

Список литературы

1. Создание мультимедиа в Web-страницах. Галагузова Т.А., Каланова Ш.М. Методическое пособие по созданию электронного учебника. – Тараз: 2006. – 90 с.
2. Галагузова Т.А. Мультимедиа на практических занятиях иностранного языка в вузе // Материалы Межд. конф. «Информационные технологии в открытом образовании». Россия. Москва. МЭСИ. 11-12 октября 2001. – С. 135-144.
3. Кингсли – Хью Э., Кингсли – Хью К. JavaScript 1.5: учебный курс. – СПб.: Питер, 2001. – 272 с.:
4. Галагузова Т.А., Мусилимов Б.М. Создание мультимедийного учебника. Учебное пособие. – Тараз.: Изд-во ТИГУ, 2012. – 132 с.
5. Дронов В.А. JavaScript в Web-дизайне. – СПб.: БХВ-Петербург. 2001. – 880 с.

**СПОСОБ УСКОРЕННОГО
ФОРМИРОВАНИЯ НАНОСТРУКТУРЫ
МАЛОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ**

Исламкулов К.М., Смагулов Д.У.

*Казахский национальный технический университет
им. К. Сатпаева, Алматы, e-mail: kairat058@mail.ru*

Во многих отраслях промышленности (машиностроение, строительство, транспорт и т.д.) применяют малоуглеродистые стали с содержанием углерода до 0,25%. Расход этих материалов составляет десятки миллионов тонн. Они не подвергаются упрочнению обычной термообработкой (закалка). Поэтому поиск новых способов упрочнения малоуглеродистых сталей, позволяющих повысить допускаемые напряжения в нагруженных деталях и существенно сократить расход сталей при одновременном повышении надежности и долговечности оборудования, машин и конструкций является актуальной проблемой.

Цель исследования: разработать способ ускоренного формирования ячеистой дислокационной структуры (наноструктуры), которая приводит к повышению прочностных свойств малоуглеродистых сталей.

Материал и методы исследования. Материал: армо-железо, имитирующее свойства и поведение большого ассортимента малоуглеродистых сталей. Применимость нового способа была проведена на малоуглеродистых сталях: сталь 10 и сталь 20.

Методы исследования: микроанализ, метод внутреннего трения, рентгеноструктурный анализ, электронная микроскопия.

Результаты исследования. Была разработана новая технологий упрочнения малоуглеродистых сталей на основе атомно-дислокационной теории [1]. С целью формирования наноструктуры (дислокации) и повышения концентрации твердого раствора феррита атомами внедрения выбрано кратковременное насыщение стали атомами азота. Это обуславливается следующими причинами:

1. В связи с высокой диффузионной подвижностью атомов азота, легко получить насыщенный твердый раствор феррита (основная структура малоуглеродистых сталей).

2. Близость атомных радиусов азота и углерода позволяет получать аддитивные эффекты блокировки дислокации (наноструктуры) по примесному механизму от обоих видов атомов. Это особенно важно для однородной стабилизации создаваемой наноструктуры, лежащие в основе получения высокопрочного состояния материала.

Процесс насыщения атомами азота (НА) малоуглеродистых сталей проводился по известной технологии [2]. С целью формирования дислокационной структуры (наноструктуры) после НА, образцы подвергались многократной механико-термической обработке (ММТО)[3]. ММТО заключается в последовательном деформировании образцов до окончания площадки текучести с промежуточным старением между циклами деформирования в дорекристаллизационном интервале температуры.

Влияние процессов НА на упрочнение малоуглеродистых сталей при ММТО проявляется в виде следующих эффектов:

1. Изменяется вид кривых деформирования упрочняемых образцов, появляется зазубренность кривой на площадке текучести (эффект Портевена-Ле Шателье). У азотированных образцов этот эффект исчезает уже после первого цикла ММТО.

2. Наблюдается общая интенсификация эффекта упрочнения у предварительно азотированных образцов при ММТО.

3. Процесс НА обуславливает резкое повышение прочностных свойств исследуемых материалов уже на первом цикле ММТО по сравнению с образцами не подвергавшимся НА.

Для оценки изменения концентрации твердого раствора феррита в процессе формирования ячеистой наноструктуры и ее блокирование атомами азота, интенсивность накопления дислокаций по циклам ММТО и стабильность созданной наноструктуры были использованы методы внутреннего трения (ВТ) и электронной микроскопии. На кривых, соответствующих деформированному и затем состаренному состоянию, имеются два релаксационных максимума: первый соответствует пику Сноэка (концентрация атомов внедрения в феррите), второй пику Кестера (пластическая деформация). Высота пика Сноэка снижается по мере увеличения числа циклов ММТО в связи с уходом растворенных атомов на блокировку дислокаций при пластической деформации. Это наблюдается при температуре 120°C. Высота пика Кестера повышается с увеличением числа циклов ММТО в связи с увеличением плотности дислокации. Это явление наблюдается при температуре 310-320°C.

