

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный университет»
(Астраханский государственный университет)

кафедра философии

РЕФЕРАТ

для сдачи кандидатского экзамена
по истории и философии науки

на тему: «Новые подходы к изучению процессов старения в металловедении»

Выполнил:
Гасилин Сергей Геннадьевич
Кафедра материаловедения и технология сварки

Астрахань – 2021г.

Содержание

Введение	3
1. История исследования процесса старения	5
2- Новые методы исследования старения стали.	13
2.1 Метод измерения электросопротивления.....	13
2.2 Метод электронной микроскопии	14
2.3 Метод внутреннего трения.....	16
Заключение	18
Список используемой литературы	19

Введение

Одной из значимых научно-технических проблем является проблема безопасной эксплуатации потенциально опасных и высокорискованных объектов в течение всего периода, к которым относятся магистральные газо- и нефтепроводы. Повышенный в таких системах риск техногенных аварий, вызван нехваткой эксплуатационной надежности металла.

Старение металлических конструкций можно определить как частичную или полную потерю их способности достигать цели, для которой они были построены, посредством медленного, прогрессирующего и необратимого процесса, происходящего в течение определенного периода времени. Старение может привести к изменению технических свойств конструкции и может повлиять на статические и динамические характеристики, структурное сопротивление, режим разрушения и место инициирования разрушения.

Эффекты старения могут влиять на способность системы противостоять различным вызовам, связанным с эксплуатацией, окружающей средой и природными явлениями.

Хотя инженерные материалы, такие как сталь и бетон, по своей природе долговечны, некоторые инженерные конструкции могут нуждаться в улучшении из-за недостатков в их проектировании и производстве или в результате воздействия окружающей среды. Процесс старения может непосредственно влиять на механические конструкции, изменяя характеристики материалов, из которых они изготовлены, и приводя к потере их сопротивляемости. Коррозия, облучение, повышенная температура или усталостные эффекты являются основными проблемами для стали.

Безопасность существующих состаренных механических конструкций является важной темой исследований в связи с процессами старения, изменяющими их прочность и жесткость, а также пересмотренными прогнозами максимальных нагрузок, связанных с тяжелыми условиями

эксплуатации и воздействием окружающей среды. Для вероятностной оценки деградации могут быть использованы подходы, методы механики разрушения, методы неразрушающего обнаружения и т.д. Зависящие от времени изменения в инженерных сооружениях носят случайный характер.

Цель данной работы – исследование новых подходов к изучению процессов старения в металловедении.

1. История исследования процесса старения

Несмотря на то, что человек начал использовать металлы и сплавы за несколько тысяч лет до нашей эры, только в XVIII веке появились первые научные исследования и результаты, позволяющие говорить о начале осмысленного изучения всего того, что накопило человечество за всё время использования метала.

Еще в древние времена в области знаний о металлах сформировалось два направления: практическое и познавательное, которые примерно до XVIII века развивались не соприкасаясь друг с другом. Кузнецы и горняки, полагаясь на интуицию, занимались практикой, в то время как философы, а в дальнейшем физики и химики занималась познанием металлов. В средневековье покупатели оценивали качество стали по таким критериям как излом, узором на поверхности и режущим свойствам. Лишь с развитием промышленного века производителей металлических изделий стало интересоваться влияние состава, структуры на различные взаимодействия, такие как механические, тепловые, электрические, на свойства, чтобы эти самые свойства и улучшить. Хотя металлурги, конечно, и раньше интуитивно осознавали, что свойства металлических сплавов зависят не только от химического состава, но и в значительной степени от микро- и макроструктуры. Тем не менее осознание, что дальнейший прогресс в области создания новых материалов и улучшения свойств уже созданных невозможен без развития наук.

В России за исторически короткий период времени была создана уникальная по протяженности, производительности и сложности система магистральных трубопроводов для транспортировки газа, нефти и нефтепродуктов. Эта трубопроводная система - одно из самых крупных инженерных сооружений XX века. Общая длина магистралей достигла 221 тыс. км. 153 тысяч км. – это магистральные газопроводы, 70 тысяч км. – магистральные нефтепроводы и более 20 тысяч км – нефтепродуктопроводы.

