

Методика определения релаксационных процессов в арматуре

Жосан Р.Д.

(Научный руководитель – Гринёв В. В.)

Белорусский национальный технический университет,

Минск, Беларусь

Введение

Предварительно напряженные железобетонные конструкции широко применяются в нашей стране. Такие конструкции обладают повышенной трещиностойкостью и жёсткостью. Кроме того, преднапряжение позволяет применять высокопрочные бетоны и арматуру, а также ведет к снижению расхода материалов и собственного веса конструкции. Но от момента натяжения арматуры до начала приложения внешней нагрузки на конструкцию часть величины предварительного напряжения безвозвратно теряется. И одной из причин этого является релаксация напряжений арматурной стали.

Общие сведения о релаксации

Релаксация напряжений – это самопроизвольное снижение напряжений с течением времени при постоянных деформациях. Значение релаксации напряжений в арматурных сталях зависит от многих факторов: механических характеристик стали, химического состава и структуры, технологии изготовления конструкций и условий их последующей эксплуатации. Релаксация является следствием перехода упругих деформаций в пластические, т.е. общие деформации, являющиеся суммой упругих и пластических деформаций, остаются постоянными, а упругих и пластические изменяются:

$$\begin{aligned}\varepsilon_c &= \varepsilon_{el} + \varepsilon_{pl} = const; \\ \varepsilon_{el} &\neq const \text{ и } \varepsilon_{pl} \neq const.\end{aligned}$$

где ε_c – общая деформация в процессе релаксации;

ε_{el} – упругая деформация;

ε_{pl} – пластическая деформация.

Экспериментальные кривые релаксации имеют два четко выраженных участка: для первого характерно резкое падение напряжения, для второго – замедленное.

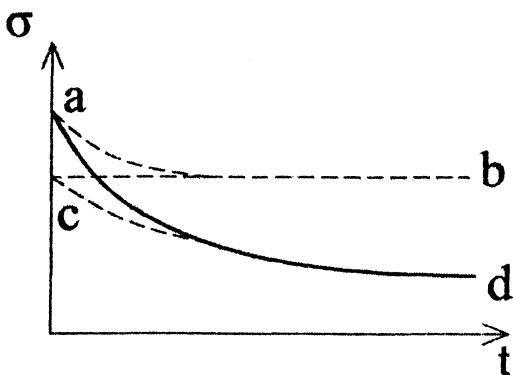


Рисунок 1. Явление релаксации

Явление релаксации является следствием двух групп процессов. Первая группа процессов протекает на границах зерен поликристаллического металла и релаксация отражает диффузионные явления (линия ab на рисунке 1). Ко второй группе относят процессы, протекающие внутри зерен, ей соответствует линия cd . Явление релаксации изображено на линии ad .

Принято считать, что релаксация является следствием неоднородной пластической деформации. При относительно низких температурах пластическая деформация носит преимущественно сдвиговый характер. При повышенных температурах приобретают значение также и диффузионные процессы. Сдвиговые процессы осуществляются закономерным перемещением целых групп атомов вдоль определенных кристаллографических плоскостей и направлений. Диффузия представляет собой процесс независимого перемещения индивидуальных атомов, которые замещают места в кристаллической решетке.

Большое влияние на релаксацию оказывают начальные напряжения: чем они выше, тем сильнее проявляется релаксация напряжений. Особенно интенсивно она протекает в течение первых часов. За это время успевает проявиться около 60% потерь предварительного напряжения, замеренных за 100 ч. В интервале интересующих нас начальных напряжений наблюдается тенденция к затуханию релаксации напряжений, и через 1000 ч. значения связанных с нею потерь возрастают в среднем не более чем на 20...25%.

При повышении температуры сопротивление перемещению атомов в сталях значительно снижается, уменьшается и напряженность поля вокруг дислокационных систем. Как видно из опытов, при температуре около 100°C потери от релаксации за 100 ч. увеличиваются в 2...4 раза по сравнению с потерями при 20°C , а при 200°C – в 4...6 раз.

Испытания на релаксацию

При изготовлении предварительно напряженных железобетонных конструкций, армированных высокопрочной проволокой, возникает необходимость в испытании проволоки на релаксацию напряжений.

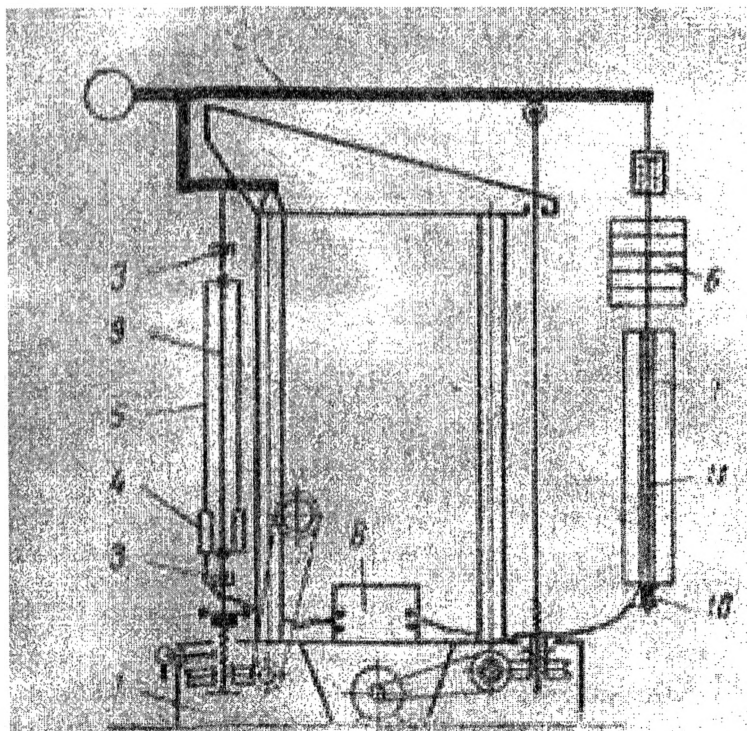


Рисунок 2. 1 – станина; 2 – рычажная система; 3 – захваты; 4, 5 – экстензометрическое устройство; 6, 7 – нагрузочное устройство; 8 – устройство автоматики; 9 – образец; 10 – клапан; 11 – шкала

