

УДК 620.194

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОРРОЗИОННО-МЕХАНИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ СТАЛЕЙ

Б.Р.Арапов
ЮКГУ им. М.Ауезова, г.Шымкент

Выполнение инженерных расчетов на прочность высоконагруженных элементов конструкций атомных и тепловых энергетических установок, машин и аппаратов химических и нефтехимических производств, осуществляются при наличии и на основе следующих научно обоснованных и достоверных данных:

- сведения о закономерностях эксплуатационной нагруженности оборудования, температурных интервалах работы, свойствах окружающей среды, гарантированных физико-механических свойствах материала конструкций;
- сведения о напряженно-деформированном состоянии несущих элементов конструкций в местах конструктивных концентраторов напряжений;
- нормированные расчетные модели, позволяющие на основе использования необходимых сведений, приведенных в вышеотмеченных двух пунктах, определять эксплуатационный срок службы проектируемых, а также остаточный ресурс работы существующих конструкций.

Отсюда видно, что для расчета прочности и надлежащего определения плановых эксплуатационных сроков службы оборудования, кроме прочего, важно иметь гарантированные характеристики механических свойств материалов. Гарантированными характеристиками механических свойств являются показатели остаточной прочности и пластичности материала, из которого изготовлено оборудование, к концу планового эксплуатационного срока службы конструкций. Необходимость такого жесткого подхода к инженерному расчету высоконагружен-

ных элементов конструкций вызвано тем, что к надежности и безопасности энергетических установок, химических и нефтехимических аппаратов и машин предъявляются повышенные требования, поскольку последствия аварий такого оборудования весьма опасны для здоровья людей и состояния окружающей среды. Исследованиями ученых развитых стран, как Россия, Украина, США, Япония, Финляндия, Франция, Германия и др., установлено, что начальное значение механических свойств конструкционных материалов в ходе эксплуатации конструкций, вследствие воздействия температуры, коррозионной среды, радиации и других факторов, а также механических деформаций существенно снижаются. Однако в настоящее время инженерные расчеты выполняются с использованием стандартных начальных характеристик механических свойств материалов без надлежащего учета вышеотмеченных снижений прочности и пластичности. Ошибка в расчетах, которая допускается при этом, компенсируется коэффициентом запаса прочности. Очевидно, при этом нет полной уверенности в том, что мы обеспечили надежность работы конструкций на весь срок её плановой службы. Поэтому принимаются чрезмерно большие значения коэффициентов запаса прочности, что приводит к лишнему расходу материалов. Подобные недостатки, имеющиеся в расчетной практике, в настоящее время связаны с тем, что еще недостаточно изучено поведение материалов при длительной эксплуатации, а также с трудоемкостью и сложностью получения экспериментальных данных.

Устранение указанного недостатка станет возможным, если мы имеем гарантированные значения характеристик прочности и пластичности материалов, определяемых экспериментальными методами. При этом условия проведения таких экспериментов должны совпадать с условиями эксплуатации оборудования или они должны определяться испытаниями материала конструкций после завершения планового срока службы и вывода их из эксплуатации. Однако последний вариант не может быть применен для оценки свойств материалов вновь создаваемых машин и оборудования. Поэтому определение гарантированных значений механических характеристик материалов может быть осуществлено только экспериментальными исследованиями, проводимыми в условиях, соответствующих эксплуатационным условиям.

Использование гарантированных характеристик материалов в расчетной практике позволит конструкторам проводить уточненные инженерные расчеты. Это приведет к снижению коэффициентов запаса и повышению точности расчетов при оценке срока службы конструкций.

В нормативную расчетную модель при малоцикловой усталости [1,2], используемую в настоящее время в качестве инженерного метода, входят, наряду с характеристиками прочности σ_s , σ_T , и характеристики пластичности ψ , причем незначительное изменение пластичности материала существенно изменяет результаты, получаемые по данной расчетной модели.

Поэтому задачей наших исследований было изучение влияния некоторых эксплуатационных факторов на механические свойства сталей, широко применяемых в энергетическом машиностроении и химическом аппаратостроении. Наиболее существенное влияние на механические свойства материалов оказывает коррозионная среда. От контакта с коррозионной средой не застрахован ни один элемент из всех существующих на практике металлических конструкций.

В связи с вышесказанным, изучение влияния коррозионной среды на характеристики пластичности сталей и установление закономерностей этого влияния является наиболее перспективным направлением оценки коррозионного разрушения материалов. Результаты исследований авторов [3-5] показали, что механическое деформирование материалов значительно ускоряет процессы коррозионно-механического разрушения.

С целью определения влияния коррозионной среды на механические свойства материалов нами проведены экспериментальные исследования образцов сталей различных классов: углеродистых, низколегированных и нержавеющей. В качестве коррозионной среды выбрана дистиллированная вода высоких параметров, т. е. температурой 300°C и давлением 10МПа, что соответствует условиям эксплуатации большинства энергетических установок и химических аппаратов.