Эта система обеспечивает сегодня добычу и транспортировку более 750 млрд. куб. метров газа и более 500 млн. тонн нефти в год. Как любят считать эксперты – Землю можно было обернуть в пять раз.

И в новой России длина труб лишь растет – в строй вводятся такие гиганты, как ВСТО (Восточная Сибирь -Тихий океан) и БТС-2 (Балтийская трубопроводная система). Однако основные фонды трубопроводного транспорта, впрочем, как и вся техносфера, стареют, деградируют со все возрастающей скоростью, неизбежно приближая кризисные явления. По данным специалистов компании «Роснефтегазстрой», к концу десятилетия российские трубопроводные компании могут столкнуться с ситуацией, когда, по объемам работ, на километр введенного магистрального трубопровода будет приходится километр, а то и два – отремонтированного. Износ основных фондов превышает сегодня 60%. Но это по всем магистральным трубопроводам. У нефтяников все чуть более радужно - срок службы почти половины магистральных нефтепроводов близок к амортизационному сроку эксплуатации: свыше 33 лет - 30%, от 20 до 30 лет - 37%. По оценке Валентина Межевича, сенатора от Иркутской области для того, чтобы поддерживать нормальное состояние, мы должны менять трубопроводы примерно 4% в год от той протяженности, которая существует. Пока же общий процент составляет 2-3. То есть, уже скоро «Газпрому» и «Транснефти» придется ускоряться, чтобы компенсировать нынешнее отставание.

Старением называют изменение свойств сплавов с течением времени. В результате старения изменяются физико-механические свойства. Прочность и твердость повышаются, а пластичность и вязкость понижаются. Старение может происходить при температуре 20°C (естественное старение) или при нагреве (искусственное старение).

Различают два вида старения: термическое, протекающее в закаленных сплавах, и деформационное (механическое), происходящее в сплавах,

пластически деформированных при температуре ниже температуры рекристаллизации.

Термическому старению подвергают сплавы, компоненты которых обладают ограниченной переменной растворимостью в твердом состоянии. Деформационное старение не связано с диаграммой состояния сплава. К старению склонны многие сплавы железа и сплавы цветных металлов. Результаты старения могут быть разными. В одних случаях старение является положительным, и его используют при термической обработке алюминиевых, магниевых, титановых и некоторых других цветных сплавов для повышения их прочности и твердости (термическое старение); для упрочнения деталей из пружинных сталей, которые при эксплуатации должны обладать высокими упругими, прочностными и усталостными свойствами (деформационное старение). В других случаях старение является отрицательным явлением: резкое снижение ударной вязкости и повышение порога хладноломкости в результате старения (особенно деформационного) могут явиться причиной разрушения конструкции.

Деформационному старению подвержена сталь, пластически деформированная при температуре ниже температуры рекристаллизации. Деформационное старение объясняется теорией дислокаций. При холодной пластической деформации возрастает плотность дислокаций, увеличивающаяся с повышением степени деформации. При старении атомы азота и углерода, находящиеся в α -растворе, перемещаются к дислокациям, образуя вокруг них скопления, называемые облаками (атмосферами) Коттрелла (Облаком (атмосферой) Коттрелла называется скопление у дислокаций примесных атомов внедрения). Эти скопления атомов блокируют дислокации, затрудняют их перемещение при пластической деформации. Поэтому твердость и прочность стали повышаются, а пластичность понижается [16].

Основным методом исследования старения металла труб метод механических испытаний. Механические испытания проводят для выяснения поведения материала в определённом напряжённом состоянии. Такие испытания дают важную информацию о прочности и пластичности материала. В дополнение к стандартным видам испытаний может применяться специально разработанное оборудование, воспроизводящие те или иные специфические условия эксплуатации изделия. Механические испытания могут производиться в условиях постепенного приложения напряжений, так называемой статической нагрузки, или либо ударного нагружения – динамического нагружения.

