

№ 1139

МИСиС

В.Е. Фединцев

В.А. Трусов

Электрооборудование цехов ОМД

Электрооборудование
электронагревательных установок

Учебное пособие

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

№ 1139

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ СТАЛИ
И СПЛАВОВ

МИСиС



Кафедра электротехники и микропроцессорной
электроники

В.Е. Фединцев

В.А. Трусов

Электрооборудование цехов ОМД

Электрооборудование
электронагревательных установок

Учебное пособие

Допущено учебно-методическим объединением
по образованию в области металлургии в качестве
учебного пособия для студентов высших учебных
заведений, обучающихся по специальностям
Обработка металлов давлением и Металлургические
машины и оборудование

УДК 621.3:621.77
Ф32

Рецензент
канд. техн. наук, проф. *С.А. Иванов*

Фединцев В.Е., Трусов В.А.

Ф32 Электрооборудование цехов ОМД. Электрооборудование
электронагревательных установок: Учеб. пособие. – М.: Изд.
Дом МИСиС, 2008. – 64 с.

Рассмотрены способы и установки электронагрева металлов, а также физические основы различных способов нагрева и методики расчета установок электронагрева металлов. Основные теоретические положения и инженерные методики для лучшего усвоения иллюстрируются примерами. Приведено типовое электрооборудование электронагревательных установок и систем регулирования температуры металла. Пособие содержит технические характеристики индукционных установок и преобразователей частоты.

Содержание пособия соответствует программе курса «Электрооборудование цехов ОМД».

Предназначено для студентов, обучающихся по специальностям 150106 «Обработка металлов давлением» и 150404 «Металлургические машины и оборудование».

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Индукционные нагревательные установки	5
1.1. Основные элементы установки и способы нагрева	5
1.2. Физические основы индукционного нагрева металла	6
1.3. Поверхностный эффект. Активное сопротивление	7
1.4. Эффект близости.....	8
1.5. Изменение свойств стали в процессе нагрева.....	9
1.6. Расчет индуктора для сквозного нагрева сплошных цилиндрических заготовок	10
1.7. Расчет индуктора для нагрева заготовок прямоугольной формы	20
1.8. Электрооборудование индукционных установок.....	22
2. Печи сопротивления	27
2.1. Общие сведения о печах сопротивления.....	27
2.2. Электрооборудование печей сопротивления	28
3. Установки электроконтактного нагрева	31
3.1. Основные особенности электроконтактного нагрева	31
3.2. Схема замещения электрической цепи установки электроконтактного нагрева	33
3.3. Расчет параметров электроконтактного нагрева	34
3.4. Расчет параметров установки при нагреве переменным током	40
3.5. Установки непрерывного нагрева.....	43
3.6. Пример расчета параметров установки непрерывного электроконтактного нагрева на постоянном токе	47
3.7. Электрооборудование установки электроконтактного нагрева	50
Библиографический список	51
Приложения	52

ВВЕДЕНИЕ

В цехах по производству прутков, профилей и труб широко используется электронагрев заготовок. Применение этого способа нагрева объясняется его существенными достоинствами:

- большой скоростью нагрева металла;
- экономией металла за счет уменьшения безвозвратных потерь в виде слоя окалины;
- повышением качества продукции за счет равномерности нагрева и точного контроля температурного режима при электронагреве, что позволяет обеспечить более однородную структуру и улучшить механические свойства металла;
- минимальным загрязнением окружающей среды и улучшением условий труда;
- удобством автоматизации электронагревательных установок с применением микропроцессоров и ЭВМ.

Основными недостатками электронагрева металла являются значительные затраты на электроэнергию и большие капитальные затраты на сооружение высокочастотных установок.

Применяемые в металлургии установки для электронагрева металла можно разделить на три группы: индукционные нагревательные установки, печи сопротивления и установки электроконтактного нагрева.

1. ИНДУКЦИОННЫЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

1.1. Основные элементы установки и способы нагрева

Установка индукционного нагрева металла состоит обычно из трех основных элементов:

- 1) индуктора, представляющего собой проводник в виде определенной формы или провода какой-либо формы в зависимости от типа нагреваемого объекта;
- 2) трансформатора или статического (машинного) преобразователя высокой частоты с измерительными приборами;
- 3) конденсаторной батареи, компенсирующей низкий коэффициент мощности индуктора.

Метод индукционного нагрева основан на использовании следующих законов и явлений: закон электромагнитной индукции, поверхностного эффекта, эффекта близости и эффекта изменения свойств стали в процессе нагрева.

При использовании этого метода нагреваемая заготовка помещается внутрь индуктора. Переменное магнитное поле индуктора наводит вихревые токи в нагреваемом изделии, в результате чего оно нагревается. Существуют два основных способа нагрева: а) способ одновременного нагрева, б) способ непрерывно-последовательного нагрева.

При одновременном нагреве индуктор охватывает всю поверхность изделия, причем нагрев во всех точках происходит одновременно. Температура поверхности и ее распределение по глубине зависят от времени нагрева t_k и энергии, переданной в деталь за это время. Устройства для сквозного нагрева, работающие таким образом, обычно называют нагревателями периодического действия.

При втором способе нагрева узкий индуктор передвигается вдоль нагреваемой детали. Глубина нагрева и температура поверхности определяются скоростью движения индуктора, его шириной и мощностью, передаваемой в нагреваемую деталь.

В тепловых расчетах можно пользоваться понятием времени нагрева, так как любой элемент поверхности находится в индукторе определенное время:

$$t_k = a / v,$$