

- установлено, что общим свойством пластического течения твердых тел является его локализация на всех стадиях деформации, причем тип распределения очагов локализации зависит от степени деформации.

- распределение плотности дислокаций по поверхности образца вдоль оси нагружения, в общем случае, имеет волнообразный характер. Области с повышенной и пониженной плотностью дислокаций чередуются. Волнообразное изменение плотности дислокаций по поверхности деформируемого образца связано с самосогласованным изменением дислокационных структур при деформации.

В качестве критерия выявления потенциальных мест разрушения может служить локальное понижение РВЭ по исследуемой поверхности. Причем площадь области с низкой РВЭ говорит о степени локализации. Чем более узкая область с пониженной РВЭ, тем более высокая локализация деформации и тем выше вероятность разрушения в данной области.

Список литературы

1. Жарин, А.Л. Метод исследования поверхности металлов методом Кельвина / А.Л. Жарин, Н.А. Шипица, Д.И. Сарока // 4-й Белорусский семинар по сканирующей зондовой микроскопии: Сборник докладов. Гомель. 24-25 октября. – 2000. С. 22-26.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННЫХ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫХ ДИФФУЗИОННЫХ СЛОЕВ НА ОСНОВЕ ЦИНКА

Константинов В.М. Гурченко П.С., Булойчик И.А., Ковшик И.А.

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,
v_m_konst@mail.ru, gurchenkops@yandex.by, ilya.by@gmail.com*

Одним из альтернативных направлений в сфере получения защитных цинковых покрытий на стальных изделиях является способ термодиффузионного цинкования в порошковых насыщающих средах (ТДЦ) [1]. Преимущественной особенностью данного способа является возможность замены процессом ТДЦ ряда операций термической обработки деталей (отпуска), что ведет к снижению затрат на термическую и антикоррозионную обработку изделий [2, 3].

При использовании данного способа в качестве завершающей операции химико-термической обработки закаленных изделий, работающих в условиях циклического нагружения, возможно снижение прочностных свойств, обусловленное формированием в поверхностной зоне детали интерметаллидного диффузионного слоя. Как известно, для конструкционных деталей решающее значение имеют механические свойства. Ранее выполненные исследования позволили установить влияние цинкового диффузионного слоя на прочностные характеристики при статических испытаниях [4]. Было отмечено незначительное изменение временного сопротивления на разрыв. Для ряда конструкционных деталей существенным является знакопеременный характер действующей нагрузки. В этом случае твердые (порядка 3300 МПа) цинковые интерметаллидные диффузионные слои могут выступать в качестве источника формирования усталостных трещин при знакопеременных нагрузках, что может привести к преждевременному разрушению изделия.

С целью определения влияния формирования цинкового диффузионного слоя на усталостные характеристики стальных изделий, провели сравнительное исследование механических свойств при циклических нагрузках термически обработанных образцов из

стали 45, обработанных способом ТДЦ и без антикоррозионной обработки. Схема испытаний – консольный изгиб с вращением (рис. 1).

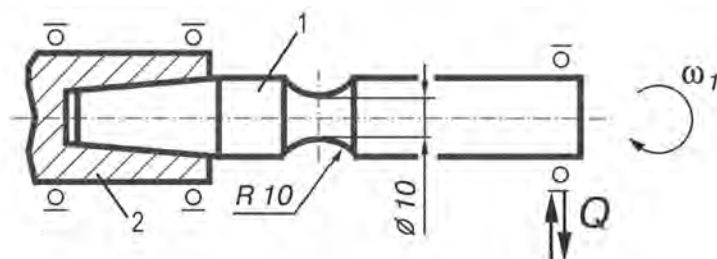


Рис. 1. Общая схема испытаний на консольный изгиб с вращением
1 – образец, 2 – шпиндель испытательной машины
 Q – нагрузка на образец; ω – частота вращения образца.

Режимы термической обработки исследуемых образцов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Термическая обработка образцов перед проведением испытаний

Тип образцов	Режимы термической обработки	
	Закалка	Отпуск
Диффузионный слой отсутствует	Нагрев под закалку до 850°C – в защитной атмосфере. Выдержка 30 мин.	Отпуск 450°C , 180 мин (3 часа)
Обработанные способом ТДЦ	Охлаждение вертикально – в воду.	ТДЦ в стационарном тигле при 450°C , 120 мин.

