



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Донской государственный технический университет»

Кафедра «Технологии формообразования и художественной обработки
материалов»

Нагрев нагревательные устройства

Методические указания к выполнению контрольной работы
для студентов заочной формы обучения

Направление подготовки – **15.03.01**
Машиностроение
программа подготовки «**Информационные технологии обработки металлов
давлением**»

Ростов-на-Дону
2023

Составитель

к.т.н., доцент *Г.Г. Калинин*

Подготовлено на кафедре «Технологии формообразования и художественная обработка материалов»

Задания к контрольным работам для заочников
по дисциплине «Нагрев и нагревательные устройства»

В процессе изучения дисциплины «Нагрев и нагревательные устройства» студент должен выполнить одну контрольную работу.

Контрольная работа состоит из одного теоретического вопроса, который берется в соответствии с заданием из второго раздела настоящего методического указания, и решения задачи «Расчет процесса горения топлива и анализ рабочей температуры печи».

Номера вопросов и исходные данные для решения задачи для каждого варианта указаны в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные к контрольной работе

Номер теоретического вопроса	Номер варианта (по последней цифре шифра)									
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
	2.3.7	2.4.1	2.4.7	2.4.9	2.4.13	2.4.14	2.5.1	2.5.7	2.6.6	2.6.11
Топливо	Природный газ				Доменный газ		Коксовый газ		Смешанный газ	
	Химический состав									
	CH ₄ –93%; C ₂ H ₄ –0,4%; C ₃ H ₆ –0,6%; N–5%		CH ₄ –78%; C ₂ H ₆ –4,2%; C ₃ H ₈ –1,7%; CO ₂ –0,6%; H ₂ S–1,6%; N–13,9%		H ₂ –4%; CO–38%; CO ₂ –8%; N–50%		H–56%; CH ₄ –25%; CO–8%; CO ₂ –3%; N–8%		CO–21%; H–19,6%; CH ₄ –9%; CO ₂ –8%; C ₂ H ₄ –1%; N–41,4%	
Коэффициент избытка воздуха	1,05	1,1	1,15	1,08	1,12	1,16	1,05	1,1	1,5	1,18
Температура подогрева воздуха	-	-	-	-	300	200	400	300	500	400
Температура подогрева топлива	-	-	-	-	-	400	-	300	-	200
Пирометрический коэффициент	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8

Вариант, по сумме двух последних цифр зач. книжки	Вид заготовки	материал	Размеры заготовки	Температура нагрева $t_m, ^\circ\text{C}$	Теоретический вопрос (номер)
10	прокат	Сталь Ст.3пс	Ø40×100	1300	2.2.2.
11	прокат	Сталь Ст.5пс	Ø42×200	1260	2.2.3.
12	прокат	Сталь 10	Ø45×200	1300	2.2.5.
13	прокат	Сталь 20	Ø48×200	1280	2.3.3.
14	прокат	Сталь 40	Ø50×200	1250	2.3.5.
15	прокат	Сталь 55	Ø52×200	1240	2.3.7.
16	прокат	Сталь 60	Ø55×200	1220	2.2.8.
17	прокат	Сталь 45ХН	Ø58×200	1200	2.3.9.
18	прокат	Сталь 38ХС	□40×300	1200	2.5.2.

Вариант, по сумме двух последних цифр зач. книжки	Метан CH ₄	Этилен C ₂ H ₄	Этан C ₂ H ₆	Пропан C ₃ H ₈	Бутан C ₄ H ₁₀	Сероводород H ₂ S	Азот N ₂
10	93,1	—	—	0,8		1	5,1
11	90	—	2	0,7	0,4	2,1	4,8
12	88	—	1,2	—	0,8	1	9
13	85	—	1,1	0,8	0,6	—	12,5
14	83	—	3,1	—	0,8	—	13,1
15	84	—	0,9	—	1,7	—	13,4
16	82	4,1	—	—	—	1,8	12,1
17	81	3,9	—	0,6	—	—	14,5
18	80	3,6	—	—	1,2	—	15,2

1. Общие положения

Дисциплина «Нагрев и нагревательные устройства» является одной из основных, определяющих профиль подготовки – **15.03.01 «Машиностроение»** программа подготовки **«Информационные технологии обработки металлов давлением»**.

Целью дисциплины является приобретение студентами теоретических и практических знаний в области современных способов нагрева металла. В задачи дисциплины входит изучение: принципиальных основ технологии нагрева; расчета процесса горения топлива; движения дымовых газов в печах и теплообмена в нагревательных устройствах; принципов выбора конструкций нагревательных устройств; материалов для изготовления печей; способов защиты металлов от окисления и обезуглероживания; способов использования тепла уходящих дымовых газов; современных способов нагрева металла;

Рабочая программа составлена на основе требований Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования и логически увязана с ранее изученными дисциплинами «Высшая математика», «Химия», «Физика», «Материаловедение».

