

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

В. И. АРХАРОВ и Ю. Д. КОЗМАНОВ

**ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ ВЕЛИЧИНЫ ЗЕРНА СТАЛИ
В РЕЗУЛЬТАТЕ ЕЕ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ**

(Представлено академиком И. П. Бардиным 7 IX 1949)

Одной из целей термической обработки стали является изменение величины зерна. Особо важным в этой области можно считать уменьшение величины зерна, выросшего сверх допустимых размеров при перегреве; известны вредные влияния этого явления на свойства стали, особенно в связи с устойчивостью следов крупнозернистости в перегретой стали.

Возможность размельчения зерна стали основана на явлениях, связанных с ее перекристаллизацией.

В свете изученного Г. В. Курдюмовым и его школой механизма перекристаллизации стали ⁽¹⁾, а также представлений о природе зерна стали, детализированных В. И. Архаровым и Н. А. Питаде ⁽²⁾, можно указать на следующие стороны явления перекристаллизации, могущие иметь значение для размельчения зерна.

1. Новые кристаллиты, возникающие из материала старого зерна при его перекристаллизации, могут при некоторых условиях получать при самом своем зарождении случайную ориентировку, не связанную с ориентировкой исходного зерна какими-либо закономерностями, причем в одном и том же исходном зерне могут возникать несколько таких — дезориентированных — зародышей. Разрастаясь до взаимного смыкания, они создают более мелкозернистую микроструктуру.

2. При других условиях перекристаллизации новые кристаллиты в самом процессе своего зарождения оказываются закономерно ориентированными относительно кристаллической решетки исходного зерна. Если даже при этом возникает много центров перекристаллизации, общая кристаллографическая закономерность их ориентировок объединяет их в единое целое в пределах объема исходного зерна, существовавшего до перекристаллизации, сохраняя в стали следы крупнокристалличности и связанные с ней свойства. Это состояние можно охарактеризовать словами «внутризеренная текстура».

Кроме этих двух факторов, как было указано А. А. Бочваром ⁽³⁾, должен действовать еще и следующий:

3. Объемные изменения, происходящие при перекристаллизации, вызывают взаимный наклеп кристаллов, возникающих и разрастающихся в толще исходных зерен. Искажения кристаллической решетки, вызываемые этим наклепом, должны приводить ко вторичному процессу, сопровождающему перекристаллизацию, а именно, к рекристаллизации продуктов фазового превращения.

В зависимости от степени наклепа (определяемой составом стали и скоростью перекристаллизации) и от температурного режима после

перекристаллизации последующая рекристаллизация может изменить величину зерна в различной степени.

Подобные явления имеют место и при других фазовых превращениях, например в случае фазовых превращений, происходящих в электролитических осадках хрома, как это было теоретически освещено и экспериментально изучено в работах В. И. Архарова и С. А. Немцова (4).

Определяющее значение третьего фактора для аномального разрастания зерен аустенита в быстрорежущей стали при многократной ее закалке (явления «нафталинистого» излома) было установлено Садовским, Малышевым и Вяль*..

Металлографические исследования не дают, однако, достаточно полной возможности судить о кристаллографическом характере элементов микроструктуры, и поэтому представляется важным произвести исследование обсуждаемой здесь проблемы методами рентгеноструктурного анализа.

Мы провели такое исследование на крупнозернистой (перегретой) стали 18ХНМА. Методика исследования, характеризующаяся применением «аксиальных» камер и монохроматических рентгеновых лучей для определения структуры в одних и тех же отдельных зернах стали на разных стадиях ее термообработки, была ранее подробно описана (2).

Образцы имели форму пластинок толщиной 2 мм. На каждом образце исследовалось по несколько зерен, в каждом из которых бралось под наблюдение несколько участков.

Нагрев образцов производился в первой части работы в открытой электропечи. Температура контролировалась платино-платинородиевой термопарой. Охлаждение после высокотемпературной выдержки производилось на воздухе.

