

УДК 539.3

ЭФФЕКТ БАУШИНГЕРА ПРИ СЛОЖНОМ НАГРУЖЕНИИ

© Н.М. Комарцов, Т.А. Лужанская, Б.А. Рычков

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика,
e-mail: Rychkovba@mail.ru, komartsovm@mail.ru, lujanskay_ta@mail.ru*Ключевые слова:* трубчатые образцы стали 40Х; предел упругости; знакопеременное кручение; эффект Баушингера; площадка текучести.

Описаны экспериментальные данные, полученные при испытании на кручение с растяжением тонкостенных трубчатых образцов стали 40Х. Исследован ортогональный эффект Баушингера.

В 1950-х гг. М. Фейгиным [1] был проведен следующий эксперимент: тонкостенный трубчатый образец растягивался и закручивался, затем крутящий момент снимался, после чего увеличивалась растягивающая сила. В результате на последнем этапе нагружения наблюдалось уменьшение остаточной деформации, приобретенной образцом от крутящего момента, т. е. происходила пластическая раскрутка образца.

Б.А. Рычковым в 1978 г. была проведена проверка описанного эффекта [2]. Трубчатые образцы стали 45 сначала закручивались за пределы упругости, разгружались, затем растягивались, или наоборот: очередность приложения нагрузки менялась. Во всех случаях, действительно, уменьшалась остаточная деформация, накопленная на первом этапе нагружения. Ни одной из моделей пластического деформирования этот эффект не описывается количественно; качественно отражается гипотезой трансляционного упрочнения. Было высказано предположение, что это связано с проявлением эффекта Баушингера, а именно: материал в том направлении, в котором при предварительном нагружении работал на сжатие, при повторном нагружении стал работать на растяжение и наоборот. Но в экспериментах 1978 г. измерялась только разность показаний датчиков при кручении, т. е. сразу соответствующая деформация сдвига. Поэтому неясно было, как при повторном нагружении они (эти датчики) вели себя по отдельности. Чтобы выяснить это, были поставлены эксперименты непосредственно при выполнении данной работы. При этом показания датчиков, работающих при измерении деформации от крутящего момента, фиксировались отдельно.

При испытании на установке 04-1 (на которой первые свои эксперименты проводил В.С. Ленский) использовались тонкостенные трубчатые образцы стали 40Х (наружный диаметр 22 мм, толщина стенки 1 мм, рабочая длина 120 мм). Как показали пробные испытания образцов на растяжение, материал заготовок оказался неоднородным по длине использованных прутков.

Это проявилось в том, что два из трех испытанных образцов при растяжении, не переходя за условный предел упругости (устанавливаемый по допуску на остаточную деформацию, равной 0,001 %), выдержи-

вали силу, предельную для динамометра установки 04-1 (рис. 1–3). Поэтому партия образцов была отожжена. После отжига стало возможным провести испытания (знакопеременное кручение с последующим растяжением) образцов за пределами упругости с целью выявления эффекта Баушингера.

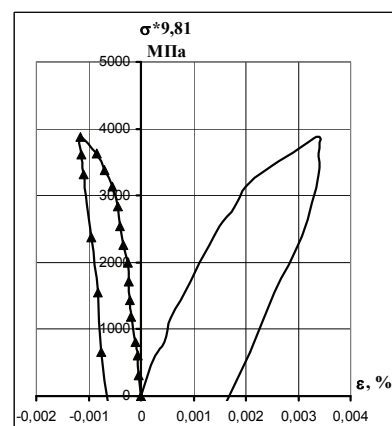


Рис. 1.

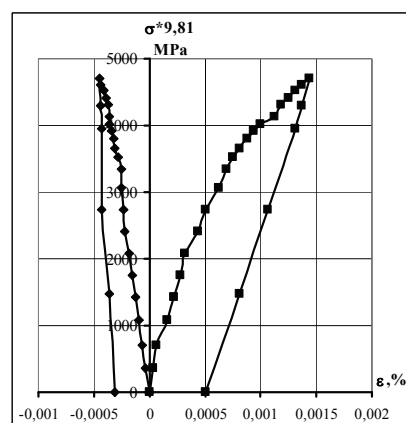


Рис. 2.