В начале изучения дисциплины студент должен ознакомиться с рабочей программой, после чего приступить к изучению материала, используя рекомендуемую литературу. Кроме того, необходимо ознакомиться с разработкой технологического процесса нагрева, с работой нагревательных устройств по месту работы или на ближайшем предприятии. В процессе изучения дисциплины студент должен выполнить одну контрольную работу.

В период сессии для студентов заочной формы обучения организуется цикл занятий (обзорные лекции, практические занятия и лабораторные работы). Завершается изучение дисциплины дифференцированным зачетом.

2. Рабочая программа и вопросы для самоподготовки

2.1. Введение

Нагрев металла - одна из важнейших операций кузнечно–штамповочного производства, определяющих качество и себестоимость продукции. Сущность науки о нагреве и нагревательных устройствах. Перспективы дальнейшего совершенствования способов нагрева и нагревательных устройств.

2.2. Топливо и его сжигание

Признаки топлива и его состав, краткая характеристика составляющих частей топлива. Элементарный и технический анализ. Теплота сгорания топлива. Условное топливо. Топливо, применяемое в кузнечно-штамповочном производстве.

Сущность процесса горения топлива, реакция горения. Расчет потребного количества воздуха, состава и количества продуктов горения. Избыток воздуха и его влияние на процесс горения. Температура горения. Основные способы сжигания топлива. Сжигание жидкого и газообразного топлива.

Вопросы к самоподготовке

- 2.2.1. Нагрев металла - одна из важнейших операций кузнечно–штамповочного производства.
- 2.2.2. Топливо. Требования, предъявляемые к топливу. Классификация топлива.
- 2.2.3. Химический состав топлива. Теплота сгорания топлива. Топливо, применяемое в кузнечно-штамповочном производстве.
- 2.2.4. Сущность процесса горения топлива.
- 2.2.5. Характер горения газообразного топлива.
- 2.2.6. Расчет процесса горения топлива.
- 2.2.7. Основные способы сжигания топлива. Сжигание газообразного топлива. Устройство для сжигания газообразного топлива.
- 2.2.8. Сжигание жидкого топлива и устройства для его сжигания.

Литература

1. Ульянов В.А., Гуцин В.Н., Чернышов Е.А. Нагрев и нагревательные устройства М.: Академия, 2010. - 256 с, с.5–25
2. Касенков М.А. Нагревательные устройства кузнечного производства. М.: Машгиз, 1962.- С. 8-99.
3. Шипулин А.И., Шипулин И.А. Нагрев и нагревательные устройства. Учеб. пособие.– Ростов–на–Дону, ДГТУ, 2000. С. 3-19.

2.3. Основы механики печных газов и теплопередачи в печах

Движение газов в рабочем пространстве печи. Влияние характера движения газов на работу печи. Приложение закона Д. Бернулли к определению потерянного напора и разряжения, создаваемого дымовой трубой. Отвод дымовых газов из печи. Тяга естественная и искусственная.

Основные способы передачи тепла. Теплообмен в рабочем пространстве печи. Определение количества тепла, передаваемого металлу. Потери тепла через стенки печи и излучением через открытые окна. Защита от теплового излучения.

Вопросы к самоподготовке

- 2.3.1. Влияние характера движения дымовых газов на работу печи.
- 2.3.2. Свободное движение газов и силы, вызывающие это движение.
- 2.3.3. Вынужденное движение газов в печах и факторы, вызывающие это движение.
- 2.3.4. Отвод дымовых газов из нагревательных устройств. Уравнение Д. Бернулли.
- 2.3.5. Расчет дымоходов и дымовых труб. Искусственная тяга.
- 2.3.6. Основные способы передачи тепла. Их характеристика.
- 2.3.7. Теплопередача в рабочем пространстве нагревательного устройства.
- 2.3.8. Определение количества тепла, передаваемого нагреваемому металлу в пламенной печи.
- 2.3.9. Передача тепла через многослойную стенку. Потери тепла в нагревательных устройствах.

Литература

1. Ульянов В.А., Гуцин В.Н., Чернышов Е.А. Нагрев и нагревательные устройства М.: Академия, 2010. - 256 с, с.37–84

2. Касенков М.А. Нагревательные устройства кузнечного производства. М.: Машгиз, 1962. С. 99-137.
3. Шипулин А.И., Шипулин И.А. Нагрев и нагревательные устройства. Учеб. пособие.– Ростов–на–Дону, ДГТУ, 2000. С. 19-31.

