

РЕЗЕРВЫ КОНСТРУКЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ МАЛОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУР

Гладковский С.В.¹, Бородин Е.М.¹, Слепцов О.И.²,
Голиков Н.И.², Каманцев И.С.¹

¹Институт машиноведения УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия,

²Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, Якутск, Россия
gsv@imach.uran.ru

Известно, что широко используемые в сварных конструкциях малоуглеродистые низколегированные стали при пониженных температурах проявляют склонность к хрупкому разрушению и обладают выраженным порогом хладноломкости. Поэтому для обеспечения надежности и безопасности сварных металлоконструкций, эксплуатирующихся в условиях Крайнего Севера, необходимо определять температурные зависимости комплекса механических характеристик различных зон металла сварных соединений. Для оценки склонности сталей для сварных конструкций к хрупкому разрушению традиционно используются испытания на ударную вязкость. Однако данные испытания являются недостаточно информативными по сравнению с испытаниями по программам механики разрушения, так как они не позволяют прогнозировать конструкционную прочность материалов при низких температурах с учетом возможности образования в сварных конструкциях дефектов в виде усталостных трещин.

В связи с этим в настоящей работе для ряда малоуглеродистых сталей (СтЗсп, 09Г2С, 12Г2С, 17Г1С, 15ХСНД, 10ХНДП, 12ГН2МФ) были изучены как стандартные механические свойства ($\sigma_{0.2}$, σ_B , δ , ψ , КСВ), так и характеристики трещиностойкости в условиях статического, динамического и циклического нагружения. Образцы вырезались из основного металла, зоны термического влияния (ЗТВ) и непосредственно из зоны сварного шва. Испытания на растяжение и статическую трещиностойкость проводились на машине Instron-8801, а ударные испытания – на инструментированном маятниковом копре Tinius Olsen IT542M. Для определения циклической трещиностойкости использовался резонансный пульсатор Mikrotron (RUMUL).

На примере образцов основного металла магистральных газопроводов показано, что при отсутствии коррозионно-механических повреждений и значительных перепадов давления в условиях длительной смены климатических температур (сталь 17Г1С), а также после 15-летней выдержки под давлением 150 атм. при комнатной температуре (сталь 09Г2С) изученные стали сохраняют исходный тип микроструктуры, механические свойства и характеризуется высокоэнергоемким вязким ямочным механизмом разрушения.

Сравнительные испытания сталей на статическую трещиностойкость в интервале температур 20...-196°С показали, что стали 10ХНДП, 12ГН2МФ по сравнению со сталью 17Г1С обладают более высокими значениями параметров статической трещиностойкости при температурах ниже -20 °С.

Использование методики инструментированных ударных испытаний наряду с определением ударной вязкости (КСВ) позволило разделить общую работу разрушения на ее составляющие – работу зарождения и распространения трещины, а также оценить значения параметров динамической трещиностойкости (J_{1d} и K_{1d}). Сопоставление диаграмм ударного нагружения изученных малоуглеродистых сталей с результатами фрактографического анализа различных участков поверхности разрушения позволило проследить стабильность процесса разрушения в условиях динамического нагружения. Проведенные испытания показали, что значения ударной вязкости стали 12Г2С при 20 и -40°С могут почти в 3 раза снижаться при переходе от основного металла к металлу сварного шва. Однако согласно данным, полученным на близкой по составу стали 09Г2С, за счет использо-

вания улучшенной технологии сварки различие в значения KCV основного металла и сварного шва становится менее значительным и составляет примерно 1,4 раза.

Циклические испытания стали 12Г2С позволили выявить существенное различие в скорости роста усталостной трещины и в строении изломов в зоне ее стабильного роста для основного металла, ЗТВ и сварного шва.

Анализ полученных результатов показал, что резерв конструкционной прочности изученных сталей для сварных конструкций, эксплуатирующихся в условиях низких климатических температур, может быть в полной мере реализован путем оптимального легирования сталей, диспергирования структуры за счет применения методов деформационно-термической обработки и адаптивных импульсных технологических процессов сварки, а также использования дополнительной низкочастотной поверхностной ударной обработки сварных соединений.

Работа выполнена при частичной поддержке Программы Президиума РАН № 25 и в рамках интеграционного проекта № 12-С-1-1030 ИМАШ УрО РАН и ИФТПС СО РАН

СТАТИЧЕСКАЯ И ДИНАМИЧЕСКАЯ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ МЕТЕОРИТНОГО СПЛАВА Fe-17%Ni

Гроховский В.И.¹, Гладковский С.В.^{1,2}

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия,*

*²Институт машиноведения УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
grokh47@mail.ru*

Известно, что характер разрушения при соударении тел в космическом пространстве, метеорных тел в земной атмосфере или при ударе о поверхность Земли определяется, прежде всего, его прочностными характеристиками [1]. Однако к настоящему времени в научной литературе данные о механических свойствах железных метеоритов, в особенности, в условиях ударного нагружения весьма ограничены [2,3], а изучение характеристик статической и динамической трещиностойкости метеоритного вещества с позиций механики разрушения практически не проводились.

В связи с этим в настоящей работе на образцах, вырезанных из фрагмента метеорита Чинге (Fe-17%Ni), наряду со стандартными механическими свойствами при испытаниях на растяжение и ударный изгиб впервые определялись характеристики статической и динамической трещиностойкости. Создание на образцах концентратора напряжений в виде усталостной трещины осуществлялось на пульсаторе Mikrotron, испытания на растяжение и статическую трещиностойкость проводились на машине Instron-8801, а ударные испытания – на инструментированном маятниковом копре Tinius Olsen IT542M.

Установлено, что материал атаксита Чинге при комнатной температуре характеризуется повышенным комплексом прочностных и пластических свойств ($\sigma_{0,2} = 827$ МПа, $\sigma_B = 855$ МПа, $\delta = 11\%$, $\psi = 40\%$) при высоком сопротивлении хрупкому разрушению в условиях статического ($K_{c0} = 81,1$ МПа \cdot м^{1/2}) и динамического нагружения ($K_{c,d} = 124,0$ МПа \cdot м^{1/2}). Полученные значения соответствуют уровню механических характеристик малоуглеродистых низколегированных сталей. Проведение ударных испытаний в интервале $T = 20...-196^\circ\text{C}$ позволило выявить эффект резкого падения значений ударной вязкости материала метеорита в области температур $-20...-40^\circ\text{C}$. Установлено, что понижение температуры испытаний вызывает снижение значений ударной вязкости KCV в 3,15 раза, в то время