

Академик АН УССР Г. В. КАРПЕНКО, И. В. КОКОТАЙЛО,  
Х. Б. КАЛИНИЧЕНКО, А. Б. КУСЛИЦКИЙ,  
К. Б. КАЦОВ, И. Е. ЗАМОСТЯНИК

## О ВЛИЯНИИ КОРРОЗИОННОЙ СРЕДЫ НА МАЛОЦИКЛОВУЮ УСТАЛОСТЬ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ ПРОЧНОСТИ

Известно <sup>(1)</sup> огромное влияние, которое оказывает среда на циклическую прочность стали, однако аналогичных данных при малоцикловой усталости пока еще недостаточно. Основной целью коррозионных малоцикловых испытаний является определение влияния среды в условиях нагружения материала за пределом текучести <sup>(2)</sup>.

Целью данной работы было определение, в какой степени коррозионная среда оказывает влияние на долговечность сталей различного уровня прочности в условиях циклического упруго-пластического деформирования.

Испытаниям подвергали три высокопрочные хромникельмолибденовые малоуглеродистые стали с пределами текучести  $\sigma_{0,2}$ , равными 60, 90 и 125 кг/мм<sup>2</sup>, в дальнейшем условно именуемые сталь А, Б и В соответственно. Испытания на малоцикловую усталость проводили на гладких образцах толщиной 2,5 мм пульсирующим изгибом с частотой 50 цикл/мин на машине ИП-2 <sup>(3)</sup>. В качестве коррозионной среды применяли 3% раствор NaCl. Измерение электродных потенциалов в процессе малоцикловой коррозионной усталости проводили с помощью микрокапилляров <sup>(4)</sup>.

По результатам испытаний строили кривые зависимости долговечности от величины относительной деформации. Степень воздействия коррозионной среды оценивали с помощью коэффициента  $\beta_{кс}$  ( $\beta_{кс} = \frac{N_{возд} - N_{кс}}{N_{возд}} 100\%$ ),

вычисленного по показателям долговечности при постоянном значении величины относительной деформации. Такой метод расчета коэффициента  $\beta_{кс}$  удобен для оценки влияния среды на долговечность при малоцикловой усталости какой-либо одной стали. Однако для сравнительной оценки степени воздействия среды на различные стали он не вполне удобен, так как в данном случае не учитывается фактор времени (при одинаковом уровне деформации сталь большей прочности обладает большей долговечностью).

Поэтому, пользуясь той же формулой, мы рассчитали значения коэффициента  $\beta_{кс}$ , задаваясь равной долговечностью образцов в воздухе всех исследуемых сталей. Для удобства построения графика выбранные долговечности составляли 3, 6, 12, 24 и 48 тыс. циклов. Таким образом, принямая одинаковую долговечность в воздухе, определяли по кривой усталости для каждой стали соответствующий уровень деформации, по которому и находили долговечность образцов в коррозионной среде.

Анализируя рис. 1, где представлена зависимость коэффициента  $\beta_{кс}$  от малоцикловой долговечности в воздухе и прочности стали, можно заметить, что вредное влияние среды усиливается по мере увеличения времени контакта металла со средой, а также с ростом прочности стали. Так, если малоцикловая долговечность исследуемых сталей в воздухе составляла 3 тыс. циклов, то коррозионная выносливость наименее прочной стали А уменьшалась на 15%, а у наиболее прочной стали В это снижение составило уже 23%. Увеличение времени контакта металла со средой приводит

к еще большему снижению коррозионной выносливости стали, причем степень этого снижения существенно зависит от прочности стали, например для стали низкой прочности вредное влияние коррозионной среды возрастает от 15 до 37%, а у более прочной стали — от 23 до 46%. Измерения электродных потенциалов исследуемых сталей в данной коррозионной среде выявили интересную закономерность (см. рис. 2). Наиболее отрицательным стационарным потенциалом обладала сталь низкой прочности А, напротив, сталь максимальной прочности В имела самый благородный потенциал — это объясняется некоторыми различиями химического состава исследуемых сталей.