2.4. Нагрев и охлаждение металла

Сущность процесса нагрева металла. Явления, происходящие в металле при нагреве, и факторы, влияющие на них. Основные параметры, характеризующие процесс нагрева. Скорость нагрева металла и факторы, влияющие на неё. Температура нагрева. Понятие о температурном интервалековки и штамповки. Продолжительность нагрева. Расчет продолжительности нагрева «тонких» и «массивных» тел. Режим нагрева. Скоростной нагрев в пламенных печах. Практика нагрева заготовок под ковку и штамповку. Способы защиты металла от окисления и обезуглероживания при нагреве. Охлаждение металла на воздухе и в процессековки и штамповки. Явления, происходящие в металле при охлаждении.

Вопросы к самоподготовке

- 2.4.1. Сущность процесса нагрева металла. Явления, происходящие в металле при нагреве.
- 2.4.2. Изменение механических свойств и структуры металла при нагреве.
- 2.4.3. Изменение физических свойств металла при нагреве.
- 2.4.4. Сущность процесса окисления стали при нагреве. Количественное определение величины угара металла.
- 2.4.5. Сущность процесса обезуглероживания стали при нагреве.
- 2.4.6. Сущность процессов перегрева и пережога стали при нагреве. Факторы, влияющие на эти процессы.
- 2.4.7. Основные параметры, характеризующие процесс нагрева. Скорость нагрева металла. Факторы, влияющие на неё.
- 2.4.8. Температура нагрева металла. Понятие о температурном интервалековки и штамповки.
- 2.4.9. Продолжительность нагрева. Понятие о «тонких» и «массивных» телах.
- 2.4.10. Расчет продолжительности нагрева «тонких» тел при постоянной и переменной температуре печи.
- 2.4.11. Расчет продолжительности нагрева «массивных» тел при постоянной температуре печи.
- 2.4.12. Расчет продолжительности нагрева «массивных» тел при переменной температуре печи.
- 2.4.13. Понятие о режиме нагрева. Практика нагрева заготовок под ковку и штамповку.
- 2.4.14. Способы защиты стали от окисления и обезуглероживания при нагреве.
- 2.4.15. Скоростной нагрев в пламенных печах. Сущность скоростного нагрева. Преимущества и недостатки. Область применения.
- 2.4.16. Безокислительный и малоокислительный нагрев металла в пламенных печах.
- 2.4.17. Охлаждение металла на воздухе и в процессековки и штамповки.

Литература

1. Ульянов В.А., Гуцин В.Н., Чернышов Е.А. Нагрев и нагревательные устройства М.: Академия, 2010. - 256 с, с.103–130
2. Касенков М.А. Нагревательные устройства кузнечного производства. М.: Машгиз, с. 145-178. С. 287-307.
3. Шипулин А.И., Шипулин И.А. Нагрев и нагревательные устройства. Учеб. пособие.– Ростов–на–Дону, ДГТУ, 2000. С. 32-52.

2.5. Нагревательные устройства

Нагревательные устройства и требования, предъявляемые к ним.

Пламенные нагревательные устройства, их классификация. Элементы конструкций печей. Устройство и работа камерных, двухкамерных, методических и полуметодических печей. Механизированные печи. Перспективы развития конструкций пламенных печей.

Огнеупорные, жароупорные и теплоизоляционные материалы, применяемые при строительстве печей.

Основы тепловой работы пламенной печи. Тепловой баланс, его статьи. Определение расхода топлива, коэффициента полезного действия печи. Удельный расход топлива. Основные показатели работы печи.

Основы проектирования печей пламенного нагрева. Выбор типа печи. Исходные данные для проектирования печи и последовательность выполнения расчета. Составление эскиза печи.

Повышение эффективности работы нагревательных устройств. Рекуператоры, их классификация устройство и работа. Расчет рекуператоров. Понятие об устройстве и работе регенераторов и котлов-утилизаторов.

Вопросы к самоподготовке

2.5.1. Общие сведения о нагревательных устройствах. Классификация нагревательных устройств.

2.5.2. Камерные печи, их устройство и назначение. Классификация камерных печей.

2.5.3. Камерные печи скоростного и безокислительного нагрева.

2.5.4. Методические и полуметодические печи, их устройство, работа и назначение.

2.5.5. Материалы, используемые для строительства печей. Огнеупорные материалы.

2.5.6. Теплоизолирующие и общестроительные материалы, используемые для строительства печей.

2.5.7. Тепловой баланс печи. Определение составляющих входящей части теплового баланса.

2.5.8. Определение составляющих расходной части теплового баланса печи.

2.5.9. Расчет основных показателей работы печи.

2.5.10. Основные способы повышения эффективности работы печи.

2.5.11. Рекуператоры, их классификация, устройство и работа.

