

Термоциклическая обработка штампов для работы в условиях горячего деформирования из стали X12MФ

Студенты гр. 10402128 Мельников В.А., Недосекин В.И.
 Научный руководитель – Томило В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Для изготовления рабочих частей штампов горячей штамповки применяются стали 5ХНМ, 5ХНВ, 7Х3, 8Х3 и др. Их главным недостатком является низкая твердость и малая износостойкость. Одним из перспективных видов упрочнения сталей является термоциклическая обработка (ТЦО). Важной особенностью ТЦО, отличающей ее от других видов термической обработки, является то, что структурные и фазовые превращения совершаются многократно при изменяющемся температурном режиме «нагрев – охлаждение». Изучив и проанализировав существующие технологии термоциклической обработки,

была разработана технология окончательной упрочняющей термической обработки, режим которой представлен на рисунке 1. Выполнение окончательной термической обработки позволяет при сохранении высокой твердости и прочности повысить ударную вязкость деталей штампа. Это происходит благодаря циклическому чередованию процессов взаимного «растворения – выделения» между ферритокарбидной смесью и аустенитом. Такой режим способствует получению благоприятного структурного состояния стали и возможности протекания процессов измельчения зерна, коагуляции и сфероидизации карбидной фазы.

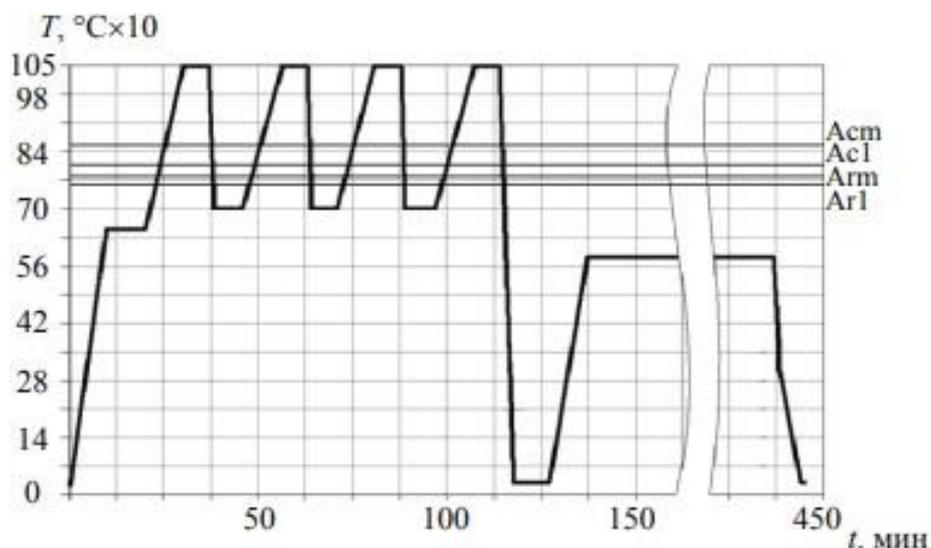


Рисунок 1 – Режим окончательной упрочняющей термообработки

Для установления работоспособности разработанной технологии был проведен эксперимент. Обработки были подвергнуты образцы из инструментальной стали X12MФ сечением 10x10 мм и высотой 40 мм. Для сравнения один из образцов был подвергнут традиционной термической обработке, состоящей из отжига, последующего нагрева под закалку до 1000 °C, охлаждение до 30 °C, отпуск при 550 °C с выдержкой в течение 1,5 ч и охлаждение до комнатной температуры на воздухе.

Суть эксперимента заключалась в исследовании микроструктуры стали после определенного количества термоциклов. На рисунке 2 представлены фотографии микроструктуры

образцов после обработки. Структура образца № 1 (прошедшего один термоцикл) представляет собой зернистый перлит, аустенит остаточный до 10 %, первичный и вторичный карбиды, феррит, мартенсит отпуска. Образец № 2 (прошедший два термоцикла), содержит меньше остаточного аустенита, первичный и вторичный карбиды, феррит, мартенсит отпуска. Наличие мартенсита отпуска в образцах № 1 и № 2 связано с присутствием в составе стали кремния, хрома и ванадия. Структура образца № 3 – зернистый перлит (сорбит отпуска, троостосорбит), образца № 4 – зернистый перлит (троостосорбит).