Испытания проводить ускоренным методом ступенчатого нагружения на испытательной машине СИ-03М в ЛИИ ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ». Условия испытаний приведены в таблице 2. Частота вращения образца составляла 3000 мин^{-1} . Заданное значение начального уровня амплитуды напряжений при изгибе (σ_n) составлял 200 МПа. Интервал приращения амплитуды напряжений при изгибе ($\Delta\sigma_i$) приняли равным 50 МПа. Длительность ступени нагружения (n_i) составляла 10^5 циклов. Число циклов n_k на последней ступени нагружения определяли достижением предельного состояния (изломом образца). Переход на каждую ступень нагружения осуществляли без промежуточных пауз. Испытания проводили непрерывно до наступления предельного состояния (излома образца). По результатам испытаний определяли предельное напряжение при изгибе σ_k и долговечность образца N_{Σ} . Результаты испытаний для каждого исследуемого образца приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты испытаний образцов на механическую усталость

№ образца	Предельное напряжение при изгибе σ_k , МПа	Долговечность образца N_{Σ} , цикл
Образцы с диффузионным слоем		
1	350	332350
2	300	253523
3	350	353364
Образцы без защитного покрытия		
4	400	484016
5	400	436715

Как и ожидалось, образцы с цинковым диффузионным слоем продемонстрировали меньшую долговечность и меньшее предельное напряжение при изгибе в сравнении со стальными образцами без защитного цинкового покрытия. Данный факт может быть обусловлен формированием хрупких интерметаллидных фаз (Γ - фаза) в переходной зоне от стальной основы к диффузионному слою в исследуемых образцах. Они являются концентраторами напряжений, которые, при увеличении знакопеременной внешней нагрузки, могут являться причиной зарождения усталостной трещины.

Не смотря на то, что в отличие от классических способов нанесения защитных покрытий на основе цинка для термодиффузионного цинкования возможно разупрочнение изделий, прошедших предварительную термическую обработку, рациональный подход к выбору температурных режимов, а так же учет регламентируемых прочностных параметров обрабатываемого изделия, позволит выгодно применять данный способ в качестве антикоррозионной защиты. Для ряда деталей, испытывающих в процессе эксплуатации до 10^2 циклов нагружений, (статическое нагружение), эффективным решением является совмещение среднего отпуска с процессом нанесения защитного покрытия, что позволяет повысить срок службы изделий с существенным снижением затрат на антикоррозионную обработку. Для деталей, работающих в условиях повторностатического (малоциклового) и усталостного (многоциклового) нагружений, испытывающих при эксплуатации свыше 10^4 циклов нагружений, антикоррозионная защита способом ТДЦ, может стать причиной снижения усталостных свойств за счет наличия высокотвердых хрупких фаз в цинковом диффузионном слое.

Список литературы

1. Проскуркин, Е.В. Диффузионные цинковые покрытия / Е.В. Проскуркин, Н.С. Горбунов. – Москва: Металлургия, 1972. – 248 с.
2. Константинов В.М., Гурченко П.С., Булойчик И.А. Разработка совмещенного процесса термической и антикоррозионной обработки стальных деталей автотехники, Международная научно-техническая конференция «Инновации в машиностроении-2014, Минск 2014 том 3, С. 384-387.
3. Константинов В.М., Булойчик И.А. Some aspects of sherardizing implementation during anticorrosive defence of heat-treated metal parts. IOP Conference Series. Materials Science and Engineering 71/ 012063. 2015.
4. В.М. Константинов, Булойчик И.А. К проблеме прочности диффузионно оцинкованных изделий. Международный симпозиум: Перспективные материалы и технологии. Витебск 2013 г. С.166-168

ВЛИЯНИЕ ТИПА МАТЕРИАЛА НА ХАРАКТЕР ПРОЯВЛЕНИЯ ЭФФЕКТА ОСЕВОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Андронов И.Н., Богданов Н.П.

Ухтинский государственный технический университет, Ухта, Россия,

iandronov@ugtu.net

В данном сообщении рассматриваются общие закономерности явления осевого деформирования, инициируемого пластическим кручением металлических труб и стержней. С целью выявления структурно-механической природы кручения как собственно вида нагружения проведен сравнительный анализ закономерностей с материалами, отличающимися кристаллографией скольжения и механизмами протекания микродеформаций.