Испытания на растяжение один из самых распространённых видов механических испытаний. Тщательно подготовленный образец помещают в захваты мощной машины, которая прикладывает к нему растягивающие усилия. Регистрируя удлинение, соответствующего каждому значению растягивающего напряжения. По этим данным может быть построена диаграмма напряжение — деформация. При малых напряжениях заданное увеличение напряжения вызывает лишь небольшое увеличение деформации, соответствующее упругому поведению металла. Наклон линии напряжение - деформация служит мерой модуля упругости, пока не будет достигнут предел упругости. Выше предела упругости начинается пластическое течение металла; удлинение быстро увеличивается до разрушения материала. Предел прочности при растяжении — это максимальное напряжение, которое металл выдерживает в ходе испытания [11].

Данным методом исследователи производят сравнительный анализ между образцами, взятые после длительной эксплуатации и в их исходном состоянии.

Так, например в 1976 году провели исследование листовой малоуглеродистой стали, которую предварительно деформировали холодной прокаткой до деформации 1%. В этой работе было показано, что при

процессе старения стали при температуре равной комнатной(20-25°C) в течении времени одного месяца увеличивается предел текучести и появляется площадка текучести на кривой деформирования. Так же в работе сделали вывод что снижение продолжительности старения при повышении температуры до 100 °С и этот процесс держится до нескольких часов, но при увеличении до 200 °С – до одной минуты [1].

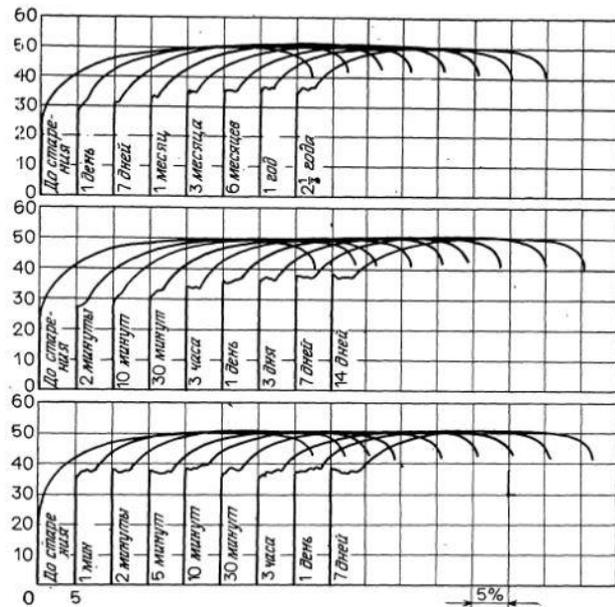


Рис. 1. Диаграмма деформирования малоуглеродистой стали, прокатанной до деформации 1 %, после старения в течение указанного времени при комнатной температуре [1]

Из данной работы делаем вывод, что на изменение механических свойств стальных конструкций, может в процессе долгосрочной эксплуатации, повлиять не только процесс естественного старения, но и процессы, связанные с взаимодействием различного вида нагрузок, водорода и других разных факторов.

Для проведения анализа изменений прочности и произвести разработку надежности разных строительных конструкций, часто требуется не только определить стандартные механические характеристики, но и нахождения величин, которые в наибольшей степени влияют на изменение состояние материала в течении его эксплуатации.

Рассмотрим, как изменяются механические характеристики, как характеристики прочности, пластичности, ударной вязкости и другие, в процессе длительной эксплуатации конструкционных материалов.

Разные исследователи высказывают различные мнения об изменении механических свойств конструкционных материалов в процессе длительной эксплуатации. Одни авторы (А.Я. Красовский, Л.А. Сосновский, А.Ф. Ильюшенко) по результатам исследований, считают использование металлов и их сплавов в процессе длительной эксплуатации приводит к увеличению их прочностных характеристик, но другие авторы такие как Г.А. Филиппова, Г.Н Никифорчина, Л.Р. Ботвиной не подтверждают этого факта.