Циклическое упруго-пластическое деформирование резко изменяет величину электродных потенциалов исследуемых сталей, причем эта тенденция обнаруживается буквально после первого цикла нагружения. У стали низкого уровня прочности малоцикловая усталость монотонно, но незначительно (на 5%) разблагораживает величину электродных потенциалов, и после двадцати циклов нагружения величина потенциала стабилизируется (см. рис. 2, А). Намного сильнее изменяется при малоцикловой усталости величина электродного потенциала у стали высокой прочности В — в течение первых пятидесяти циклов наблюдается резкий скачок (на 25%) потенциала в более отрицательную область, после чего снижение (разблагораживание) потенциала продолжается, но со значительно меньшей интенсивностью (рис. 2, В). Промежуточное положение между указанными двумя сталями занимает сталь средней прочности Б (рис. 2, Б).

На последней стадии циклического деформирования образцов наблюдается повторный резкий скачок электродных потенциалов всех исследуемых сталей в более отрицательную область, который объясняется, вероятно, развитием магистральной коррозионно-усталостной трещины.

Заслуживает внимания, на наш взгляд, определенная зависимость между значительным снижением при малоцикловой усталости величины

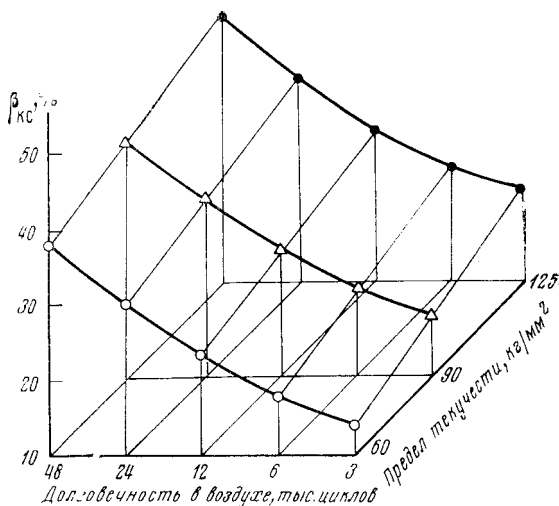


Рис. 1. Зависимость влияния коррозионной среды на малоцикловую долговечность исследуемых сталей от уровня прочности металла и малоцикловой долговечности в воздухе

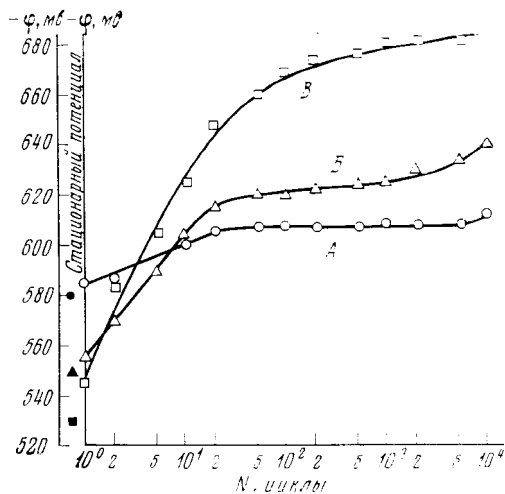


Рис. 2. Изменение величины электродного потенциала исследуемых сталей в процессе малоцикловой коррозионной усталости при напряжениях порядка предела текучести

электродного потенциала стали высокой прочности (см. рис. 2) и ее более существенным — в сравнении с двумя другими сталями — уменьшением долговечности в коррозионной среде (см. рис. 1).

Таким образом, постоянные исследования позволяют сделать вывод, что повышение прочности металла увеличивает его термодинамическую неустойчивость, особенно при циклическом нагружении, что усиливает электрохимическую гетерогенность стали и соответственно активность процесса коррозии под напряжением, особенно с увеличением времени контакта стали с коррозионной средой.

Физико-механический институт  
Академии наук УССР  
Львов

Поступило  
29 IV 1974

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Г. В. Карпенко, Прочность стали в коррозионной среде, М., Киев, 1963. <sup>2</sup> Г. В. Карпенко, Про фізико-хімічну механіку металів, Київ, 1973. <sup>3</sup> В. И. Ткачев, Ю. П. Бабей, Физ.-хим. мех. матер., № 2 (1966). <sup>4</sup> Г. В. Карпенко и др., там же, № 3 (1966).