর্ঘ্য

$\epsilon_0 = 0.0885 \times 10^{-12}$ F/cm.

$\epsilon = \epsilon_0\epsilon_r$

$$\therefore C = \frac{\epsilon A}{d} = \frac{\epsilon_0\epsilon_r \Delta l^2}{\Delta l} = \epsilon_0\epsilon_r \Delta l$$

যখন কোনো ডাইইলেকট্রিক পদার্থের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করানো হয়, তখন প্রকৃতপক্ষে ভোল্টেজ এবং কারেন্টের মধ্যে কৌণিক ব্যবধান 90° থাকে না এবং দেখা যায় ভোল্টেজের সাথে θ° কৌণিক ব্যবধানে একটি অল্প মানের বাস্তব কারেন্ট কম্পোনেন্ট ($|\Delta I| \cos\theta$) পাওয়া ফলে যখন কোন ডাইইলেকট্রিক পদার্থকে কোন পরিবর্তনশীল বিদ্যুৎ ক্ষেত্রের মধ্যে স্থাপন করা হয় তখন তাপীয় শক্তির উদ্ভব হয়। তাহলে সে ইনফেজ কারেন্ট কম্পোনেন্টের মান নিম্নরূপে প্রদান করা যায়,

$$|\Delta I| \cos\theta = \frac{\Delta E}{Z_c} \text{ p.f}$$

যেখানে Z_c হল উক্ত মৌলিক ক্যাপাসিটরের ইম্পিড্যান্স, যা মানের দিক থেকে X_c এর সমান এবং p.f = পাওয়ার ফ্যাক্টর (Power factor)

$$\therefore Z_c = X_c = \frac{1}{\omega c}$$

$$|\Delta I| \cos\theta = \Delta E.\ \omega c.\ (p.f)$$
$$= \Delta E.2\ \pi f c\ (p.f)$$
$$= \Delta E.\ f.(p.f).\ 2\pi \times 0.0885 \times \epsilon_r \times \Delta l \times 10^{-12}$$
$$= 0.556 f \epsilon r\ (p.f).\Delta E.\Delta \ell \times 10^{-12}$$

রূপান্তরিত তাপীয় শক্তি, $|\Delta p| = |\Delta E||\Delta I| \cos\theta$

$$= |\Delta E| \times 0.556 f\ \epsilon_r\ (p.f)\ |\Delta E|\ \Delta \ell \times 10^{-12}$$
$$= 0.556\ |\Delta E|^2\ f\ \epsilon_r\ (p.\ f)\ \Delta \ell \times 10^{-12}$$

ভোল্টেজের মান E হলে একক সেমিবিশিষ্ট ঘনকের মধ্যে বিদ্যুৎশক্তি হতে রূপান্তরিত সৃষ্ট তাপের পরিমাণ হবে,

$$W = 0.556\ E^2 f\ \varepsilon_r\ (p.f) \times 10^{-12}\ \text{Watts/C.C}$$

এখানে ডাই-ইলেকট্রিক কনস্ট্যান্ট ϵ_r এবং পাওয়ার ফ্যাক্টর (p.f) এর গুণনকে লস ফ্যাক্টর হিসাবে উল্লেখ করা হয়। উপরের সমীকরণ হতে এটাই প্রতীয়মান হয় যে, উৎপাদিত হিট (Heat) প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের (E) এবং ফ্রিকুয়েন্সির (f) উপর নির্ভরশীল।

১৩.৩ ইন্ডাকশন এবং ডাইইলেকট্রিক হিটিং-এর ফ্রিকুয়েন্সির প্রভাবের তালিকা (List the effects of frequency on induction & dielectric heating) :

নিম্নে ইন্ডাকশন হিটিং ফ্রিকুয়েন্সির ইফেক্ট বর্ণনা করা হলো–

(i) এটিতে ম্যাগনেটিক ফোর্স (H), রেজিস্টিভিটি f এবং রিলেটিভ পারমিয়াবিলিটি μ_r, তাপমাত্রা ইনপুট প্রতি ইউনিট ভলিউম হয় প্রোপরশনাল স্কয়ার রুট ফ্রিকুয়েন্সি।

(ii) উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে উচ্চ তাপমাত্রার হিস্টেরেসিস লস হয় এবং খুব কম Eddy কারেন্ট লস হয়।