Первым кто заговорил об старении металлов нефтепроводов профессор К.М. Ямалеев. В своей работе он показал, что с течением длительном времени использовании нефтепроводов, изменение механических свойств металла. Этот процесс получило название «старение металла труб». Старение выражается в том, что у металла практически не изменяется предел прочности, он становится более хрупким, уменьшается его запас пластичности и ударная вязкость, но на чуть повышается его предел текучести [15].

И.В. Горынин в своей работе по исследовании конструкционных материалов, которые использовались для изготовления основного оборудования и трубопроводов российских АЭС. В процессе исследования авторы работы отмечают, что не происходит деградация механических характеристик и сделали прогноз, что можно использовать эти материалов на 10-15 лет без снижения безопасности и надежности.

А.Ф. Ильюшенко [2] исследовал влияние отрицательных температур эксплуатации на свойства регенератора жидкого азота из нержавеющей стали 12Х18Н10Т и установил увеличение временного сопротивления, уменьшение предела текучести, относительного удлинения и ударной вязкости стали по сравнению с исходным состоянием.

Согласно результатам исследования [8] углеродистой стали 20 и легированной стали 15Х5М в трех различных состояниях (в исходном, после 10 лет эксплуатации и в состоянии после аварийного разрушения), предел текучести углеродистой стали несколько повышается, а пластичность резко снижается, в то время как пластичность легированной стали возрастает, а прочностные характеристики падают.

Значительное снижение ударной вязкости трубных сталей после длительной эксплуатации обнаружено и в других работах.

Так, авторы работы [4] смогли выявить деградацию малоуглеродистой трубной стали 17Г1С, используемой в качестве материала трубопровода, эксплуатировавшегося более 25 лет, только путем испытания ударных образцов с острым надрезом. Стандартные механические свойства стали оставались практически неизменными. Выявленную деградацию свойств стали они связывали с изменением структурного состояния вследствие повышения сопротивления микропластической деформации и увеличения локальных микронапряжений под нагрузкой.

Исследования трубной стали ВСтЗсп после эксплуатации на Крайнем Севере более 30 лет, позволило авторам [5] установить, что стандартные механические свойства стали, а также ударная вязкость при комнатной температуре после длительной эксплуатации не претерпевают заметных изменений, однако ударная вязкость при отрицательных температурах испытания значительно понижается, а температура вязко-хрупкого перехода повышается.

Представляют интерес данные, полученные Н.А. Махутовым [6] при оценке ударной вязкости трубных сталей 17ГС, 14ХГС, 19Г и 16Г2У в ходе эксплуатации. Результаты исследования показывают, что при эксплуатации изменение ударной вязкости независимо от марки стали происходит в два периода, характеризующихся примерно линейным характером изменения ударной вязкости: первый 10-15 лет, в течение которого изменение ударной

вязкости незначительно и второй - 15 - 30 лет, в течение которого изменение ударной вязкости происходит более интенсивно.

Таким образом, многие исследователи отмечают чувствительность ударной вязкости к изменению состояния сталей в процессе службы.

Необходимость оценки параметров сопротивления хрупкому разрушению материала магистральных нефтепроводов отмечается и в работе Л.Р. Гумеровой [7], в которой установлено, что при длительной эксплуатации (30 лет и более) прочностные свойства сталей 17ГС, 14ГН, 19Г увеличиваются на 6...8%, пластические свойства уменьшаются в среднем на 18...20 %, а ударная вязкость (KCV) уменьшается в 2 раза. Кроме этого, после 30 лет эксплуатации значительно (в 1,2... 1,3 раза) снижается трещиностойкость сталей и сопротивление коррозии на 6-8 %.

Л.А. Сосновский и соавторы [8] установили, что в результате длительной эксплуатации предел выносливости элементов труб участков нефтепровода "Дружба" в зоне основного металла снизился с 265,5 до 226 МПа (14,9 %), а в зоне сварного соединения - с 200 до 181 МПа (9,5 %) (рис. 1.4), причем снижение предела усталости сопровождалось увеличением разброса этой характеристики.