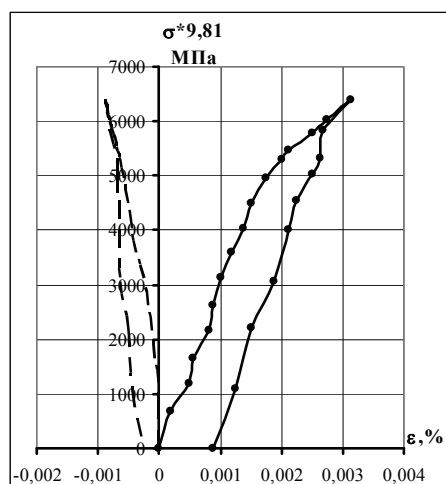


Рис. 3.

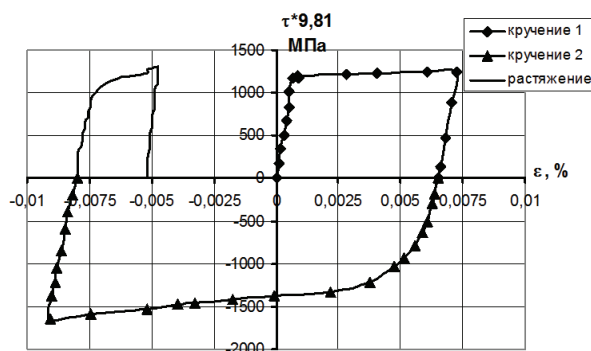


Рис. 4.

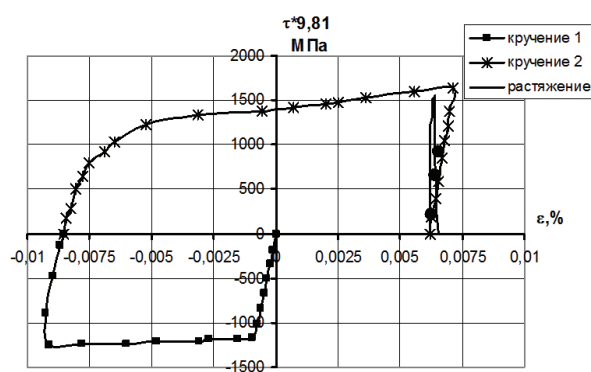


Рис. 5.

Диаграммы знакопеременного кручения для одного из испытанных образцов показаны на рис. 4 и 5. Деформации, измеренные в двух взаимно перпендикулярных направлениях (под углом 45° к оси образца), при кручении являются главными, как и напряжения $\sigma_1 = -\sigma_3 = \tau$.

При нагружении из исходного состояния один из датчиков работал на растяжение (рис. 4), а другой – на сжатие (рис. 5).

При кручении образцов из исходного состояния образовалась площадка текучести, а при кручении в обратном направлении возник эффект Баушингера. При повторном нагружении растяжением остаточная деформация от предварительного кручения уменьшилась в силу ортогонального эффекта Баушингера. Это проявляется в том, что датчик, работавший на втором этапе кручения на сжатие (рис. 4), стал регистрировать растяжение с заметным приращением пластической деформации обратного знака по сравнению с накоп-

ленной деформацией, тогда как второй датчик, работавший при этом на растяжение (рис. 5), при повторном растяжении регистрировал только упругую деформацию, в силу приобретенного предварительного упрочнения.

Наклоны упругих участков деформирования при повторном нагружении отличаются от соответствующих участков при предварительном нагружении, что объясняется различием в виде напряженного состояния в том и другом случае. Для примера на рис. 5 показан (темными точками) результат пересчета продольной и поперечной деформаций (измеренных в опыте) на направление под 45° к оси образца. Эти расчетные и измеренные деформации совпали, что свидетельствует о достаточной точности измерения деформаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Фейгин М.* Неупругое поведение при совместном действии растяжения и кручения // Механика: сб. перев. 1956. № 3. С. 125-139.
2. *Рычков Б.А.* Сложная деформация стали 45 // К проблеме механики реального твердого тела: сб. науч. тр. Фрунзе: Изд-во Илим, 1984. С. 66-78.

Поступила в редакцию 15 апреля 2010 г.

Komartsov N.M., Lujanskaya T.A., Rychkov B.A. Baushinger's effect under complex load.

Experimental data received from test of thin-walled tubular steel (40H) specimens under torsion with tension were described. Orthogonal Baushinger's effect was investigated.

Key words: tubular steel (40H) specimens; elastic limit; alternate torsion; Baushinger's effect; yield plateau.