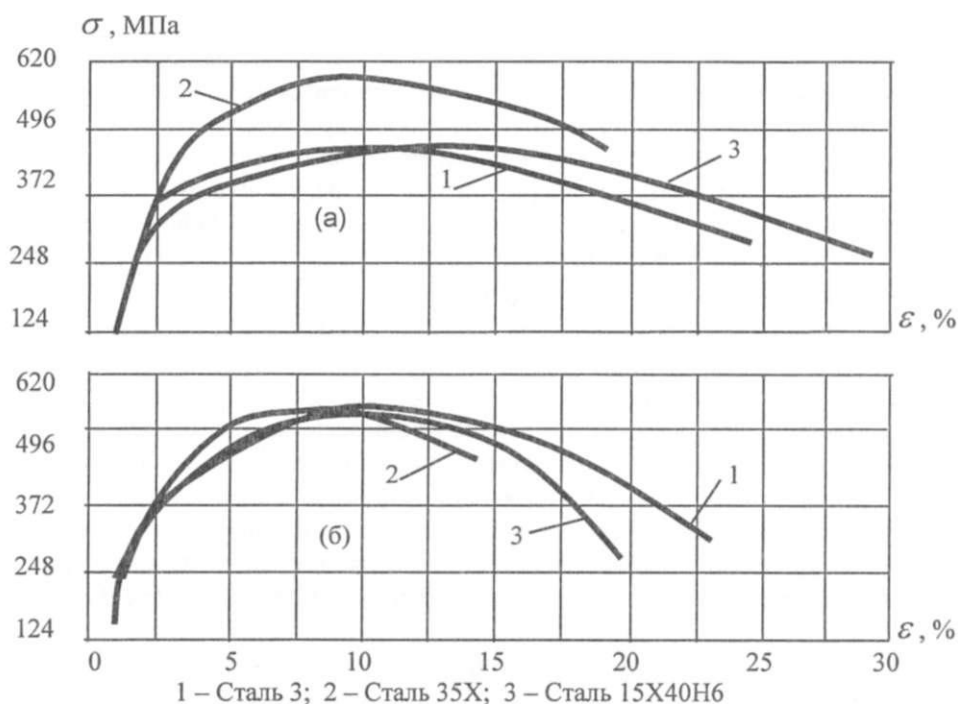


Рисунок 1-Диаграммы растяжения образцов сталей при температуре 300°С и скорости деформирования $\dot{\epsilon} = 1 \cdot 10^{-6} \text{сек}^{-1}$

Таблица 1 – Характеристики материалов, полученные испытаниями образцов при скорости деформирования образца $\dot{\epsilon} = 1 \cdot 10^{-6} \text{сек}^{-1}$

Характеристика стали	$\dot{\epsilon}$, сек ⁻¹	σ_{σ} , МПа	σ_T , МПа	ψ , %	δ_3 , %	Температура среды, °С	Избыточное давление среды, МПа
Сталь Ст.3	10 ⁻⁶	481,3	250,7	62,0	24,6	300	Воздух, 0
	10 ⁻⁶	518,4	366,7	40,0	23,3	300	Вода, 10
Сталь 35X	10 ⁻⁶	616,4	385,3	35,0	18,0	300	Воздух, 0
	10 ⁻⁶	523,0	346,0	29,0	14,0	300	Вода, 10
Сталь 15X40Н6	10 ⁻⁶	483,5	198,4	62,0	28,0	300	Воздух, 0
	10 ⁻⁶	535,5	258,1	62,0	18,0	300	Вода, 10

Испытанию подвергались образцы, изготовленные из углеродистой стали – Сталь 3, низколегированной стали – 35X и высоколегированной нержавеющей стали 15X40Н6. При испытании на статическое растяжение образец длиной рабочей части $l_0=20\text{мм}$ деформировался со скоростью $\dot{\epsilon} = 10^{-6} \text{сек}^{-1}$. Указанная скорость деформирования была выбрана в связи с тем, что при этой скорости некоторые стали в высокотемпературной воде показали самую низкую пластичность [3-5]. В ходе испытаний автоматически записывались диаграммы статического растяжения образцов на самопишущем потенциометре ПДП-002, которые представлены на рисунке 1, здесь (а) – данные на воздухе и (б) – данные в дистиллированной воде. По результатам испытаний определялись основные характеристики прочности и пластичности сталей, которые представлены в таблице 1.