Приращение пика Кестера (ΔK) с ростом числа циклов ММТО прямо пропорционально степени накопленной деформации:

$$\Delta K = A \cdot \epsilon,$$

где $A=10^{-2}$, коэффициент пропорциональности; ε – суммарная степень деформации при ММТО.

Для количественной оценки плотности дислокации при упрочнении по схеме насыщение азотом плюс многократная механико-термическая обработка (НА+ММТО) воспользуемся соотношением (4):

$$\rho = \rho_0 + \beta \Delta K,$$

где ρ_0 – плотность дислокации в отожженном образце; β – коэффициент пропорциональности ($\beta = 10^{13} \text{ см}^{-2}$); ΔK – приращение пика Кестера.

При обработке армко-железа по предлагаемой схеме «НА + ММТО» значения пика Кестера и плотности дислокации значительно выше по сравнению с известным способом упрочнения (ММТО).

Результаты расчетов хорошо совпадают с данными определения плотности дислокации методом трансмиссионной электронной микроскопии тонких фольг армко-железа.

У образцов предварительно насыщенных атомами азота, уже после первого цикла ММТО приводит к формированию дислокационной структуры, заметно отличающейся от структуры после обычной ММТО.

В этом случае выявляются дислокационные сплетения и даже наблюдается тенденция к образованию дислокационных ячеек. Эта фрагментация пока не замкнутая, и внутри самих ячеек еще довольно густая сетка дислокации. В случае образцов ненасыщенных атомами азота, такая структура формируется после второго цикла ММТО.

Характерно также, что у образцов после предварительного азотирования клубковые дислокации взаимодействуя с атомами азота образуют сегрегации. (Темный контраст на дислокационных сплетениях).

В случае обычной ММТО такие сегрегации менее заметны.

Общим является то, что в случае рассматриваемых способах упрочнения (ММТО,

НА + ММТО), эволюция дислокационной структуры начинается у границ зерен, образуя густую дислокационную сетку.

После второго цикла ММТО у обеих серий образцов наблюдается неполностью фрагментированная ячеистая наноструктура. Различия в морфологии ячеек становятся еще более сильно выраженными. Прежде всего ячейки, образовавшиеся в азотированных образцах, имеют заметно больший размер. Кроме того, стенки ячеек у образцов насыщенных азотом существенно толще и весьма насыщены атомами внедрения C,N.

Указанные тенденции в формировании ячеистой структуры у образцов насыщенных азотом полностью сохраняются и на более поздних стадиях упрочнения – после третьего и четвертого циклов ММТО.

Увеличивается тенденция создания сегрегации примесных атомов на дислокационных сплетениях. Темный контраст в местах скопления дислокаций становится столь сильным, что уже напоминает контраст на выделение вторичной фазы (нитрида). Такие сегрегации примесных атомов в случае ММТО обычно не наблюдаются.

Таким образом, предварительное насыщение образцов атомами азота и последующая ММТО привели к количественному и качественному изменению параметров создаваемой ячеистой наноструктуры.

Обработка исследуемых материалов по схеме «НА + ММТО» приводит к созданию ячеистой наноструктуры, отличающейся от структуры полученной обычной ММТО большим размером ячеек и более широкими стенками (субграницы). Указанная структура формируется быстрее чем при ММТО, подвергается интенсивной блокировке по примесному механизму, что в конечном итоге приводит к повышению механических свойств малоуглеродистой стали, которые представлены в таблице.

Механические свойства Стали 10, подвергнутые различным способам упрочнения

Упрочняющая обработка	Число циклов ММТО	Механические свойства в предельно упрочненном состоянии		
		Предел прочности σ_b , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относительное удлинение δ , %
Исходное состояние	-	340	210	31
Известный способ ММТО	1	370	280	23
	2	400	350	19
	3	420	405	17
	4	435	420	15
Предлагаемый способ НА + ММТО	1	450	360	21
	2	510	450	19
	3	550	530	17
	4	580	570	16

Комбинированная обработка малоуглеродистых сталей по схеме «НА + ММТО» приводит к существенному увеличению микротвердости по всему сечению образца (Ø 5 мм) в среднем на 40%, что должно благоприятно сказаться на износостойкости материала.

