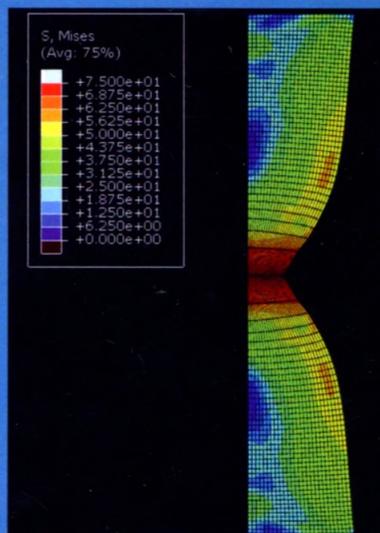
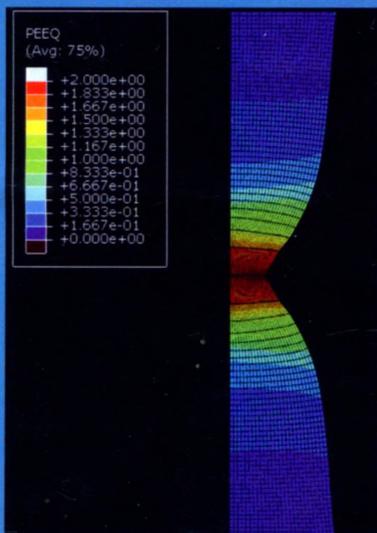


621.73  
К 95

Кухарь В.В., Тузенко О.А., Балалаева Е.Ю.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ЗАГОТОВОК ГРАДИЕНТНЫМ НАГРЕВОМ



Мариуполь 2016

Министерство образования и науки Украины  
Государственное высшее учебное заведение  
«Приазовский государственный технический университет»

В. В. Кухарь, О. А. Тузенко, Е. Ю. Балалаева

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ  
ПРОЦЕССОВ ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ  
ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ЗАГОТОВОК  
ГРАДИЕНТНЫМ НАГРЕВОМ**

**Монография**

*Рекомендовано Ученым советом  
ГВУЗ «Приазовский государственный  
технический университет»*

**Мариуполь**

**2016**

УДК 621.73.69.001.24:536.224

ББК 34.623

К 95

Рекомендовано Ученым советом  
ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»  
(протокол № 16 от 30.06.2016 г.).

**Рецензенты:**

**Ткаченко С. И.** - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теплоэнергетики Винницкого национального технического университета, г. Винница;

**Калюжный В. Л.** - доктор технических наук, профессор, профессор кафедры механики пластичности материалов и ресурсосберегающих процессов НТУУ «Киевский политехнический институт», г. Киев;

**Маслов В. А.** — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры теплофизики и теплоэнергетики металлургического производства ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

**Кухарь В. В.**

К 95 Моделирование теплообменных процессов при интенсификации формоизменения заготовок градиентным нагревом : монография / В. В. Кухарь, О. А. Тузенко, Е. Ю. Балалаева, - Мариуполь: ПГТУ, 2016.-136 с.

**ISBN 978-966-604-180-0**

В монографии выполнен анализ сведений об использовании местного, неравномерного или градиентного нагрева заготовок в технологиях обработки металлов давлением. Рассмотрено применение дифференцированного нагрева для подготовительных операций перед горячей объемной штамповкой, как способа температурного профилирования в процессах безручевой подготовки заготовок. Проведено исследование процессов контактного теплообмена на основе компьютерной реализации математической модели остывания неравномерно нагретой по высоте заготовки перед деформированием.

**УДК 621.73.69.001.24:536.224**

**ББК 34.623**

© В. В. Кухарь, О. А. Тузенко, Е. Ю. Балалаева, 2016  
**ISBN 978-966-604-180-0**

© ГВУЗ «ПГТУ», 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Анализ основных способов управления формоизменением в процессах обработки металлов давлением.....	7
2 Анализ сведений о неравномерном и дифференцированном нагреве заготовок.....	10
3 Определение вариантов градиентного нагрева и подстуживания заготовок.....	13
4 Разработка математической модели и программного обеспечения для расчета теплового профиля заготовки в электротермическом нагревателе для дифференцированного нагрева.....	18
4.1 Определение рациональной формы градиентной кривой распределения температур.....	18
4.2 Математическое моделирование изменения температурного поля неравномерно нагретой остывающей заготовки.....	28
4.3 Зависимости теплофизических свойств некоторых сталей от температуры (данные аппроксимации).....	38
4.4 Компьютерная реализация математической модели.....	42
4.5 Методика расчета температурных режимов штамповки и минимальной технологически допустимой температуры нагрева заготовки.....	47
5 Развитие теории температурной интенсификации формоизменения заготовок градиентным нагревом с учетом их контакта с инструментом перед технологической обработкой.....	52
5.1 Математическое моделирование остывания на плоской плите заготовки с неравномерным распределением температур по высоте (длине).....	52
5.1.1 Разработка конечно-разностной модели.....	52
5.1.2 Программная реализация конечно-разностной модели контактного теплообмена при остывании	

заготовки на плоском бойке после градиентного нагрева.....	64
5.1.2 Конечно-элементное моделирование.....	77
6 Исследование растяжения с разрывом заготовки при различных длинах зоны нагрева.....	80
6.1 Смещенный объем и степень деформации.....	80
6.2 Закономерности формоизменения.....	83
6.3 Силовые режимы.....	97
6.4 Напряженно-деформированное состояние и степень использования запаса пластичности на стадиях процесса формообразования.....	102
7 Направления использования результатов исследований градиентного нагрева для интенсификации формоизменения заготовок при профилировании вне гравюр штампов.....	115
Выводы.....	120
Список использованных источников.....	126