Снижение циклической вязкости разрушения K/c, уменьшение критической длины трещины по сравнению с исходным состоянием (состоянием поставки) обнаружила Т.П. Северинова [8] для низколегированных сталей 20Л и 20 ГФЛ, применяемых для производства надрессорных балок и боковых рам тележек грузовых вагонов, после их эксплуатации в течение 25 и 13 лет. При этом скорость роста усталостной макротрещины (на линейном участке диаграммы Пэриса) по сравнению с исходным состоянием практически не изменилась. Также автором было обнаружено увеличение предела текучести, снижение предела прочности и разности между пределом прочности и пределом текучести.

2- Новые методы исследования старения стали.

2.1 Метод измерения электросопротивления

Если сплав подвергается деформационному старению, связанному с образованием атмосфер примесных атомов вокруг дислокаций, то удельное сопротивление увеличивается с ростом концентрационной неоднородности в сплаве.

В случае, когда старение связано с распадом пересыщенного твердого раствора, следует иметь в виду возможность двух механизмов старения: первый, когда распад твердого раствора происходит в результате образования зародышей метастабильной или стабильной избыточной фазы и второй, когда распад протекает через стадию образования зон Гинье-Престона.

Исследование старения можно проводить как путем измерения сопротивления при непрерывном нагреве образца, закаленного из однофазной области, так и путем измерения сопротивления непосредственно при температуре старения. Наконец, часто измеряют электросопротивление при 20°C образцов, подвергнутых старению при разных температурах и затем быстро охлажденных.

На рис. 2 представлена схема, описывающая часть диаграммы состояния, включающей исследуемый сплав С (а), и ход кривой зависимости электросопротивления образцов, закаленных с различных температур после выдержки τ при каждой температуре (б).

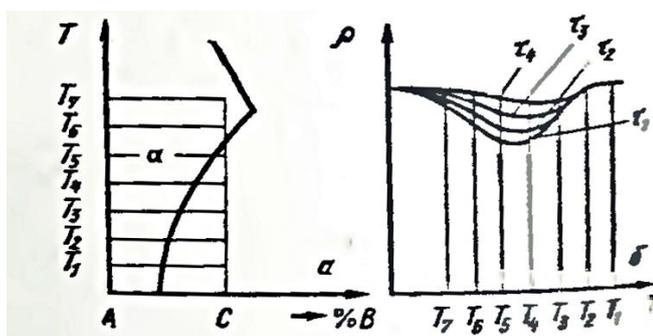


Рис. 2. Изменение электросопротивления в процессе старения

Уменьшение сопротивления соответствует выделению стабильной избыточной фазы β . Кривые обозначенные $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4$, соответствуют изменению электросопротивления при различных временах выдержки перед закалкой, причем $\tau_1 > \tau_2 > \tau_3 > \tau_4$.

Если распад пересыщенного твердого раствора происходит через стадию образования зон Гинье-Престона, то зависимости электросопротивления от температуры будет более сложной. Обычно при образовании зон Гинье-Престона электросопротивление снижается (стадия 1, рис. 3), а далее при повышении температуры вновь возрастает вследствие растворения зон (стадия 2, рис. 3), а затем наблюдается новое снижение за счет образованию избыточной фазы (стадия 3, рис. 3) и, наконец, снова возрастание уже в результате растворения этой фазы (стадия 4, рисунок 2.2) [2].

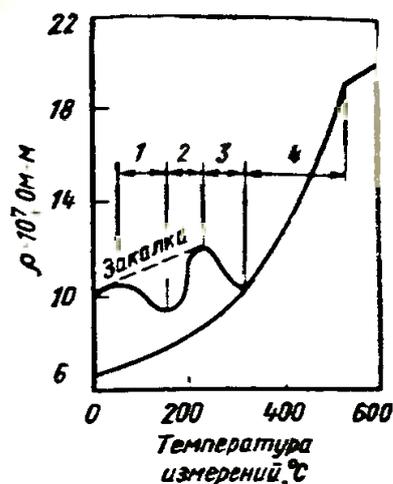


Рис. 3. Изменение электросопротивления при нагреве закаленного сплава Al-38Ag [2]

