

УДК 620

Н.В. Редькина

**РАЗРАБОТКА СХЕМ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
НА ПРИМЕРЕ СПЛАВА 44НХТЮ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе представлены основные моменты при разработке схем термоциклической обработки (ТЦО). В качестве наглядного примера представлен сплав 44НХТЮ.

Ключевые слова: дисперсионно твердеющий сплав, термоциклическая обработка, схема, микроструктура.

Термоциклическая обработка (ТЦО) представляет собой весьма перспективное, но достаточно сложное направление в термической обработке, так как все режимы разрабатываются экспериментально.

Суть ТЦО заключается в многократном повторении нагревов и охлаждений при термической обработке сплавов, при этом факторами, оказывающими влияние на структура металла, являются: количество циклов, интервал термоциклирования (разница между верхней и нижней температурами цикла), наличие и отсутствие выдержек.

Общая схема ТЦО представлена на рис. 1.

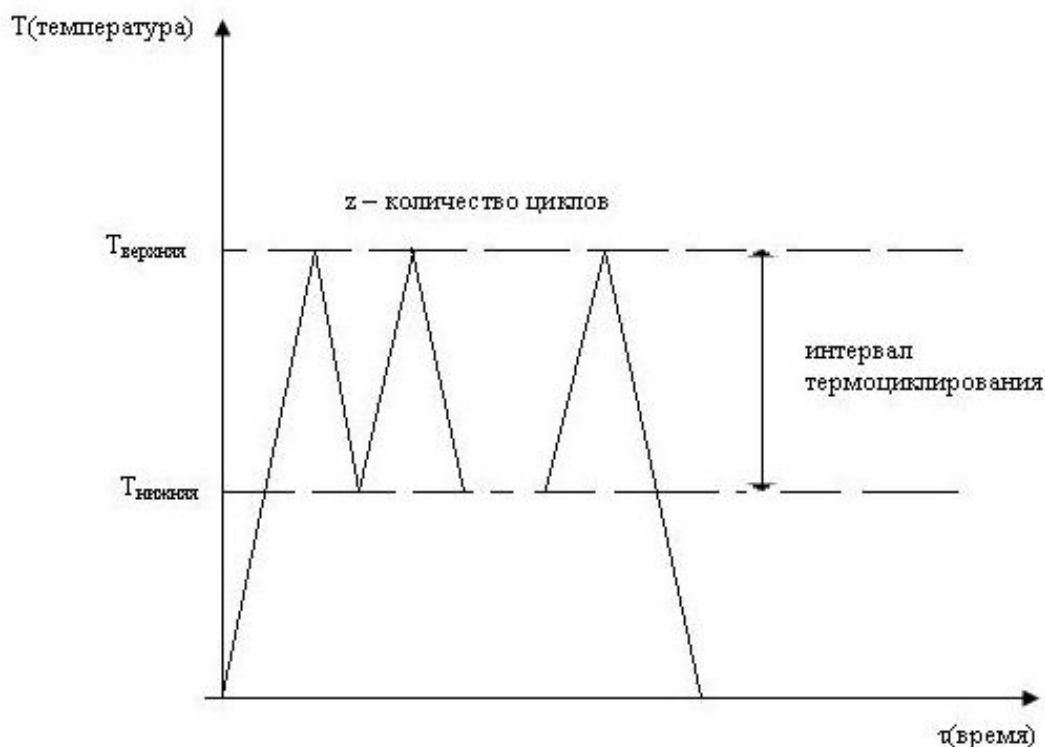


Рис. 1. Общая схема ТЦО

Согласно В.К. Федюкину, разработаны и применяются на практике несколько разновидностей ТЦО сталей и сплавов (рис. 2), различающихся температурно-скоростными параметрами. К ним относят маятниковую, средне- и высокотемпературную ТЦО сталей и чугунов, а также НТЦО чугунов [1].