(iii) ফ্লাক্স ডেনসিটিতে ম্যাগনেটিক ম্যাটেরিয়াল বড় হয় নন-ম্যাগনেটিক ম্যাটেরিয়ালের চেয়ে। এর পূর্বে ফ্রিকুয়েন্সি যতটুকু দরকার হয় তার সমপরিমাণ তাপ, ম্যাগনেটিক ম্যাটেরিয়াল কম হয়।

(iv) ম্যাটেরিয়ালে যখন রেজিস্টিভিটি বেশি হয়, ফ্রিকুয়েন্সি তখন কম থাকে।

(v) থার্মাল কন্ডাক্টিভিটি ম্যাটেরিয়াল বেশি হয় যখন ফ্রিকুয়েন্সি বেশি হয়।

ফ্রিকুয়েন্সির ইফেক্ট (Effect of frequency) :

(i) এ ফ্রিকুয়েন্সি নির্ভর করে লস ফ্যাক্টরের উপর। উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি ব্যবহার হয় লো-লস ফ্যাক্টরে।

(ii) ক্যাপাসিটিভ কারেন্ট i_c বৃদ্ধি পাওয়ার সাথে সাথে ফ্রিকুয়েন্সি লো-ফেজ অ্যাঙ্গেলে δ বাড়তে থাকে।

(iii) ফ্রিকুয়েন্সি বৃদ্ধির সঙ্গে রেজোনেন্ট সার্কিটে ধারাবাহিকভাবে ইন্ডাকট্যান্স এবং ক্যাপাসিট্যান্স বাড়ে আর লোড ইম্পিড্যান্স কমতে থাকে।

(iv) অতিরিক্ত ফ্রিকুয়েন্সিতে কাছাকাছি থাকা রেডিও স্টেশন ডিস্টার্ব করে কারণ ইলেকট্রোম্যাগনেটিক রেডিয়েশন বৃদ্ধি পায়।

CamScanner

১৩.৪ ইন্ডাকশন এবং ডাইইলেকট্রিক হিটিং-এ সোর্স ভোল্টেজের প্রভাব (The effects of source voltage on induction and dielectric heating) :

ইন্ডাকশন হিটিং-এ কীভাবে সোর্স ভোল্টেজ প্রভাব বিস্তার করে নিম্নে তা দেয়া হলো–

১। ফ্লাক্স Owing এডি কারেন্ট যখন বাড়ে তখন সাপ্লাই ভোল্টেজ বাড়ে। সুতরাং পাওয়ার লস Owing এডি কারেন্ট প্রোপরশনাল স্কয়ার হয় সর্বোচ্চ ফ্লাক্স ডেনসিটিতে। প্রোডাকশনে তাপমাত্রা বাড়লে অ্যাপ্লাইড এসি ভোল্টেজ বাড়ে।

২। হিস্টেরেসিস লস হবে যখন এসি ভোল্টেজ বাড়ে।

সোর্স ভোল্টেজের প্রভাব (Effect of source voltage) :

১। যখন সর্বোচ্চ তাপমাত্রা গণনা করা হয়, তখন হাই-ভোল্টেজ থাকে।

২। ব্রেক ডাউন ভোল্টেজ-এ ডাইইলেকট্রিক অতিরিক্ত ইনফ্লুয়েন্সড মসিটিউর মেকানিক্যাল স্ট্রেসেস হয়।

৩। সাপ্লাই ভোল্টেজে স্টেপ ডাউন ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করে একটি ব্রিজ রেক্টিফায়ার ব্যবহার করা হয়।

৪। হাই-ফ্রিকুয়েন্সি আউটপুট হতে অসিলেটর সার্কিটে দুটি ইলেকট্রোডস হতে ওয়ার্কপিসে দেওয়া হয়।

১৩.৫ ইন্ডাকশন এবং ডাইইলেকট্রিক হিটিং ফ্রিকুয়েন্সি নির্বাচনে ফ্যাক্টরসমূহ (The factors for choosing frequency of induction and dielectric heating) :

ফ্রিকুয়েন্সির ফ্যাক্টরসমূহ (Factors of frequency) : ইন্ডাকশন হিটিং ব্যবহার হয় বিভিন্ন তাপমাত্রা প্রয়োগে, যেমন– মেল্টিং (Melting), ফোর্জিং (Forging), অ্যানিলিং (Annealing) হার্ডেনিং (Hardening), ব্রেজিং (Brazing) এবং সোল্ডারিং (Soldering)। এই ফ্রিকুয়েন্সিসমূহ নির্ভর করে নিম্নোক্ত ফ্যাক্টরসমূহের উপর; যেমন–