Было проведено сравнительное испытание на износостойкость образцов из Стали 10 после различных видов упрочняющих обработок (ММТО, НА + ММТО) на машине сухого трения МИ-1М при удельном давлении 80 МПа и при 300 об/мин трущегося диска из закаленной стали У8[5].

Величину износа определяли по потере веса образца через каждые 1000 м. пути трения, а интенсивность износа вычисляли по формуле:

$$Jq=q/A_0L, \text{ г/м}^3,$$

где q – вес изношенного вещества; A_0 – номинальная площадь касания; L – путь трения.

Полученные данные показывают, что предполагаемый способ упрочнения малоуглеродистой Стали 10 по схеме «НА + ММТО» в 2,5-3 раза уменьшает интенсивность износа по сравнению с известным способом упрочнения методом ММТО.

Выводы по работе:

1. Методами внутреннего трения и методами электронной микроскопии выявлено, что упрочняющая обработка по схеме «НА + ММТО» приводит к созданию ячеистой наноструктуры. Указанная структура формируется быстрее чем при обычной ММТО.

2. Разработана новая технология упрочнения малоуглеродистых сталей, заключающаяся в предварительном насыщении стали атомами азота (НА) с последующей многократной механико-термической обработкой (ММТО), НА + ММТО.

3. Данный способ обеспечивает 1,5-2 кратное повышение прочностных свойств с сохранением удовлетворительной пластичности по сравнению с ММТО.

Список литературы

1. А.С. Республика Казахстан №44253 Исламкулов К.М., Умбетов О.Ж., Суворов С.А. Способ обработки изделий из малоуглеродистых сталей. Предварительный патент Республики Казахстан. 2005. Бюл. №6.
2. Минкевич А.Н. Химико-термическая обработка стали. Машгиз, 1964, 158 с.
3. Одинг И.А., Иванова В.С., Гордиенко Л.К. Доклады АН СССР, 1965, 160, 2, 321 с.
4. Гордиенко Л.К. Субструктурное упрочнение металлов и сплавов. – М.: Наука, 1973. – 48 с.
5. Методы исследования механических свойств. Справочник. – М.: Машиностроение, 1974, т. 2. – 24 с.

БИНАРНЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Коренькова С.Ф., Сидоренко Ю.В.

*Самарский государственный
архитектурно-строительный университет, Самара,
e-mail: sm-samgasa@mail.ru*

Бинарные наполнители можно вводить в цементные композиции на стадии изготовления

цемента или в процессе изготовления бетонных смесей в заводских условиях. Такие наполнители определенной дисперсности и активности позволяют экономить до 50% цемента без ущерба для механических свойств в изделиях при одновременном повышении стойкости и других эксплуатационных свойств. Основы полиструктурной теории композиционных материалов предполагают оптимизацию наполненных смесей [1-7]. Добавление кварцевых, известняковых, доломитовых и других наполнителей способствует повышению стойкости цементосодержащих бетонов к воздействию воды, знакопеременных температур и т.д. Предпочтительнее введение наполнителей на стадии изготовления бетонной смеси в целях экономии энергии, происходит замена части клинкера горной породой или отходами менее твердыми и уже измельченными. Установлено, что разрушение композиционных материалов чаще происходит по контактной зоне, из чего следует, что выбор наполнителя должен учитывать это обстоятельство. При разрушении наполненных материалов дефекты в материале уже существуют в виде трещин, раковин, мелких пор в зоне контакта матрицы с наполнителем. Прочность композиционных материалов при наполнении будет возрастать, если размер частиц будет меньше критического размера дефекта (степень наполнения и дисперсность наполнителя). До определенной степени наполняющие частицы тормозят развитие трещин и способствуют в структуре композита образованию более мелких трещин. Особенно это относится к двухкомпонентным наполнителям, в которых сочетаются две разновидности минералов – карбонаты и доломиты кальция и кремнеземистые (песок) [7]. Малая химическая активность данных минералов позволяет использовать их в качестве подложки для гидрофильных и гидрофобных поверхностно-активных веществ. Это позволит снизить водоцементное отношение наполненного цементного материала и повысить прочностные характеристики. Другим способом снижения водопотребности наполненной смеси может быть использование для затворения наноструктурированной суспензии на основе шламов [8]. В последнее время подобный технологический прием находит широкое применение, т.к. позволяет при меньшем расходе материала получить модифицированную водную суспензию. Возможность приготовления водной суспензии обусловлено высокой степенью седиментации, усредненности и стабильности [9]. При этом количество шлама может быть уменьшено в несколько раз при сохранении щелочности среды, что весьма важно, учитывая необходимость повышения поверхностной активности частиц наполнителей и наполнителей. Кроме того, высокая адсорбционная способность шламовых частиц понижает сопротивление твердого тела