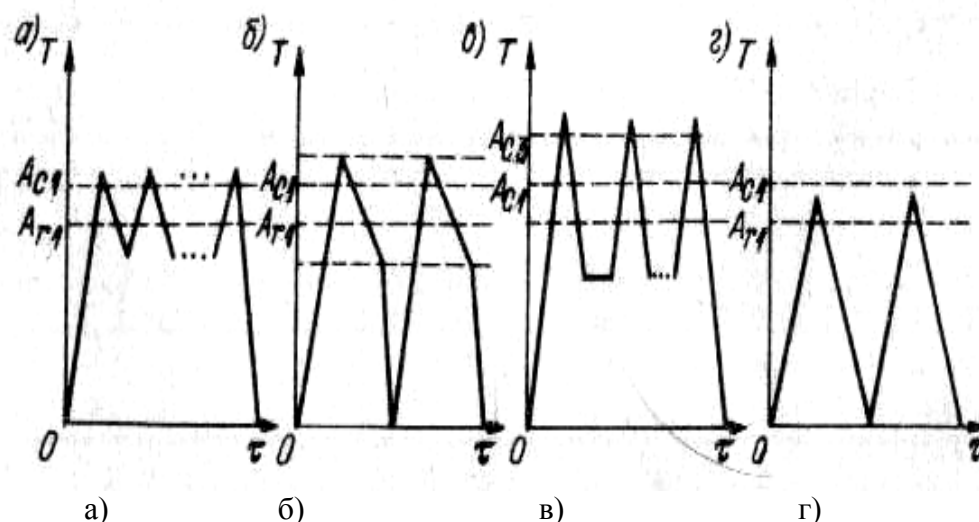


Рис. 2. Классические схемы ТЦО сталей и чугунов:

а - маятниковая; б - среднетемпературная; в - высокотемпературная; г - низкотемпературная

Маятниковую ТЦО используют для измельчения зерна сталей ферритно-перлитного класса. При этом предусмотрен печной нагрев до температуры на $30-50^{\circ}\text{C}$ выше температуры A_{c1} с последующим охлаждением на воздухе до температуры на $50-80^{\circ}\text{C}$ ниже критической температуры A_{r1} . Описанная обработка названа *маятниковой*, так как температурный интервал термоциклирования находится вблизи температур перекристаллизации.

Среднетемпературную ТЦО, предназначенную для получения сорбитообразной структуры конструкционных углеродистых сталей, осуществляют путем быстрых нагревов до температуры на $30-50^{\circ}\text{C}$.

Выше температуры A_{c1} с последующим охлаждением на воздухе до температуры на $30-50^{\circ}\text{C}$ ниже точки A_{r1} , и далее в воде или масле.

Высокотемпературная ТЦО, или, как ее еще называют, *циклическая электротермическая обработка* (ЦЭТО) заключается в электронагреве со скоростью около $50^{\circ}\text{C}/\text{с}$ до температуры полной аустенизации, охлаждении со скоростью $30-50^{\circ}\text{C}/\text{с}$ до температуры $420-450^{\circ}\text{C}$, отвечающей температуре наиболее быстрого изотермического распада аустенита и выдержке при этой температуре. По окончании выдержки циклы повторяют, в последнем термоцикле осуществляют закалку из аустенитного состояния. ВТЦО предназначена для получения максимальной прочности при удовлетворительной пластичности.

Низкотемпературная ТЦО чугуна предусматривает быстрый нагрев до температуры на $30-50^{\circ}\text{C}$ ниже температуры A_{c1} с последующей закалкой в воде или масле. Используют НТЦО для получения обратной микроликвации кремния в структуре чугуна.

Термоциклическая обработка без аллотропических превращений основана на возникновении и релаксации внутренних напряжений, обусловленных градиентами температуры, разницей теплофизических характеристик составляющих структуру фаз, а также на действии механизма растворение - выделение. Проводят ее в интервалах температур максимальной диффузионной подвижности атомов (ВТЦО) и температур, отвечающих интенсивному распаду пересыщенного твердого раствора предварительно закаленного материала (НТЦО). На процесс диффузии влияют повышенная концентрация точечных и линейных дефектов, а также постоянно действующие внутренние напряжения. ВТЦО используют в основном для растворения избыточных фаз, перераспределения химических элементов в твердом растворе, ее можно применять вместо закалки, гомогенизации, в отдельных случаях она заменяет мо-

дифицирование. НТЦО направлена на окончательное формирование свойств материала - дисперсионное твердение. Ее используют взамен старения [1].

Сочетание ТЦО с такими термическими и термомеханическими операциями, как закалка, отпуск, старение и другими, во многих случаях оказывается полезным, так как при этом появляется возможность дополнительного регулирования промежуточной (между циклами) структурой, напряженным состоянием, а также степенью развития характерных для ТЦО процессов

При ТЦО цветных металлов происходят измельчение составляющих структуру фаз, перераспределение химических элементов в твердом растворе, изменение в дислокационной структуре и т. д.

При этом необходимо оценивать степень развития диффузионных процессов при ТЦО, характер распределения химических элементов, микроструктуру, дислокационную структуру, а также некоторые другие показатели, отражающие состояние структуры материала [1].

Диффузионное перемещение атомов внедрения в матрице приводит к изменению размеров и формы избыточных фаз, внутри-объемному перераспределению химических элементов.

В работе исследовались образцы, вырезанные из прутков диаметром 15 мм и высотой 10 мм из сплава системы железо-никель 44НХТЮ.