Установка для испытания проволоки на релаксацию состоит из станины с рычажной системой захватов, экстензометрического устройства и нагрузочного устройства. Образец закрепляется в захватах машины и растягивается постоянно действующей и переменной нагрузками. Нагружение образца осуществляется через рычажную систему с помощью гидравлической подвески. При удлинении образца контакты индикатора экстензометрического устройства замыкаются, автоматически открывается клапан сосуда гидравлической подвески и происходит истечение жидкости, нагрузка уменьшается. Истечение жидкости продолжается до размыкания контактов индикатора, а величина падения нагрузки определяется по уровню оставшейся в сосуде жидкости.

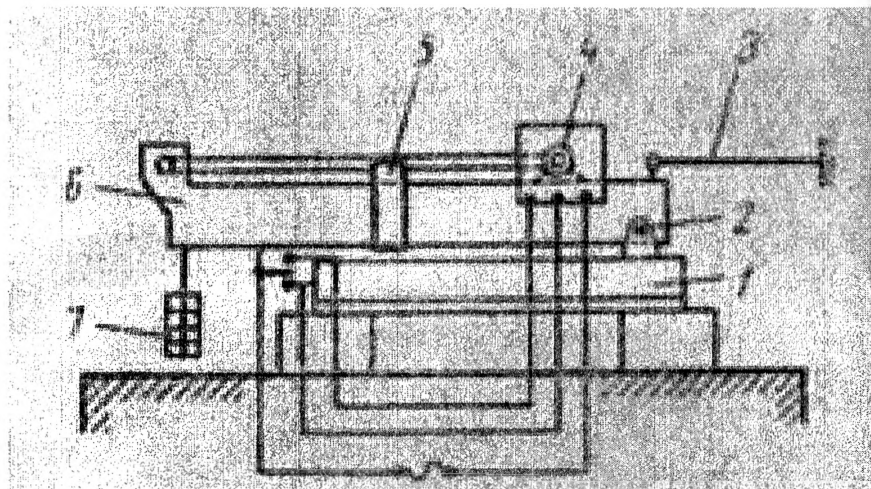


Рисунок 3. 1 – опорная часть установки; 2 – шарнир; 3 – испытуемый образец; 4 – электродвигатель подвижного груза; 5 – подвижной груз; 6 – рычаг-балансир; 7 – грузы при использовании установки для испытания арматуры на ползучесть

Образец закрепляется одним концом на неподвижном упоре, а другим – на рычаге-балансире, который занимает горизонтальное положение. Со временем напряжения в образце падают, длина проволоки начинает увеличиваться. С увеличением длины проволоки рычаг опускается и замыкает контакт, который, в свою очередь,

включает электродвигатель подвижного груза. Перемещение груза по рычагу продолжается до тех пор, пока длина проволоки (вследствие уменьшения нагрузки) не возвратится к первоначальной величине и рычаг не займет горизонтального положения. В этом положении контакты двигателя разомкнутся.

Методы увеличения релаксационной стойкости

Релаксационная стойкость характеризуется способностью материала сопротивляться релаксации напряжений. Одним из перспективных направлений достижения высоких значений релаксационной стойкости является применение в технологии производства высокопрочной арматуры в качестве заключительной операции механотермической обработки (МТО). Процесс МТО представляет собой совмещение двух операций – нагрева и натяжения. По немногочисленным литературным данным, подобное натяжение осуществляется с усилиями, позволяющими с незначительной степенью деформировать металл в пластической области. Нагрев осуществляется до температур отпуска (250–420°C). Как правило, для нагрева используется индукционная печь, позволяющая в поточной линии осуществлять МТО с достаточно высокими скоростями (50–70 м/мин).

Процесс МТО также получил название «стабилизация» за счет высокой эффективности снятия остаточных напряжений, накопленных в ходе предварительной деформационной обработки (волочения и профилирования), а также вследствие высокой степени упорядочивания дислокационной структуры, что напрямую оказывает влияние на повышение релаксационной стойкости материала. Эффективность данных изменений существенным образом зависит от установленных параметров процесса – температуры нагрева и усилия натяжения. Таким образом, важной задачей (за счет управления параметрами процесса) является достижение оптимального сочетания свойств высокопрочной арматуры: высоких показателей механических характеристик (временное сопротивление разрыва – не менее 1600 Н/мм², предел текучести – не менее 1450 Н/мм², относительно удлинение – не менее 6 %) и релаксационной стойкости (релаксация напряжений не должна превышать 4 % за 1000 часов).

ЛИТЕРАТУРА

1. Л.А. Красильников, В.Я. Зубов. Релаксационная стойкость и циклическая прочность холоднотянутой проволоки - Издательство «Металлургия». 1970 – 168 с.
2. А.Г. Корчунов, Д.К. Долгий. Зависимость релаксационной стойкости высокопрочной стабилизированной арматуры от микроструктуры стали после механотермической обработки. Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies.
3. В. М. Бондаренко, Д. Г. Суворкин. Железобетонные и каменные конструкции - Москва – 351 с.