১। সাইজ অফ দ্যা অবজেক্ট (Size of the object)

২। পারমিয়াবিলিটি (Permeability)

৩। ডেপথ অফ পেনিট্রেশন (Depth of penetration)

৪। রেজিস্টিভিটি অব ম্যাটেরিয়াল (Resistivity of material)

৫। থার্মাল কন্ডাক্টিভিটি (Thermal conductivity)।

১৩.৬ ইন্ডাকশন এবং ডাইইলেকট্রিক হিটিং-এর সুবিধা এবং প্রয়োগক্ষেত্রের তালিকা (List of the advantages and applications of induction and dielectric heating) :

ইন্ডাকশন হিটিং-এর সুবিধাসমূহ (The merits of induction heating) : নিম্নলিখিত সুবিধাসমূহের কারণে বর্তমানে শিল্পকারখানায় সাধারণ হিটিং পদ্ধতির তুলনায় ইন্ডাকশন হিটিং বেশি ব্যবহৃত হয়, যেমন–

১। তাপকে শুধুমাত্র পদার্থের উপরের সারফেসের মধ্যে প্রয়োগ করা যায়, যা স্টিলের উপরিভাগ দৃঢ়করণ প্রক্রিয়ায় খুবই প্রয়োজনীয়।

২। প্রায় $5kW/cm^2$ পর্যন্ত হিটিং রেট প্রয়োগ করা যায়।

৩। যে সারফেসে তাপ প্রদান করা হবে তার রিজিড (Rigid) কন্ট্রোল সম্ভব।

৪। ইলেকট্রিক টাইমারের সাহায্যে তাপ প্রদানের সময়কে নিয়ন্ত্রণ করা যায়।

৫। ভ্যাকুয়াম, ইনার্ট (Inert) গ্যাস বা অন্য যে-কোন গ্যাসের মধ্যে এ ধরনের হিটিং পদ্ধতি সম্ভব।

৬। এ পদ্ধতিতে তাপমাত্রাকে স্বয়ংক্রিয়ভাবে নিয়ন্ত্রণ করা সম্ভব।

৭। তুলনামূলকভাবে অদক্ষ শ্রমিক দ্বারা পরিচালনা করা সম্ভব।

৮। কাজের জায়গা পরিষ্কার ও শব্দ দূষণমুক্ত থাকে।

ডাই-ইলেকট্রিক হিটিং-এর সুবিধা (Advantages of dielectric heating) :

১। এ পদ্ধতিতে বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থকে তাপ দেয়া যায়।

২। বস্তুর ভিতর তাপ সৃষ্টি হয় বলে তাপের অপচয় হয়।

৩। দ্রুত তাপ উৎপন্ন করা যায়।

৪। বস্তুটি সুষম হলে উৎপন্ন তাপও সুষম হয়।

৫। পরিবেশ দূষিত হয় না।

CamScanner

ইন্ডাকশন হিটিং-এর প্রয়োগ (Application of induction heating) : নিম্নে শিল্পকারখানায় ইন্ডাকশন হিটিং-এর প্রয়োগ উল্লেখ করা হলো-

১। স্টিলের উপরিভাগ দৃঢ় করার কাজে
২। বিভিন্ন ধাতু জোড়া লাগানোর জন্য
৩। পিতল এবং ব্রোঞ্জ দ্বারা নির্মিত সামগ্রীকে ধীরে ধীরে ঠাণ্ডাকরণে
৪। ঝালাই বা জোড়া দেওয়ার কাজে
৫। দুটি ভিন্ন পদার্থকে তাপ দিয়ে সংযোগের ক্ষেত্রে
৬। দ্রুত তাপ প্রদানের মাধ্যমে জোড়া লাগানোর কাজে
৭। ওয়েল্ডিং এর কাজে
৮। রং বা ধাতব পদার্থের কোন অংশকে শুকানোর কাজে
৯। চিকিৎসা পদ্ধতিতে।

ডাইইলেকট্রিক হিটিং-এর প্রয়োগ (Application of dielectric heating) :