2.5.12. Расчет рекуператоров.

2.5.13. Классификация и работа регенераторов и котлов-утилизаторов.

Литература

1. Ульянов В.А., Гуцин В.Н., Чернышов Е.А. Нагрев и нагревательные устройства М.: Академия, 2010. - 256 с, с.92–98, с.133-159
2. Касенков М.А. Нагревательные устройства кузнечного производства. М.: Машгиз, 1962. С. 178-287. С. 307-316.
3. Шипулин А.И., Шипулин И.А. Нагрев и нагревательные устройства. Учеб. пособие.– Ростов–на–Дону, ДГТУ, 2000. С. 52-71.

2.6. Электронагрев и электрические нагревательные устройства

Сущность электронагрева. Классификация методов электронагрева. Преимущества и недостатки электронагрева. Область применения.

Нагрев в электропечах сопротивления. Область применения. Классификация электропечей. Нагревательные элементы и принцип их расчета.

Нагрев в электролите. Сущность процесса. Область применения.

Электроконтактный нагрев, сущность процесса, область применения. Контакты, контактное давление. Распределение температуры по длине и сечению заготовки при контактном нагреве. Определение продолжительности нагрева. Электроконтактные установки и их классификация. Основы расчета электроконтактных установок.

Индукционный нагрев. Физические основы процесса. Глубина проникновения тока и его зависимость от температуры. Теплопередача при индукционном нагреве. Выбор частоты тока и определение продолжительности нагрева.

Преимущества и недостатки индукционного нагрева, область применения. Основные элементы индукционной установки и их назначение. Классификация установок индукционного нагрева. Основы расчета индукционных нагревательных устройств.

Вопросы для самоподготовки

2.6.1. Методы электронагрева заготовок. Область применения. Преимущества и недостатки электронагрева.

2.6.2. Нагрев в электропечах сопротивления. Область применения. Преимущества и недостатки.

2.6.3. Классификация электропечей сопротивления. Конструкции электропечей.

2.6.4. Расчет электропечей сопротивления.

2.6.5. Нагрев металла в электролите. Сущность процесса. Область применения.

2.6.6. Сущность электроконтактного нагрева. Область применения. Преимущества и недостатки.

2.6.7. Факторы, влияющие на электроконтактный нагрев.

2.6.8. Электроконтактные установки и их классификация.

2.6.9. Основные характеристики электроконтактных установок.

2.6.10. Расчет установок электроконтактного нагрева.

2.6.11. Сущность индукционного нагрева. Область применения. Преимущества и недостатки.

2.6.12. Связь между глубиной проникновения электрического тока и температурой нагрева.

- 2.6.13. Выбор частоты тока и определение продолжительности нагрева.
- 2.6.14. Основные элементы индукционной установки и их назначение.
- 2.6.15. Классификация индукционных установок.
- 2.6.16. Расчет индукционного нагревательного устройства.

Литература

1. Ульянов В.А., Гуцин В.Н., Чернышов Е.А. Нагрев и нагревательные устройства М.: Академия, 2010. - 256 с, с.165–223
2. Касенков М.А. Нагревательные устройства кузнечного производства. М.: Машгиз, 1962. С. 347-433.
3. Шипулин А.И., Шипулин И.А. Нагрев и нагревательные устройства. Учеб. пособие.– Ростов–на–Дону, ДГТУ, 2000. С. 71-87.
4. Романов Д.И. Электроконтактный нагрев металла М.: Машиностроение, 1981. – 166 с.
5. Безручко И.И. Индукционный нагрев для объёмной штамповки. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд – ние.1987. – 127 с.

2.7. Выбор способа нагрева заготовок под ковку и штамповку.

Вопросы для самоподготовки

- 2.7.1. Выбор способа нагрева в кузнечно-штамповочном производстве.

Литература

1. Ульянов В.А., Гуцин В.Н., Чернышов Е.А. Нагрев и нагревательные устройства М.: Академия, 2010. - 256 с,
2. Выбор методов и средств нагрева металла под обработку давлением. Ч.1 и 2. М.: НИИМАШ. 1965. – 176 с. / ОМТРМ-2302-001-65/.
3. Шипулин А.И., Шипулин И.А. Нагрев и нагревательные устройства. Учеб. пособие.– Ростов–на–Дону, ДГТУ, 2000. С. 87-88.

3. Задания к контрольным работам

В процессе изучения дисциплины «Нагрев и нагревательные устройства» студент должен выполнить одну контрольную работу.

Контрольная работа состоит из одного теоретического вопроса, который берется в соответствии с заданием из второго раздела настоящего методического указания, и решения задачи «Расчет процесса горения топлива и анализ рабочей температуры печи».