

Фазовые и структурные превращения при нетрадиционных режимах термической обработки конструкционных сталей

Студент группы 80-18 Юсупов Ж.К., 74-18 Муротов А.С.

Научный руководитель - Бердиев Д.М.

Ташкентский государственный технический университет. г. Ташкент

Важнейшей проблемой современного машиностроения и ремонтных предприятий следует считать снижение расхода металла и энергоресурсов. Однако срок службы металлических изделий определяется главным образом их механическими свойствами.

Основные детали машин изготавливают из углеродистых и малолегированных сталей, их упрочняют при помощи термической обработки – это закалка с отпуском.

Обычные, стандартные режимы термической обработки металлических изделий, как правило, обеспечивают достаточно высокий уровень механических свойств. Однако в ряде случаев этого оказывается недостаточно. В частности, это касается вязкости металла изделия [1], которая обеспечивает высокую его надежность.

В последние годы уделялось значительное внимание структурной наследственности, так как не всегда удавалось избавляться от наличия крупного зерна в заготовках [2].

На основании проведенных исследований было установлено, что все нетрадиционные режимы термической обработки стали базируются на фундаментальных закономерностях фазовых превращений. Суть нетрадиционных режимов термической обработки заключается в том, что путем предварительной высокотемпературной термической обработки достигается высокий уровень дефектности кристаллического строения стали. Это позволяет при повторном нагреве в зависимости от завершенности повторных структурных превращений, сильно измельчить зерно стали.

Однако имеется ряд нерешенных вопросов по направлению исследований, касающихся фазовых превращений сталей, теоретического и практического планов:

- как влияет время нагрева на температуру и величину экстремума плотности дислокаций после превращения $\gamma - \alpha$ при проведении закалочного охлаждения, на воздухе и после отжига стали;

В данной работе обстоятельно рассматривается механизм $\alpha - \gamma - \alpha$ превращений, но также отмечается, что при высоких температурах нагрева существует экстремальная температура, когда в твердый раствор (аустенит) переходят атомы тугоплавких примесных фаз. В этом случае при охлаждении ($\gamma - \alpha$ превращений) получается высокая плотность дислокаций в α – фазе. При повторной фазовой перекристаллизации часть этих дислокаций сохраняется и очень сильно влияет для повышения работоспособности стальных изделий.

Объектами исследований являлись образцы сталей промышленной выплавки марок 45 и 40Х. В качестве эталонного материала использовали образцы армко-железа.

Термическую обработку образцов проводили при нагреве до различных температур, первая из которых была выбрана для каждой стали из расчета $A_{c3}+30\div 50$ °С, а затем 900 °С, 1000 °С, 1100 °С, 1150 °С и 1200 °С. Время выдержки при этих температурах было различным: 5 минут, 20 минут, 2 часа и 5 часов. В зависимости от времени выдержки нагрев проводили в соляной ванне или в печи. Охлаждение образцов проводили на воздухе, в воде или масле, а также вместе с остыванием печи. Таким образом создавали термическую предысторию стали. Повторная фазовая перекристаллизация всегда проводилась с нагревом до $A_{c3}+30\div 50$ °С для каждой стали.

Металлографический анализ проводили на микроскопах МИМ-8М, рентгеноструктурный анализ проводили на установке ДРОН-2,0.

С увеличением температуры нагрева наблюдается известный факт роста аустенитного зерна. Однако во всех случаях имеет место экстремальная температура нагрева 1100 °С при времени аустенизации 20 минут, когда после охлаждения можно зафиксировать максимальный уровень плотности дислокаций (таб.).

При нормализации крупногабаритных деталей время выдержки в аустенитной области в процессе нагрева может исчисляться часами. В этом случае эффект влияния экстремальной температуры на состояние тонкой структуры стали не определен.

Таблица 1 - Плотность дислокаций сталей после нормализации при различных температурах нагрева (аустенизация 20 мин)

Температура нормализации, °С	Марка стали					
	Fe - армко		Сталь 45		Сталь 40X	
	$\rho \cdot 10^9 \text{ 1/см}^2$	ρ/ρ_{900}	$\rho \cdot 10^9 \text{ 1/см}^2$	ρ/ρ_{850}	$\rho \cdot 10^{10} \text{ 1/см}^2$	ρ/ρ_{870}
$A_{c3} + 30 \div 50$	-	-	1,0	-	1,13	-
900	0,37	-	-	-	1,13	1,0
1000	0,88	2,38	1,73	1,73	2,31	2,0
1100	1,40	3,78	4,5	4,5	4,54	4,0
1200	0,73	1,97	2,99	2,99	1,26	1,08

Исследования показали, что с увеличением времени выдержки при нагреве стали после превращения $\gamma - \alpha$ плотность дислокаций α - фазы получается ниже, а пик максимума смещается к более низким температурам нагрева (рис. 1).

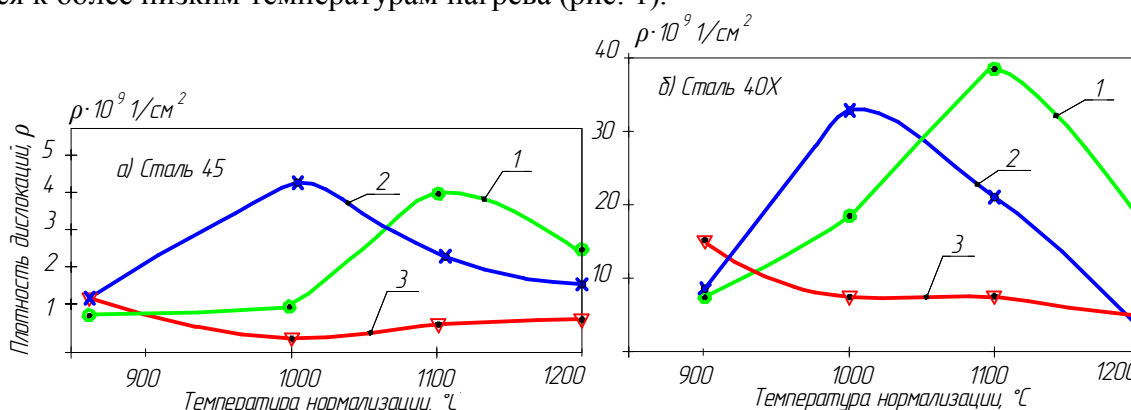


Рисунок 1 - Влияние температуры нагрева и времени выдержки на плотность дислокаций нормализованной стали. Время выдержки стали: 1 – 20 минут; 2 – 2 часа; 3 – 5 часов

Выводы

При нагреве стали до высоких температур наблюдаются экстремальные температуры, когда после охлаждения формируются структуры с повышенным уровнем (после нормализации) плотности дислокаций или с ее высоким уровнем (после закалки). Экстремумы плотности дислокаций приходятся на температуры нагрева 1100, 1000, 900 °С при времени выдержки при нагреве 20-30 минут, 2 часа и 5 часов соответственно. Величина роста плотности дислокаций зависит от содержания углерода и легирующих элементов в ней.

Библиографический список

1. Подрезов Н.Н., Подрезова И.С. Влияние структурной наследственности на прочность реакторной Cr-Ni-Mo-V стали // Глобальная ядерная безопасность. – Волгодонск, 2017. №4. С. 91-96.
2. Югай С.С., Клейнер Л.М., Шоцев А.А., Митрохович И.Н. Структурная наследственность в низкоуглеродистых мартенситных сталях // Металловедение и термическая обработка металлов. – Москва, 2004. №12. С. 24-29.