

УДК 681.725
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ
МЕХАНИЧЕСКИ ЛЕГИРОВАННЫХ ЦЕМЕНТУЕМЫХ СТАЛЕЙ

Т.В.ВЫСОЦКИЙ, В.Т.ВЫСОЦКИЙ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Целью работы являлось изучение процесса цементации и термической обработки порошковых механически легированных цементуемых сталей и оптимизация процесса их получения.

Максимальная величина той или иной характеристики порошковой легированной стали (прочность, твердость, ударная вязкость, износостойкость и пр.) может быть достигнута только при вполне определенных значениях технологических факторов. Решение этой задачи традиционным методом требует постановки большого количества опытов и не надежно. Экстремальные задачи часто с успехом могут быть решены с помощью методов математического планирования эксперимента. Наиболее простым, полно изученным и достаточно эффективным является метод Бокса-Уилсона. Применение этого метода целесообразно, в первую очередь, в связи с тем, что он позволяет резко сократить количество опытов при поиске оптимальных условий.

В работе с применением метода планирования изучено влияние условий получения и состава на свойства механически легированных порошковых цементуемых сталей плотностью 85 % от теоретической. В качестве независимых переменных (факторов), влияющих на механические свойства сталей, выбраны:

X_1 - температура цементации в пределах 920-1000 °С;

X_2 - содержание в стали никеля в пределах 0,6-2,6 %;

X_3 - содержание в стали хрома в пределах 0-1,2 %;

X_4 - продолжительность цементации в пределах 3-9 ч.

Параметрами оптимизации являлись предел прочности при растяжении и ударная вязкость стали после закалки от температуры 800 °С в масле и отпуска при температуре 180 °С в течение 2 ч.

Основным материалом для изготовления образцов служил железный порошок ПЖРВ. Легирующие элементы вводили в виде механически легированных лигатур, полученных в высокоэнергетическом смесителе и содержащих порошок железа ПЖРВ, хромистой стали ПХ30-1 и порошка электролитического никеля ПНЭ-1. Шихту для изготовления образцов получали смешиванием порошка железа с порошками механически легированных лигатур в смесителе со смещенной осью в течение 2 ч., при этом во всех случаях содержание механически легированной лигатуры в шихте составляло 30 процентов от объема шихты.

Формование образцов производили в съемных стальных пресс-формах методом однократного двухстороннего прессования по упорам.

Спекание образцов совмещали с науглероживанием в бондюжском карбюризаторе состава: 25 % свежего и 75 % отработанного.

Цементацию производили в тиглях в шахтных электрических печах с подогревом с карбидокремневыми нагревателями. Для защиты образцов от окисления использовали плавкие затворы из борного ангидрида B_2O_3 .

Прочность при растяжении определяли на плоских образцах с поперечным сечением шейки 5×10 мм и расчетной длиной 40 мм.

Испытания производили на испытательной машине МР-100. Ударную вязкость исследовали на образцах без надреза с размерами $10 \times 10 \times 60$ мм. В качестве оборудования использовали маятниковый копер МК-30А.

Методика выбора планов, их реализация, статистическая обработка результатов экспериментов и поиск области экстремума подробно описаны в специальной литературе.

При исследовании влияния состава и условий получения на механические свойства порошковой механически легированной цементуемой стали выбрана и реализована полуреплика 2^{4-1} от полного факторного эксперимента 2^4 . Основной уровень и интервалы варьирования факторов выбраны на основании предварительных исследований.

В результате статистической обработки экспериментальных данных были определены:

- коэффициенты регрессии при каждом факторе;
- дисперсии опытов;
- дисперсии коэффициентов регрессии;
- доверительные интервалы коэффициентов регрессии;
- статистическая значимость коэффициентов регрессии;
- дисперсии адекватности;
- проверены гипотезы об адекватности полученных уравнений регрессии по критериям Фишера;
- получены математические модели зависимости механических свойств от состава и условий получения механически легированных порошковых цементуемых пористых сталей.

Проведено также крутое восхождение по градиентам полученных математических моделей, при этом найдены области, позволившие определить оптимальные условия получения сталей.

Для стали, имеющей максимальное значение прочности:

– состав: 2,0-2,2 % никеля; 0,95-1,05 % хрома; остальное - железо.

Для стали, имеющей максимальное значение ударной вязкости:

– состав: 2,6-2,8 % никеля; 0,6-0,7 % хрома; остальное - железо.

Цементацию сталей следует проводить в твердом карбюризаторе состава 25 % свежего и 75 % отработанного при температуре $960^\circ C$ в течение 6 ч. Режим термообработки: закалка от температуры $800^\circ C$ в масле, отпуск при температуре $180^\circ C$ в течение 2 ч.