



А. А. Глотка

С. В. Гайдук

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВОЙСТВ
ЛИТЕЙНЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ
СПЛАВОВ НА НИКЕЛЕВОЙ
ОСНОВЕ**

А. А. ГЛОТКА

С. В. ГАЙДУК

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВОЙСТВ
ЛИТЕЙНЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ
НА НИКЕЛЕВОЙ ОСНОВЕ**

Монография

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2021

УДК 669.018.44
ББК 34.35
Г54

Глотка, А. А.

Г54 Термодинамическое проектирование свойств литейных жаропрочных сплавов на никелевой основе : монография / А. А. Глотка, С. В. Гайдук]. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 264 с.: ил., табл.
ISBN 978-5-9729-0536-2

Определены параметры структурной стабильности традиционными методами PHACOMP и New PHACOMP. Для литейных жаропрочных никелевых сплавов с различным типом легирования выполнены расчеты методом CALPHAD химических составов γ - и γ' -фаз, а также карбидов. На основе математической обработки данных получены универсальные регрессионные модели для прогнозирования параметров структурной стабильности и соотношения элементов в составе сплава.

Для инженерно-технических работников в области металловедения и термической обработки. Может быть полезно студентам, аспирантам и преподавателям металлургических специальностей.

УДК 669.018.44
ББК 34.35

ISBN 978-5-9729-0536-2

© Глотка А. А., Гайдук С. В., 2021

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЛАВА 1. КОМПЛЕКСНАЯ РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ	5
ГЛАВА 2. ПРИМЕНЕНИЕ CALPHAD-МЕТОДА ДЛЯ РАСЧЕТА КОЛИЧЕСТВА γ' -ФАЗЫ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ЛИТЕЙНЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ	32
ГЛАВА 3. ПОЛУЧЕНИЕ ПРОГНОЗИРУЮЩИХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛИТЕЙНЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ	43
ГЛАВА 4. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРУЮЩИХ РАСЧЕТОВ КОРРОЗИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛИТЕЙНЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ	55
ГЛАВА 5. ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА γ -, γ' -ФАЗ И ПАРАМЕТРОВ ФАЗОВОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ЛИТЕЙНЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ	67
ГЛАВА 6. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВЫДЕЛЕНИЯ ФАЗ В МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВАХ	79
ГЛАВА 7. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ	87
ГЛАВА 8. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОРРОЗИИ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ	98
ГЛАВА 9. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В КАРБИДАХ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ РАВНООСНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ	110
ГЛАВА 10. СПЕЦИФИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В КАРБИДАХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СИСТЕМ РАВНООСНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ	125

ГЛАВА 11. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СТРУКТУРЕ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ ВО ВТОРИЧНЫХ КАРБИДАХ	141
ГЛАВА 12. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ЖАРОПРОЧНОГО ЛИТЕЙНОГО КОРРОЗИОННОСТОЙКОГО НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛОПАТОК МЕТОДОМ НАПРАВЛЕННОЙ (МОНО) КРИСТАЛЛИЗАЦИИ	157
ГЛАВА 13. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ СВАРИВАЕМЫЙ ЛИТЕЙНЫЙ ЖАРОПРОЧНЫЙ КОРРОЗИОННОСТОЙКИЙ НИКЕЛЕВЫЙ СПЛАВ	172
ГЛАВА 14. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПАССИВНОГО И АКТИВНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ГАФНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА	186
ГЛАВА 15. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГАФНИЯ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ЛИТЕЙНОГО ЖАРОПРОЧНОГО КОРРОЗИОННОСТОЙКОГО НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ПАССИВНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА	195
ГЛАВА 16. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТАНТАЛА НА КРИТИЧЕСКИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЛИТЕЙНОМ СВАРИВАЕМОМ ЖАРОПРОЧНОМ НИКЕЛЕВОМ СПЛАВЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАСЧЕТНЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДИК	205
ГЛАВА 17. ПРИМЕНЕНИЕ CALPHAD-МЕТОДА К РАСЧЕТУ ФАЗОВОГО СОСТАВА ЛИТЕЙНОГО СВАРИВАЕМОГО ЖАРОПРОЧНОГО КОРРОЗИОННОСТОЙКОГО НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА С ТАНТАЛОМ	215
ГЛАВА 18. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВАРИВАЕМОСТИ ЛИТЕЙНЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ	224
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	234