2.2 Метод электронной микроскопии

Одним из методов, применяемых для изучения деформационного старения, является электронная микроскопия (ЭМ). Она дает представления о дислокационной структуре металлов и ее эволюции на различных стадиях разрушения. Многочисленные ЭМ исследования поведения дислокаций в материалах, испытывающих различные механические воздействия,

позволили разработать общие приемы идентификации процессов, происходящих в материале, работающем под нагрузкой, через характеристические признаки дислокационной структуры. Так процессы старения металлов определяют по закреплению дислокаций примесями внедрения, азотом и углеродом (I стадия старения), кластерами этих примесей и предвыделениями второй фазы (II стадия), выделениями (III стадия).

ЭМ исследования состояния стали в конструкции, длительно работающей при воздействии механических сил, заключаются в выявлении: закрепления дислокаций и как следствие — ограничений их подвижности, которые рассматриваются как характеристические признаки деформационного старения: областей локальных деформаций, содержащих полосы скольжения, микропоры и микротрещины (характеристические признаки развития пластической деформации и начальной стадии разрушения).

ЭМ исследования проводят на просвечивающем электронном микроскопе с ускоряющим напряжением 100 кВ. Для просмотра в электронном микроскопе изготавливали диски из исследуемого металла диаметром 3 мм и толщиной 0,01 мм. Утонение дисков выполнялось наиболее распространенным и универсальным электролитическим способом путем анодного растворения. Держатели, применяемые для утонения образцов, сконструированы с таким расчетом. Чтобы края образца были защищены от растворения (метод "окна Боллмана"). Образец полируется до тех пор, пока в центре не появится отверстие и образуется ободок, который не только обеспечивает необходимую жесткость, но и служит хорошим теплопоглотителем. Прозрачная для электронов зона образца образует вокруг отверстия кольцо шириной до десятка микронов, а жесткий ободок не позволяет диску деформироваться в момент его монтажа в объектодержателе электронного микроскопа.

Таким образом, методы электронной микроскопии позволяют дополнить сведения, получаемые с помощью стандартных оптических методов, более подробно изучить характерные особенности тонкой структуры металла длительно эксплуатируемых объектов, необходимые для оценки “фазы” старения металла. Ценность ЭМ исследований заключается в возможности отслеживать механизмы пластической деформации на самой ранней стадии развития и выявлять элементы структуры, являющиеся источником предразрушения. Результаты исследований могут быть полезны в качестве одного из прогностических критериев при определении остаточного ресурса по структурному состоянию металла [4].

2.3 Метод внутреннего трения

Экспериментально установлено, что деформационное старение железа наблюдается только при наличии в твердом растворе атомов углерода и азота в определенной концентрации. Снижение содержания углерода и азота ниже $10^{-3}\%$ приводит к устранению этого явления. В ходе деформационного старения происходит уменьшение концентрации углерода и азота в твердом растворе в «свободном» состоянии, о чем можно судить по уменьшению высоты максимума внутреннего трения при 40° . Вместе с тем на ранних стадиях старения не удается обнаружить выделения. На основании этого было сделано заключение, что деформационное старение состоит в закреплении свежих дислокаций, образовавшихся в результате предварительной пластической деформации, атомами углерода и азота, содержащимися в твердом растворе. Для более глубокого исследования явления деформационного старения необходимо применение методов, позволяющих изучать взаимодействие дислокаций с атомами внедрения. В работе для исследования процесса деформационного старения применен метод изучения амплитудной зависимости внутреннего трения. Амплитудно-зависимое внутреннее трение описывается следующим уравнением:

$$\Delta_H = C_1 \frac{1}{\varepsilon_0} \exp\left(-\frac{C_2}{\varepsilon_0}\right) \quad (2.1)$$

где ε_0 — амплитуда деформации; C_1 и C_2 — константы для данного материала.