নিচে ডাইইলেকট্রিক হিটিং-এর প্রয়োগ উল্লেখ করা হলো–

১। প্লাইউড কারখানায় সরু কাঠের মধ্যে ব্যবহৃত আঠাজাতীয় পদার্থ শুকানোর জন্য ডাইইলেকট্রিক হিটিং পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়;
২। খাদ্যবস্তু সংরক্ষণ ও মেডিক্যাল সামগ্রী স্টেরিলাইজ করার কাজে;
৩। রাসায়নিক কারখানায় বিভিন্ন বস্তু প্রসেসিং করার সময়;
৪। রাবার ও কৃত্রিম বস্তু প্রস্তুত করার কাজে;
৫। তরলজাতীয় খাদ্য টিনজাতকরণের পূর্বে ডাইইলেকট্রিক হিটিং এর মাধ্যমে তাপ দিয়ে জীবাণুমুক্ত করা হয়;
৬। প্লাস্টিক সামগ্রী জোড়া কিংবা প্যাকেজিং-এ পরস্পরের মধ্যে সেলাই করার কাজে এই হিটিং এর প্রয়োজন হয়;
৭। প্রাণীর দেহে ডায়াথার্মি প্রয়োগের সময়;
৮। ডেইরি সামগ্রী ট্রিটমেন্ট করার কাজে এ হিটিং এর প্রয়োজন;
৯। ফাউন্ড্রি শপে বালির পিণ্ডকে কিউরিং করার কাজে এর প্রয়োজন;
১০। রেয়ন সামগ্রী ডাইং ও হিট ট্রিটমেন্ট করার জন্য এই হিটিং এর প্রয়োজন হয়;
১১। ইলেকট্রিক সেলাইয়ের কাজে এর প্রয়োজন হয়।

অনুশীলনী-১৩

HP অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর:

১। **স্কিন ইফেক্ট কাকে বলে?** [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]
অথবা, Skin effect বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৬(পরি)]

উত্তর : এসি কারেন্টে পরিবাহীর তারের অভ্যন্তরের পরিবর্তে পৃষ্ঠদেশের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার প্রবণতাকে স্কিন ইফেক্ট বলা হয়।

২। **ইন্ডাকশন হিটিং কাকে বলে?** [বাকাশিবো-২০১৩, ১৪(পরি), ১৫(পরি)]

উত্তর : ধাতব পদার্থকে পরিবর্তনশীল চুম্বক ক্ষেত্রে রেখে তাপ সৃষ্টি করার পদ্ধতিকে ইন্ডাকশন হিটিং বলে।

৩। **ডাইইলেকট্রিক হিটিং কাকে বলে?** [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর : যখন কোনো ডাইইলেকট্রিক পদার্থকে পরিবর্তনশীল ইলেকট্রোস্ট্যাটিক ফিল্ডের মধ্যে রাখা হয় তখন তাতে ডাইইলেকট্রিক লসের জন্য তাপের উদ্ভব হয়, একেই ডাইইলেকট্রিক হিটিং বলে।

৪। **ডাইইলেকট্রিক হিটিং-এর উপর ফ্রিকুয়েন্সির প্রভাব লেখ।** [বাকাশিবো-২০১৪, ১৮(পরি)]

উত্তর : ডাইইলেকট্রিক হিটিং-এ ফ্রিকুয়েন্সির ইফেক্ট :

(i) এ ফ্রিকুয়েন্সি নির্ভর করে লস ফ্যাক্টরের উপর। উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি ব্যবহার হয় লো-লস ফ্যাক্টরে।
(ii) ক্যাপাসিটিভ কারেন্ট i_c বৃদ্ধি পাওয়ার সাথে সাথে ফ্রিকুয়েন্সি লো-ফেজ অ্যাঙ্গেলে δ বাড়তে থাকে।
(iii) ফ্রিকুয়েন্সি বৃদ্ধির সঙ্গে রেজোনেন্ট সার্কিটে ধারাবাহিকভাবে ইন্ডাকট্যান্স এবং ক্যাপাসিট্যান্স বাড়ে আর লোড ইম্পিড্যান্স কমতে থাকে।
(iv) অতিরিক্ত ফ্রিকুয়েন্সিতে কাছাকাছি থাকা রেডিও স্টেশন ডিস্টার্ব করে, কারণ ইলেকট্রোম্যাগনেটিক রেডিয়েশন বৃদ্ধি পায়।

CamScanner