

# Анизотропия механических свойств котельной стали 15НМ при простом нагружении

Роберт Устинович, Кафедра Прикладной Механики  
Белостокский Политехнический Институт, Польша

Одним из главных допущений, которые используются в проектировании стальных конструкций с применением традиционных зависимостей сопротивления материалов, теории упругости и пластичности является предположение об изотропии конструкционного материала. Эта предпосылка допустима в классических расчетах типовых конструкций. В некоторых случаях то есть когда происходят реологические явления а конструкция может быть в пластическом, сложном напряженном состоянии, тогда надо принять во внимание деформационную анизотропию материала.

Были проведены эксперименты [1] главной целью, которых была идентификация возникшей анизотропии материала и анализ ее эволюции при нагружении образцов по специальным программам со простым, монотонным законом изменения нагрузки (постоянные скорости интенсивности напряжения). Опыты проводились на специальной установке предназначенной для испытаний тонкостенных трубчатых образцов в условиях комбинированного нагружения осевого, растягивающей силой, крутящим моментом и внутренним давлением. Эксперименты выполнялись на образцах из квазиизотропной, котельной стали 15НМ при температуре 550°C. Получаемые деформации измерялись при помощи индуктивных датчиков, которые разрешали одновременно и независимо измерять три составляющие тензора деформации, осевое удлинение  $\epsilon_{11}(t)$ , угол закручивания  $2\epsilon_{12}(t)$  и изменение диаметра рабочей части образца  $\epsilon_{22}(t)$ .

До описания соотношения между напряжениями и деформациями, учитывающими анизотропические явления стали применено модифицированную, непотенциальную теорию анизотропной ползучести [1,2] в виде следующих уравнений:

$$\underline{d}(\underline{\sigma}', t) = \underline{G}(\underline{\sigma}_e, t) \Delta^{(4)}(t) \underline{\sigma}'(t),$$

$$\underline{\sigma}' = \underline{\sigma} \cdot t'$$

где  $\underline{d}$  - тензор скорости деформации,  $\underline{\sigma}$  - тензор скорости интенсивности напряжения,  $\underline{G}(\underline{\sigma}_e, t)$  - функция нелинейности уравнения,  $\Delta^{(4)}(t)$  - тензор анизотропии четвертого порядка,  $\underline{\sigma}'$  - тензор разрушения,  $\sigma_{e,eq}$  - эквивалентное напряжение,  $t'$  - стандартный параметр времени,  $t' \in (0, 1)$ ; 0 - начало процесса, 1 - момент разрушения),  $t'$  - время разрушения образца.

Предметом анализа были некоторые составляющие тензора анизотропии  $\Delta^{(4)}(t')$ . Было установлено, что значения девяти коэффициентов матрицы анизотропии  $[a_{pq}]$  (полученных из составляющих тензора  $\Delta^{(4)}$ ) изменяются резко в начале нагружения за пределом текучести. Свидетельствуют они о том, что простое нагружение образцов при температуре 550°C в сложном напряженном состоянии приводит к упругоупругости и анизотропии стали 15НМ. Изменение во времени девяти коэффициентов анизотропии стали 15НМ иллюстрирует рис. 1.

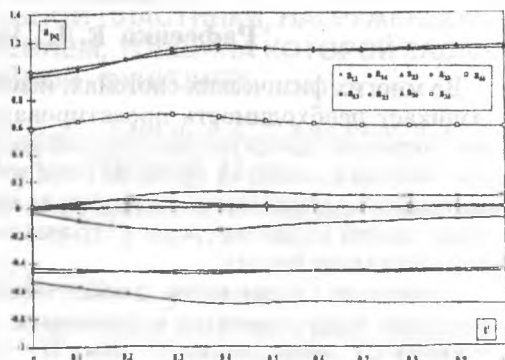


Рис. 1

## Литература

- [1] Uścińowicz R. Wpływ stanu naprężeń na proces pełzania anizotropowego stali ferrytycznej. Rozprawa doktorska, Białystok 1995r.
- [2] Яковлюк А. Мелешко Э. Непотенциальная теория анизотропной ползучести и ее применение в плоском напряженном состоянии. - Пробл. прочности, 1985, No 4, стр. 45-48.