В соответствии с уравнением (2.1) зависимость $\ln(\Delta_H * \varepsilon_0)$ от $1/\varepsilon_0$ должна выражаться прямой, тангенс угла наклона которой равен C_2 . При исследовании амплитудной зависимости внутреннего трения железа, содержащего 0,042%С и 0,005%N₂, было установлено, что величина C_2 , характеризует степень закрепления дислокаций атомами внедрения.

Деформационное старение железа вызывается взаимодействием дислокаций с атомами углерода и азота. Измерение характеристик внутреннего трения главным образом характеристик его амплитудной зависимости, указывает на закрепление дислокаций атомами С и N₂, образующими по мере увеличения продолжительности старения «облака», сегрегации и, наконец, выделения. Это вытекает из анализа изменений в ходе старения высоты максимума внутреннего трения при 40°С, указывающего на концентрацию «свободных», т. е. не связанных с дислокациями, атомов С и N₂ критической амплитуды отрыва ($\varepsilon_{кр}$), характеризующей степень закрепления дислокаций этими примесями; величины C_2 , пропорциональной концентрации атомов углерод и азота на дислокациях и поэтому также характеризующей степень закрепления дислокаций. Концентрация N₂ и С в твердом растворе в α -Fe становится весьма малой при введении, например, титана или в результате отжига в водороде. Об этом свидетельствует исчезновение пика при 40°С на кривой температурной зависимости внутреннего трения.

В результате этого устраняется явление деформационного старения, не появляется площадка текучести, не растет значение предела текучести. С другой стороны, выдержка при 60°С в течение нескольких часов не вызывает изменений критической амплитуды отрыва и концентрации атомов С и N₂ на дислокациях [5].

Заключение

При изучении явления старения трубных сталей возникает целый ряд проблем экспериментального, методического и теоретического плана, каждая из которых требует специального подробного рассмотрения.

Одной из ключевых проблем является отсутствие значимых изменений стандартных механических свойств металла труб в состоянии после длительной эксплуатации. Как отмечается в, стандартные механические свойства металла практически не отличаются от нормативных значений не только в «старых» трубах длительно эксплуатирующихся магистральных газопроводов (МГ), но также и в металле, взятом вблизи очагов аварийных разрушений.

Указанная проблема столь существенна, что эмпирический подход, основанный лишь на анализе экспериментальных данных о механических свойствах труб (даже и в том случае, если использовать весьма значительный объем этих данных), не дает достаточных оснований для строгого доказательства наличия (или отсутствия) старения металла.

Новые подходы дают представления о дислокационной структуре металлов и ее эволюции на различных стадиях разрушения. Позволяет разработать общие приемы идентификации процессов, происходящих в материале, работающем под нагрузкой, через характеристические признаки дислокационной структуры.

Список используемой литературы

1. Поль Б. Макроскопические критерии пластического течения и хрупкого разрушения. // В кн. Разрушение под ред. Г. Либовица. М.: Мир, 1976, Т. 2, С. 336-520.

2. Ильюшенко А.Ф., Фомихина И.В., Лисовская Ю.О. Исследование влияния отрицательных температур на деградацию структуры и свойств регенератора жидкого азота // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2010, № 3, Т. 76, С. 52 - 55.

3. (9) Красовский А.Я., Лохман И.В, Орыняк И.В. Оценка остаточного ресурса магистрального трубопровода, поврежденного стресс-коррозией // Тезисы Международной научно-технической конференции «Остаточный ресурс и проблемы модернизации систем магистральных и промышленных трубопроводов», Киев, 2011, С. 1- 12.

4. (12) Филиппов Г. А., Ливанова О.В. Взаимодействие дефектов структуры и деградация свойств конструкционных материалов // Материаловедение, 2002, № 10, С. 17-22.

5. (13) Сыромятникова А.С., Трифонов Н.В., Гуляева Е.М. Деградация свойств металла труб при длительной эксплуатации в условиях низких климатических температур в составе магистральных газопроводов // Сб. тезисов VI Международной конференции «Фазовые превращения и прочность кристаллов», Черноголовка, 2010, 260 С.