Термическую обработку по экспериментальным режимам, приведенным в табл. 2, проводили в электропечи лабораторной SNOL 8.2/1100, предназначенной для термообработки разных материалов и изделий при температуре от 50 до 1100⁰С в воздушной среде в стационарных условиях.

Микроструктура шлифа исследовалась под цифровым оптическим микроскопом высокого разрешения Keyence VHX-1000 при увеличении x100, 500, 1000. Размер зерна определялся в соответствии с ГОСТ 5639.

ТЦО проводилась согласно схеме, предложенной В.К. Федюковым [1], и представленной на рис. 1, а, и схеме, в которой был расширен интервал термоциклирования и представленной на рис. 1, б.

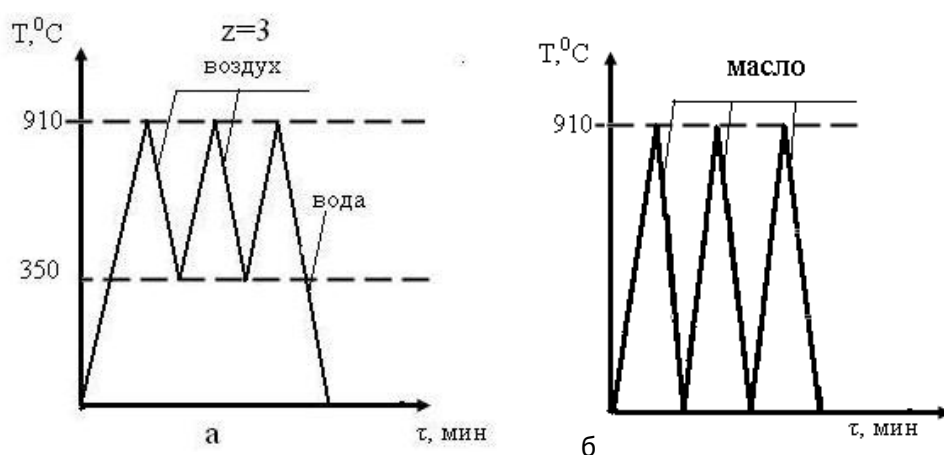


Рис. 3. Экспериментальные схемы ТЦО

Микроструктура сплава 44НХТЮ, обработанного по режимам ТЦО, согласно рис. 3, представлена на рис. 4.

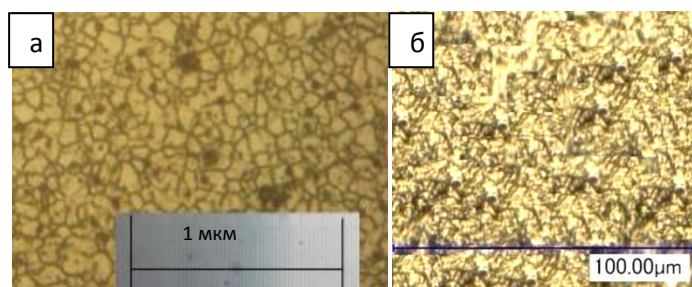


Рис. 4. Микроструктура сплава 44НХТЮ:

а – обработанного по схеме рис. 2, *а*; *б* – обработанного по схеме рис. 2, *б*

Из рис. 3 и рис. 4 видно, что расширение интервала термоциклирования позволяет получить более однородную мелкодисперсную структуру и значительно интенсифицировать процесс.

Выводы

1. Расширение интервала термоциклирования при разработке схем ТЦО и их экспериментальном внедрении обработки позволяет эффективно улучшить микроструктуру элинварного сплава 44НХТЮ и значительно интенсифицировать процесс термической обработки.
2. Полученные результаты следует использовать для оптимизации режима термической обработки элинварного сплава 44НХТЮ.

-
1. **Федюкин, В.К.** Термоциклическая обработка металлов и деталей машин / В.К. Федюкин, М.Е. Смагоринский. – Л.: Машиностроение, 1989. – 255 с.

*Дата поступления
в редакцию 03.12.2013*

N.V. Redkina

DEVELOPMENT OF SCHEMES FOR THERMOCYCLIC PROCESSING OF ALLOY 44НХТЮ

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

Purpose: This paper deals with schemes of thermocyclic processing.

Design/methodology/approach: Research is proposed based on microstructure analysis.

Findings: Thermocyclic processing to speed up the process of heat treatment and to grind grain.

Research limitation/implications: The present study provides a starting-point for further research in the thermocyclic treatment.

Originality/value: Moreover, the influence of the technological parameters of the thermocyclic treatment regime on the structural changes in alloy 44НХТЮ is discovered and the most effective regime of this treatment is recommended.

Key words: dispersion hardened alloy, thermocyclic processing, scheme, microstructure.