Как видно из полученных данных, углеродистая сталь без легирующих добавок Ст.3 сильно подвержена разрушающему воздействию коррозионной среды по сравнению с низколегированной сталью 35X. Однако дистиллированная вода снижает характеристики пластичности

обеих сталей по сравнению с аналогичными данными, полученными на воздухе. У нержавеющей стали 15Х40Н6 снижается коэффициент относительного удлинения, а коэффициент поперечного сужения остается без изменения. А у углеродистой стали Ст.3, наоборот, почти без изменения остается коэффициент относительного удлинения, в то же время сильно снижается коэффициент поперечного сужения. Примерно в одинаковой степени снижаются оба показателя пластичности стали 35Х.

Такой результат эксперимента показывает, что степень снижения показателей пластичности у различных классов сталей различны, и они зависят от механизма охрупчивания. В процессе испытания образца Ст.3 в дистиллированной воде при температуре 300°С происходит локальное поверхностное разрушение металла по механизму анодного растворения, поскольку эта сталь коррозионно-нестойкая, и её поверхность не пассивируется в коррозионной среде. В случае же стали 15Х40Н6 снижение пластичности происходит по механизму водородного охрупчивания, которое, по-видимому, приводит к снижению коэффициента относительного удлинения образца, поскольку при этом охрупчиванию подвергаются поверхностные слои материала незначительной глубины. Снижение пластичности стали 35Х, происходит за счет одновременного протекания как локального анодного растворения поверхности металла, так и водородного охрупчивания значительного объема материала. Поэтому у этой стали происходило снижение обоих показателей пластичности.

Показатели прочности исследованных сталей в дистиллированной воде также меняются. Если у углеродистой и нержавеющей сталей показатели прочности в дистиллированной воде повышаются, то у стали 35Х, наоборот, они снижаются. Повышение показателей прочности в коррозионной среде связано с процессами охрупчивания сталей. Снижение же прочности стали 35Х в высокотемпературной дистиллированной воде показывает, что высокопрочная низколегированная сталь под действием температуры и коррозионного разрушения теряет свою первоначальную прочность. Поэтому при расчете и проектировании конструкции из этой стали следует надлежащим образом учесть возможное снижение показателей не только пластичности, но и прочности.

Литература

- 1 Нормы расчета на прочность элементов реакторов, парогенераторов, сосудов и трубопроводов атомных электростанций, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок. – М.: Metallurgia, 1973.-408 с.
- 2 Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Правила и нормы в атомной энергетике. – М.: Энергоатомиздат, 1989.-524 с.
- 3 Арапов Б.Р. Взаимосвязь между статической коррозионной пластичностью и циклической прочностью корпусных сталей в воде высоких параметров. (Сообщение 1) // Поиск. Серия «Естественные науки».- 1996.-№ 6.-С.161-166.
- 4 Печерский В.Н., Каюмов К.Г. Коррозионно-механические повреждения при статических и циклических нагрузках //Поиск. Серия «Естественные науки».- 1995.-№ 2.-С.25-28.
- 5 Альмуханов М.А., Арапов Б.Р. Прогнозирование малоцикловых коррозионно-усталостных повреждений материалов по результатам ускоренных испытаний //Поиск. Серия «Естественные науки».-1995.-№ 2.-С.28-31.

Қорытынды

Мақалада температурасы 300°С ауа мен дистиллятталған судың ортасында әртүрлі кластағы болаттардың үлгісін өсі бойымен $\dot{\epsilon} = 10^{-6} \text{сек}^{-1}$ деформациялау жылдамдығымен статикалық созуға сынау қорытындысы келтірілген. Осындай температурадағы су болаттардың мортануына соқтыратыны анықталған. Егер ст.3 болаты үшін көлденең киманың жіңішкеру коэффициенті күрт төмендейтін болса, керісінше 15Х40Н6 болатының салыстырмалы ұзару коэффициентінің төмендейтіні көрсетілген, ал осы екі болаттың жоғарғы температурадағы суда морттану салдарынан беріктік көрсеткіштерінің шамалы жоғарылайтыны анықталған. Беріктігі жоғары әзірленген 35Х болатының жоғарғы температурадағы судың әсерінен морттануымен қатар беріктігінің де төмендейтіні көрсетілген.

Summary

There are examined time processes of Ст.3, 35X, 15X40H6 carbon, less alloyed and uncorrosion steel in the corrosion surrounding which are used for making machines of mauntaun industry and energetic construction and in chemical, oil chemical, food industry and in building. During the experimental resaching there is determined the complete description of mechanical properties of steel during the deformation with the slowest speed in atmosphere and in water with high temperature. These laboratory tests are conducted in such condition where energetic constructions works can but completely repeated, that's why each taken researching result is important for the calculating practice to substantiality. Because of amorphousness in the corrosion surrounding the reducing of plastic properties of carbon and less alloyed steel is showed by testing results of static lengthening between speeds $\dot{\epsilon} = 10^{-1} \text{cek}^{-1}$.