

**А. М. Ключников,  
Г. И. Мальцев**

**ТЕРМИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ  
ДЕФОРМАЦИИ СТРУКТУРЫ  
ПИРРОТИНОВ**



**А. М. Ключников, Г. И. Мальцев**

**ТЕРМИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ  
ДЕФОРМАЦИИ СТРУКТУРЫ  
ПИРРОТИНОВ**

Монография

Москва Вологда  
«Инфра-Инженерия»  
2023

УДК 544.223  
ББК 34.3  
К52

Рецензенты:

кафедра технической физики Физико-технологического института  
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого  
Президента России Б. Н. Ельцина»;  
доцент кафедры металлургии НГЧОУ ВО «Технический университет  
УГМК» доктор технических наук *К. Л. Тимофеев*

**Клюшников, А. М.**

**К52** Термические и химические деформации структуры пирротинов :  
монография / А. М. Клюшников, Г. И. Мальцев. – Москва ; Вологда : Ин-  
фра-Инженерия, 2023. – 100 с. : ил., табл.  
ISBN 978-5-9729-1499-9

Показаны особенности высокотемпературных фазовых переходов и взаимодей-  
ствия природных пирротинов с кислородом. Рассматривается кинетика окисления кол-  
чеданных руд и пирротиновых материалов, которая тесно связана с реакционной спо-  
собностью сульфидов железа – пирита и пирротина, определяемой тонкими особенно-  
стями их структуры. Обобщены известные данные по кристаллохимическим явлениям,  
характерным для кристаллических решёток указанных минералов в окислительной га-  
зовой атмосфере.

Для технических специалистов в цветной металлургии и студентов, обучаю-  
щихся по профильным специальностям.

УДК 544.223  
ББК 34.3

ISBN 978-5-9729-1499-9

© Клюшников А. М., Мальцев Г. И., 2023  
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2023  
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2023

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

Введение .....	4
Глава 1. Структуры пирротинов .....	5
1.1. Классификация сверхструктур пирротинов.....	5
1.2. Методики экспериментов .....	8
1.3. Характеристики пирротиновых концентратов .....	14
1.4. Выводы.....	32
Глава 2. Деформации кристаллической структуры пирротинов.....	33
2.1. Термическое расширение пирита на воздухе .....	33
2.2. Деформации структуры гексагональных пирротинов .....	41
2.3. Выводы.....	50
Глава 3. Плавка на штейн никелевых и медных руд.....	52
3.1. Структурные свойства шлаков плавки никелевого и медного сырья .....	52
3.2. Методики экспериментов .....	55
3.3. Восстановительно-сульфидирующая плавка никелевой и медной руд .....	62
3.4. Окислительная плавка никелевой и медной руд .....	68
3.5. Восстановительно-сульфидирующая плавка никелевой и огарка медной руд .....	71
3.6. Плавка никелевой руды и огарка пирротинового концентрата .....	77
3.7. Опытно-промышленная восстановительно-сульфидирующая плавка никелевого и медного сырья.....	80
3.8. Выводы.....	83
Библиографический список.....	85