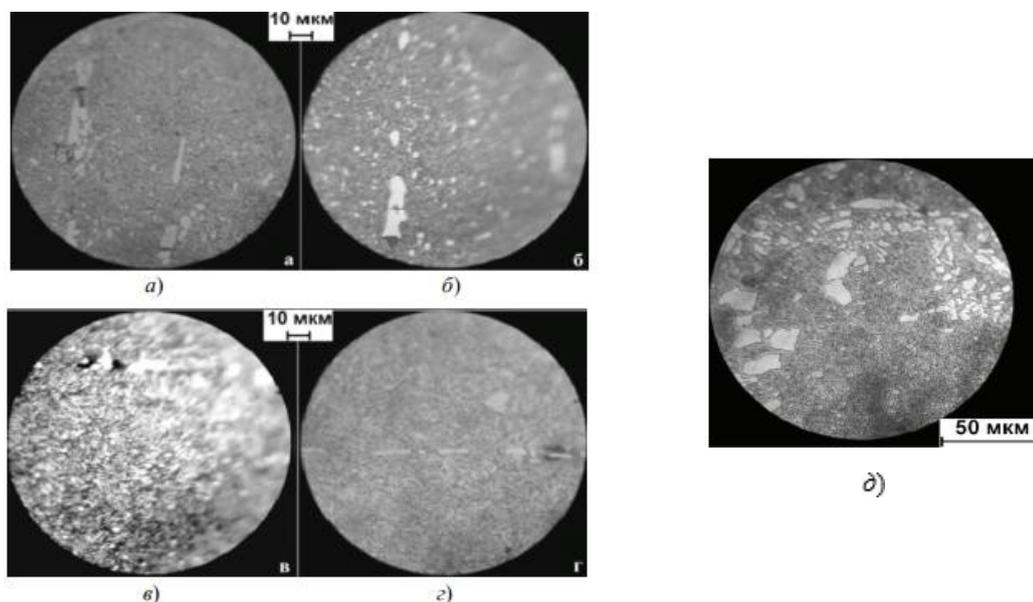


Рисунок 2 – Микроструктура образцов стали X12MФ после закалки и отпуска в зависимости от числа термоциклов:

а – одного (образец №1); б – двух (образец №2); в – трех (образец №3); г – четырех (образец №4); д – после традиционной термической обработки

Эксперимент показал, что с увеличением числа циклов происходит измельчение зерна, разделение мелких карбидов и их выделение в направлении первичных мартенситных игл. На фотографиях структуры образцов (рисунок 2) они имеют вид светлых точек и коротких стерженьков, ориентированных в направлении первичных мартенситных игл.

На основе анализа микроструктур стали X12MФ после различных режимов термообработки доказано:

- в результате ТЦО образуются изолированные дисперсные карбиды глобулярной формы, располагающиеся по границам и внутри аустенитных зерна;

- выделяющиеся карбиды препятствуют росту зерна при нагреве до температуры закалки, что в сочетании с последующей закалкой и отпуском позволяет получить материал с повышенными эксплуатационными свойствами;

- при увеличении числа циклов при термоциклической обработке за счет растворения мелких карбидов в аустените растет концентрация карбидной фазы в феррито-карбидной смеси, а после закалки и высокого отпуска карбиды укрупняются и ориентируются в направлении первичных мартенситных игл.

Результаты производственных испытаний штампа из стали X12MФ, работающего в условиях горячего деформирования и нагревающегося до температуры 500 °С, показали, что стойкость деталей штампа, подвергнутых термоциклической обработке, в 2 раза выше стойкости деталей после обычной закалки и отпуска.