6. (16) Махутов Н.А. Прочность и безопасность: фундаментальные и прикладные исследования. Новосибирск, 2008, 528 С.

7. (20) Гумерова Л.Р. Совершенствование методов снижения аварийности длительно эксплуатируемых нефтепроводов // Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук, г. Уфа, 2012.

8. (24) Сосновский Л.А., Махутов Н.А., Бордовский А.М., Воробьев В.В. Методы оценки деградации материалов и конструкций // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2003, № 11, Т. 69, С. 40-49.

9. (26) Северинова Т.П. Исследование трещиностойкости сталей литых деталей тележек грузовых вагонов после длительного периода эксплуатации // Вестник ВНИИЖТ, 1999, № 3, С. 35-40.

10. Берштейн М.Л., Рахштад А.Г. Металловедение и термическая обработка стали – М.: Металлургия, 1983. -352 с.

11. Жуковец И.И. Механические испытания металлов: Учеб. для сред. ПТУ. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш.шк., 1986. - 199 с.

12. Кузьбожев А.С., Агиней Р.В., Смирнов О.В. Применение электронной микроскопии в исследованиях деформационного старения материала трубопроводов//Заводская лаборатория. Диагностика материала. – 2007. - №10. – т. 73. – с. 37-41.

13. Саррак В.И., Суворова С.О., Энтин Р.И. Исследование деформационного старения железа методом внутреннего трения//Металлургия и горное дело. – 1964. - №4. – с.127-130.

14. Ямалеев К. М. Старение металла труб в процессе эксплуатации нефтепроводов. – М. : ВНИИЭЭНГ, 1990. – 64 с.

15. Гуляев А.П. Металловедение. М.: Металлургия, 1978. 647 с.

16. Скаков Ю.А. Старение металлических сплавов // Металловедение (материалы симпозиума). М.: Металлургия, 1971. с. 118–132.

Рецензия

на реферат по истории и философии науки аспиранта кафедры
«Материаловедение и технология сварки»

Гасилина С.Г.

на тему «Новые подходы к изучению процессов старения в металловедении»

Реферат представляет собой достаточно полное исследование на актуальную тему «Новые подходы к изучению процессов старения в металловедении». В работе рассмотрены вопросы исследования процессов старения различных металлических конструкций.

Также автором работы проведен анализ новых подходов к изучению процессов старения в металловедении. Реферат состоит из двух частей, каждая из которых раскрывает определенный аспект в истории исследования данного вопроса. Автор аргументировал выбор темы, раскрыл структуру реферата. При подготовке реферата автор использовал достаточно большой объем изданий, посвященных этой теме.

Оформление, структура, содержание и объем реферата соответствуют общепринятым нормам и стандартам. Работа имеет теоретическую и практическую значимость, затронутая тема автору близка так, как связана с его научной работой.

С учетом всех достоинств и недостатков работы считаю, что она достойна высокой оценки.

Научный руководитель,

д.т.н, профессор кафедры МиТС



Чуларис А.А.

РЕЦЕНЗИЯ

на реферат для сдачи кандидатского экзамена по истории и философии науки Гасилина С.Г. «Новые подходы к изучению процессов старения в металловедении»

Реферат выполнен в соответствии с утвержденной кафедрой темой научно-квалификационной работы соискателя. Структура реферата соответствует требованиям, содержит введение, 2 главы, заключение и список литературы из 16 источников.

Во введении четко сформулированы актуальность и цель исследования. Главы реферата соответствуют плану, содержат логичные выводы. Работа показывает хорошее знание автором фактического материала, понимание специфики современного состояния исследований по теме, умение самостоятельно анализировать научную литературу, проводить историко-научный и понятийный анализ проблемы с применением классических и современных методов исследования.

К замечаниям следует отнести отсутствие во введении задач исследования.

Реферат выполнен в соответствии с предъявляемыми требованиями и может быть оценен положительно.

Профессор кафедры философии АГУ,
доктор философских наук, профессор



Л.В. Баева