

УДК 621.771.01

Н.Н.Рычков (асп., каф. ПОМ), Е.В.Смирнов, А.А.Беляев (6 курс, каф. ПОМ),
Н.Г.Колбасников, д.т.н., проф.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОВ ПРИ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКЕ

Одной из задач современного прокатного производства является управление свойствами сталей при горячей прокатке и термообработке, прогнозирование свойств при создании новых марок сталей и технологий их обработки. Решение этой задачи достигается посредством разработки и использования математических моделей формирования свойств металлов при конкретных видах их обработки.

Наиболее известными являются статистические модели, привязанные к конкретным видам оборудования и конкретным технологиям обработки. Основным недостатком этих моделей является невозможность ответа на вопрос: «Что будет, если ...?» Этому недостатка лишены более современные модели, которые разрабатываются европейскими и североамериканскими фирмами, например, *Voest Alpine* (Европа) или *INTEG process group inc* (США).

Модель формирования свойств и структуры металла при горячей прокатке *HSMM (Hot Strip Metal Model)* опирается на базу данных для каждой из прокатываемых сталей, которая является результатом серьезных экспериментальных работ по исследованию взаимосвязи температуры, степени, скорости деформации, параметров структуры и механических свойств материала. Программа включает блок для проектирования расположения оборудования прокатного стана, который позволяет использовать модель практически для любого прокатного оборудования. В основу программы заложен расчет изменения температуры металла во время прокатки, а полученная при этом информация позволяет использовать информацию из базы данных о сопротивлении деформации, пределе текучести, пределе прочности и пластичности. По данным о параметрах процесса деформации и информации о сопротивлении деформации рассчитываются энергосиловые параметры процесса и определяются возможности осуществления спроектированной технологии на рассматриваемом оборудовании. Кроме того, определяется форма полосы в плане и в сечении, рассчитывается изгиб валков, профиль полосы. Все расчеты выполняются в 100 точках по высоте полосы, в 10 точках по ширине в трех сечениях по длине полосы (голова, середина, хвост).

Программа *HSMM* внедрена на ряде предприятий США и Канады, хорошо себя зарекомендовала. Основным и существенным недостатком данной программы расчета свойств металлов является необходимость проведения большого дорогостоящего объема экспериментальных работ по составлению базы данных, определяющих взаимосвязи режимов деформации, параметров структуры и механических свойств прокатываемых марок сталей. Необходимо заметить, что при существующей базе данных программа способна реагировать на изменения химического состава в пределах марки стали или при незначительном выходе за пределы марочного состава.

Наследственная интегрально-вероятностная модель формирования свойств металлов (НИВМ), разработанная на кафедре пластической обработки металлов СПбГПУ обеспечивает расчет сопротивления деформации, предела текучести, предела прочности и пластичности при нагреве, пластической деформации за один или несколько пропусков при постоянной или переменной температуре, при охлаждении с фазовыми превращениями или без них. Модель основана на математическом описании структуры металла при помощи

интегрально-вероятностной функции – структурной энтропии и ее взаимосвязи со свойствами металла. Известно, что именно структура металла определяет свойства металлов, а ее изменение задает изменение свойств.

Данная модель требует минимального количества экспериментального материала, поскольку все изменения структуры металла математически определяются изменением вероятностных свойств металла – плотностями распределения вероятностей пределов текучести и времен релаксации. Для реализации модели необходима следующая информация:

- результаты опытов на растяжение при комнатной температуре;
- результаты опытов на релаксацию при нескольких повышенных температурах;
- справочные данные о температурном изменении модуля упругости металла $E(T)$ и о характеристиках фазовых превращений в сплаве $T_{ф.п.}, \Delta Q_{ф.п.}$;
- параметры технологических процессов обработки (степень, скорость деформации, температура металла).

Изменение температуры металла при расчете структуры и свойств по программе НИВМ задается на основе экспериментальных данных, что, по мнению авторов программы, является более надежной входной информацией. По сравнению с программой *HSMM* программа НИВМ не рассчитывает энергосиловых параметров и не определяет профиля полосы. Значительным положительным качеством программы НИВМ является легкая перестройка с одной марки стали на другую, без необходимости составления трудоемкой и дорогостоящей базы данных.

В качестве примера расчета свойств металла при горячей прокатке при помощи программ *HSMM* и НИВМ приводятся результаты расчета предела текучести, предела прочности и пластичности стали 17Г1С, прокатанной на стане 2000 ОАО «Северсталь» по одним режимам деформации.