

ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ПРИ ГОРЯЧЕМ ФОРМОИЗМЕНЕНИИ

Окорокова О.В.

*Окорокова Ольга Вячеславовна – аспирант,
кафедра физического металловедения,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Липецкий государственный технический университет, г. Липецк*

Аннотация: в последние годы увеличилось применение титана и его сплавов в химической, транспортной отраслях и машиностроении. Крупным потребителем является на сегодняшний день авиакосмическая промышленность, так как данные материалы обладают высокой жаропрочностью. Использование титановых сплавов для создания двигателей самолетов приводит к уменьшению его массы на 30 – 40% [1]. Улучшение механических свойств не теряет своей актуальности. Горячая деформация – основополагающий процесс при обработке сплавов, который приводит к формированию определенных эксплуатационных свойств. Физико-математическое моделирование процессов, происходящих при горячей формоизменении, предоставит возможность получения сплавов VT-1, VT6, VT22 с улучшенными свойствами. Современные возможности математического моделирования позволяют спрогнозировать поведение материала в условиях, близких к реальным. Создание универсальной математической модели прогнозирования сопротивления деформации при горячей формоизменении является как никогда актуальным и необходимым условием в управлении технологическим процессом.

Ключевые слова: математическое моделирование сопротивления деформации, титановые сплавы VT5-1, VT6, VT22.

В сфере обработки металлов давлением математическое моделирование играет важную роль при оптимизации производства. Создание модели позволяет на стадии проектирования технологического процесса оценить энергетические характеристики, прогнозировать формоизменение материала для оптимизации технологических характеристик [2]. В ряде работ предложены модели, позволяющие определить напряжение течения и размер зерна сталей в зависимости от параметров деформации с применением нейронных сетей, клеточных автоматов [3]. Особенности протекания процессов динамического возврата и рекристаллизации, получение зависимостей, описывающих эти процессы, является основой для создания модели физического процесса. Но отправной точкой на первоначальном этапе все же остается проведение экспериментов в лабораторных условиях (сжатие, разрыв, кручение). По экспериментальным данным строят графические зависимости напряжения течения от степени деформации, проводят аппроксимацию напряжения течения при различных температурах.

Использование программ моделирования горячей листовой прокатки ROLLING, DEFORM-3D открывает широкие возможности совершенствования технологических и эксплуатационных свойств титановых сплавов. Расчет оптимального режима обжатия, геометрических размеров полосы, скоростного режима прокатки, температуры, при которой происходят структурные изменения, оказывающие благоприятное влияние на сопротивление деформации, входят в алгоритм программы ROLLING. Имитационная модель прокатного производства представляет динамический режим прокатного стана. DEFORM-3D – система моделирования технологических процессов, которая предназначена для анализа трехмерного поведения металлов при различной обработке давлением, позволяет дать оценку изменению микроструктуры и технологических свойств в зависимости от параметров обработки (температура горячего деформирования, скорость). В процессе горячей формоизменения происходит распределение интенсивности деформации в объеме заготовки. Наличие оптимизированной конечно-элементной сетки выявляет наиболее критичные деформационные зоны. Построение 3D-моделей позволяет увидеть реальное изменение заготовки при каком-либо испытании, разработать новую модель с учетом недостатков исследуемого материала, начиная с подготовительных операций. Введение поправочных коэффициентов в уравнение зависимости температурно-скоростно-компенсированной скорости деформации обеспечивает работу математической модели на производственной площадке. Создание универсального алгоритма прогнозирования сопротивления деформации в условиях горячей формоизменения с учетом действия широкого диапазона изменения внешних факторов не всегда успешно. Поэтому любая задача прокатного производства требует своего индивидуального решения и подхода.

Список литературы

1. Мoiseev В.Н. Титан в России // Металловедение и термическая обработка металлов, 2005. № 8.

2. *Fabik R., Kliber J., Kubina T. et al.* Mathematical modeling of flat and long hot rolling based on finite element methods (FEM) // *Metalurgija*, 2012. № 3. P. 341–344.
3. *Жучкова Т.С., Аксенов С.А., Кавалек А., Мазур И.П.* Сравнительный анализ испытаний на плоскодеформированное и одноосное сжатие при моделировании горячей деформации высокопрочной автомобильной стали HC420LA // *Сталь*, 2015. № 9. С. 36–41.