

УДК 620.17

Характеристики прочности и пластичности аустенитных сталей при различных видах термомеханического нагружения

Кунавин Сергей Алексеевич^(*)

kun-serg@mail.ru

АО «НПО «ЦНИИТМАШ», Москва, Россия

Аннотация. Исследованы характеристики статической и циклической прочности коррозионностойкой жаропрочных сталей типа ЭП823 и ЭП302 при низких и высоких температурах. Установлено, что при повышенных температурах происходит существенное снижение прочностных характеристик и соответственное повышение пластических свойств. В области низких температур: возрастают прочностные характеристики, а пластические незначительно изменяются. При температуре жидкого гелия на упругопластической стадии реализуется скачкообразный процесс развития пластической деформации.

Ключевые слова: механические испытания, прочностные и пластические характеристики, повышенные и низкие температуры, скачкообразная деформация, малоцикловая усталость

Введение. Аустенитные жаропрочные стали нашли широкое применение при изготовлении трубопроводов и отдельных вариантов оборудования энергетического машиностроения, ядерных и термоядерных реакторов [1, 2]. Для обеспечения надежной работы оборудования, изготовленных из этих сталей, необходимо иметь достоверные данные по их механическим характеристикам в широком диапазоне изменения термомеханического нагружения.

Материалы и методы; результаты. Экспериментальные исследования проводили при статическом и циклическом нагружении на цилиндрических образцах, вырезанных из различных типов полуфабрикатов: прутков диаметром 205 и 75 мм и горячекатаного листа при температурах испытания $T = (4,2-7), (173-823)$ К.

Для стали ЭП823 повышение температуры от комнатной до 823 К приводит к снижению характеристик прочности: значения временного сопротивления (σ_B) понижается на 45–50 %, а условного предела текучести ($\sigma_{0,2}$) — на 49–54 %, при этом отношение $\sigma_{0,2}/\sigma_B$ изменяется незначительно и всегда остается выше 0,7, т.е. данная сталь относится к классу циклически разупрочняющихся. Характеристики пластичности изменяются следующим образом: при $T = 823$ К относительное удлинение (δ_5) возрастает на 54 %, относительное сужение (ψ) — на 35 %. При $T = 573$ К происходит их снижение: δ_5 — на 10 %, а ψ — на 5 %. Понижение температуры от комнатной до $T = 173$ К приводит к повышению характеристик прочности: σ_B — на 12 %, $\sigma_{0,2}$ — на 8 %. С повышением температуры плавно увеличивается вязкая составляющая в изломе (от преимущественно макрорхрупкого по механизму макроотрыва к смешанному макрорхрупкому — отрыв+сдвиг).

Для стали ЭП302 в области низких температур $T = (4,2-7)$ К можно выделить следующие эффекты: а) существенно возрастают значения характеристик прочности ($\sigma_{0,2}$ — примерно в три раза, σ_B — примерно в два раза); б) снижаются значения характеристик пластичности ($\delta_5 \sim$ в 2,5–3 раза, $\psi \sim$ в 1,5–1,7 раз), в) на упругопластической стадии реализуется только область равномерной деформации и скачкообразный характер пластической деформации, сопровождающийся относительно интенсивным образованием мартенсита в данной стали.

При циклических испытаниях в области малоциклового усталости (МЦУ) в условиях жесткого нагружения с уменьшением размаха деформации возрастает число циклов до разрушения N_p . Повышение температуры испытания в интервале $T = (293-823)$ К приводит к эквидистантному смещению кривой усталости в сторону меньших значений N_p . Во всех изломах образцов реализуется усталостный характер разрушения.

Заключение. Для исследованных сталей соблюдается четкая тенденция снижения характеристик прочности с повышением температуры. Максимальные значения получены при $T = (4,2-7)$, при этом реализуется только стадия равномерного удлинения и скачкообразный характер пластической деформации, сопровождающийся относительно интенсивным образованием мартенсита в стали ЭП302. У характеристик пластичности-неоднозначный характер изменения: наибольшее значение наблюдается при $T = 823$ К, минимальное при $T = 527$ К.

Список источников

- [1] Пустовалов В.В. Скачкообразная деформация металлов и сплавов при низких температурах. *Физика низких температур*, 2009, т. 34, № 9, с. 871–913.
- [2] Коломийцев Е.В. Коррозионно-усталостная прочность тавровых соединений стали 12X18H10T и методы ее повышения. *Автоматическая сварка*, 2012, № 12, с. 41–43.