Во второй части работы были проведены опыты с большими скоростями нагрева на установке системы Н. М. Родигина (5) **.

В этих опытах немедленно по достижении предельной температуры нагрева образцы охлаждались на воздухе.

Результаты работы сводятся к следующему. При обычных скоростях нагрева и при температурах нагрева выше точки превращения, но не превышающих 1000°, в стали 18ХНМА внутриверенная текстура после охлаждения повсюду восстанавливается, независимо от продолжительности выдержки при высокой температуре (от 3 мин. до 9 час.).

На рентгенограммах одного и того же участка подопытного зерна до и после перекристаллизации получается одинаковое расположение текстурных пятен, что указывает на полное восстановление строения зерна в этом участке.

Если температура нагрева стали достигает 1020—1070°, то, даже при очень малых выдержках (5 мин.) при этой температуре, после охлаждения стали повсюду замечается полное исчезновение исходной текстуры и размельчение зерна (на рентгенограммах появляются прерывистые дебаевские линии, проходящие через все поле рентгенограммы). Если выдержка при температуре 1050—1070° удлиняется (15 мин. и более), то вместо картины исходной внутриверенной текстуры на рентгенограммах наблюдаются признаки разрастания новых крупных вторичных зерен аустенита (на фоне сплошных дебаевских линий за счет их интенсивности возникают новые текстурные максимумы, расположение которых не связано с прежней текстурной картиной).

В одном из опытов этой серии два образца были помещены одновременно в участок печи, нагретый до 920°; один из образцов через 15 мин.

* Сообщено в одном из публичных докладов.

** Пользуемся случаем выразить благодарность В. Д. Садовскому и Н. М. Родигину за предоставление возможности проведения опытов с большими скоростями нагрева и Б. Г. Сазонову за помощь в проведении этих опытов.

был перемещен в печи в тот ее участок, где имелась температура 1020° , другой же образец оставался в прежнем положении; еще через 15 мин. оба были вынуты из печи и охлаждены на воздухе. Рентгенограммы показали, что в образце, оставшемся все время выдержки при 920° , внутризеренная текстура полностью восстановилась, в том же, который после перекристаллизации и 15-минутной выдержки при 920° был дополнительно догрет до 1020° , зерно полностью размельчилось.

В опытах со скоростью нагрева 3000° в секунду, когда верхний предел температуры нагрева не превышал 1000° , во всех случаях внутризеренная текстура восстанавливалась. В случаях же, когда температура нагрева в опытах этой серии превышала 1100° , имело место полное размельчение зерна (на рентгенограммах получались сплошные дебаевские линии).

Все вышеописанные опыты показывают, что в интервале температур $1000-1020^{\circ}$ лежит «порог рекристаллизации» аустенита стали 18ХНМА, получающего самонаклеп вследствие объемных изменений при перекристаллизации.

Нагрев выше точки превращения, но ниже этого порога приводит к восстановлению текстуры в пределах объема исходного зерна, и сталь в изломе имеет попрежнему крупное зерно.

Нагрев немного выше этого порога приводит к размельчению зерна вследствие рекристаллизации аустенита.

Нагрев до более высокой температуры вызывает собирательную рекристаллизацию аустенита, вследствие чего размельчившееся зерно снова укрупняется.

Уральский Государственный университет
им. А. М. Горького
Институт физики металлов Уральского филиала
Академии наук СССР

Поступило
9 VII 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. Курдюмов и Г. Закс, Вестн. металлопром., № 9—10 (1930); Zs. Phys., 64, 325 (1930). ² В. И. Архаров и Н. А. Пятаде, Тр. Ин-та физики металлов, УФАН, в 8, 37 (1946). ³ А. А. Бочвар, Основы термической обработки сплавов, 1931, стр. 84. ⁴ В. И. Архаров и С. А. Немнонов, ЖТФ, 8, 1089 (1938); С. А. Немнонов, ЖТФ, 18, 239 (1948). ⁵ Н. М. Родигин, Тр. Ин-та физики металлов УФАН, в. 9, 3 (1946).