

Предисловие

От авторов

Раздел I. ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СВАРКИ

Глава 1. Физические основы и классификация сварочных процессов

Виды элементарных связей в твердых телах и монолитных соединениях

Физико-химические особенности получения сварных, паяных и клеевых соединений

Термодинамика сварки и баланс энергии при сварке

Классификация сварочных процессов

Требования к источникам энергии для сварки и оценка их эффективности

Контрольные вопросы

Глава 2. Физические процессы в дуговом разряде

Электрический разряд в газах

Элементарные процессы в плазме дуги

Явления переноса в плазме

Элементы термодинамики плазмы

Баланс энергии и температура в столбе дуги

Приэлектродные области дугового разряда

Магнитогидродинамика сварочной дуги

Перенос металла в сварочной дуге

Сварочные дуги переменного тока

Сварочные дуги с плавящимся электродом

Сварочные дуги с неплавящимся электродом

Плазменные сварочные дуги

Контрольные вопросы

Глава 3. Термические недуговые источники энергии

Электронно-лучевые источники

Фотонно-лучевые источники

Газовое пламя

Электрошлаковая сварка

Термитная сварка

Контрольные вопросы

Глава 4. Прессовые и механические сварочные процессы

Прессовые сварочные процессы

Механические сварочные процессы

Контрольные вопросы

Раздел II. ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ СВАРКЕ

Глава 5. Основные понятия и законы в расчетах тепловых процессов при сварке

Основные теплофизические величины и понятия

Закон теплопроводности (закон Фурье)

Поверхностная теплоотдача

Схемы нагреваемого тела

Дифференциальное уравнение теплопроводности

Основные допущения и упрощения, принятые в классической теории распространения теплоты при сварке

Граничные условия

Сварочные источники теплоты

Схематизация источников теплоты

Контрольные вопросы

Глава 6. Расчеты температурных полей при различных схемах нагрева

Нагрев тел мгновенными источниками теплоты

Использование принципа наложения при расчетах температурных полей

Неподвижные непрерывно действующие источники теплоты

Выравнивание начального распределения температуры

Учет конечных размеров нагреваемого тела

Подвижные источники теплоты
Предельное состояние процесса распространения теплоты
Периоды теплонасыщения и выравнивания температур
Быстродвижущиеся источники теплоты
Нагрев тонкостенных оболочек
Распределенные источники теплоты
Расчеты температур при сварке разнородных металлов
Контрольные вопросы

Глава 7. Нагрев и плавление металла при сварке

Термический цикл при однопроходной сварке
Расчет ширины зоны нагрева
Плавление основного металла
Нагрев и плавление присадочного металла
Термический цикл при многослойной сварке
Особенности протекания тепловых процессов при различных видах сварки
Экспериментальное определение температуры при сварке
Контрольные вопросы

Раздел III. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ СВАРКЕ

Глава 8. Термодинамические методы анализа и прогнозирования физико-химических и металлургических процессов

Понятие о термодинамической системе
Энергообмен системы со средой
Вычисление энтальпии веществ и химических реакций
Понятие об энтропии в термодинамической системе
Вычисление энтропии
Термодинамика растворов
Термодинамические потенциалы, их назначение и вычисление
Расчет констант равновесия в гомогенных и гетерогенных системах
Расчет степени термической диссоциации и ионизации газов в зоне дуги
Расчет процессов испарения металлов и сплавов при сварке
Расчет химического сродства элементов к кислороду
Термодинамика межфазной поверхности
Скорость гомогенных и гетерогенных процессов
Контрольные вопросы

Глава 9. Металлургические процессы при сварке плавлением

Анализ состава газовой фазы в зоне дугового разряда
Влияние атмосферных газов на свойства стали и сплавов при сварке
Взаимодействие металла с защитными флюсами при сварке
Массообмен между расплавленным металлом, газовой средой и шлаком
Расплавление электрода и перенос капель в ванну
Источники водорода при сварке под флюсом
Окисление металла шва флюсом в зоне дуги
Переход вредных примесей из флюса в металл шва
Окисление металла шлаком в сварочной ванне
Виды раскислительных процессов
Легирование металла в сварочной ванне
Рафинирование сварочной ванны
Дефекты металлургического происхождения в сварных швах
Контрольные вопросы

Глава 10. Особенности металлургических процессов при различных способах сварки плавлением

Шлаковая защита при дуговой сварке под флюсом
Сварка в защитных газах и смесях

Сварка электродами с покрытием

Контрольные вопросы

Раздел IV. ФАЗОВЫЕ И СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В МЕТАЛЛАХ ПРИ СВАРКЕ

Глава 11. Свариваемость материалов

Понятие свариваемости материалов

Элементы термодинамики твердых тел

Дефекты кристаллической решетки в металлах при сварке

Фазовые и структурные превращения в металлах при сварке

Особенности кристаллизации металла сварного шва

Химическая неоднородность сварных соединений

Образование и строение границ зерен в металле сварных соединений

Фазовые превращения в металлах в твердом состоянии

Физические основы формирования сварочных деформаций и напряжений в различных металлах и сплавах

Технологическая прочность металлов при сварке

Контрольные вопросы

Глава 12. Методы компьютерного моделирования сварочных процессов

Методы моделирования физических процессов при сварке

Моделирование энергомассопереноса методом конечных элементов

Физическое обоснование метода конечных элементов на примере протекания тока через детали в процессе контактной сварки

Уравнение сохранения заряда. Первое правило Кирхгофа

Свойства системы уравнений

Решение системы уравнений методом Гаусса

Физический смысл метода Гаусса

Погрешность решения

Устойчивость решения

Итерационные методы решения

Ускорение сходимости итераций

Общая процедура составления и решения системы уравнений

Расчет нестационарных температурных полей

Уравнение Фурье

Порядок работы программного комплекса «Сварка»

Сопоставление явной и неявной схем решения

Расчет допустимого шага решения для явной схемы

Метод элементарных балансов

Состав исходных данных для моделирования тепловых процессов

Задачи, которые требуется решать для сварных конструкций...

Анализ диффузии примесей при сварке

Структурные и фазовые превращения

Моделирование фазовых превращений

Общая схема моделирования процесса сварки

Теория упругости и пластичности

Теория деформаций

Теория напряжений

Деформационная характеристика материала

Закон Гука

Теория упругопластического течения

Изотропное и трансляционное упрочнение

Модель трансляционного упрочнения Мруза

Уравнение равновесия напряжений и совместности деформаций

Уравнения метода конечных элементов в перемещениях

Плоская и осесимметричная модели

Построение геометрии конечно-элементной модели

Конечные элементы высших порядков

Суперэлементы

Изопараметрическое преобразование при построении КЭ

Численное интегрирование по объему КЭ

Контрольные вопросы

Литература

Приложение. Программный комплекс «Сварка». Руководство для пользователя