

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СПИРАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ СПЛАВА CuZnAl

Ю.Н. Вьюненко, Г.З. Затульский*, Л.Ф. Вьюненко**

*Россия, Санкт-Петербург, НТФ «Вольта»***Украина, Киев, ИТУ Украины «КПИ»****Россия, Санкт-Петербург, государственный университет путей сообщения*

Рассматривается возможность использования деталей спиральной формы из материалов с ЭПФ в качестве силовых элементов конструкций. Полученные результаты позволили сделать заключение о возможности достижения в спиральных элементах усилий, способных поднимать груз, превышающий в 80 раз собственный вес образца.

Возможность использования деталей спиральной формы из материалов с эффектом памяти формы (ЭПФ) в качестве силовых элементов конструкций требует, в частности, информации об усилиях, генерируемых такими образцами. С этой целью была проведена серия экспериментов на спиральных образцах из сплава Cu-18%Zn-7%Al. Образцы были изготовлены из проволоки с поперечным сечением 7.5 мм^2 . После тридцатиминутного отжига при 800°C их закаливали в воде. Внешний диаметр образца был равен 18-20 мм, расстояние между витками 9-11 мм. Спираль, как правило, состояла из 12 витков. После деформирования сжатием при комнатной температуре ее высота h колебалась от образца к образцу от 45 мм до 55 мм. Масса составляла 36-38 г.

Первоначально провели нагрев образца в свободном состоянии. Скорость изменения температуры в термостате, где находился образец, составляла $2-3^\circ\text{C}/\text{мин}$. Фиксировали изменение h в зависимости от температуры. Во время первого нагрева изменение высоты происходило в интервале температур от 90°C до 110°C (рис. 1). От начального положения на уровне 53 мм верхний виток поднялся на высоту 120 мм. Далее образец охладили. В промежутке от 45°C до 25°C значение h уменьшилось со 120 мм до 80 мм.

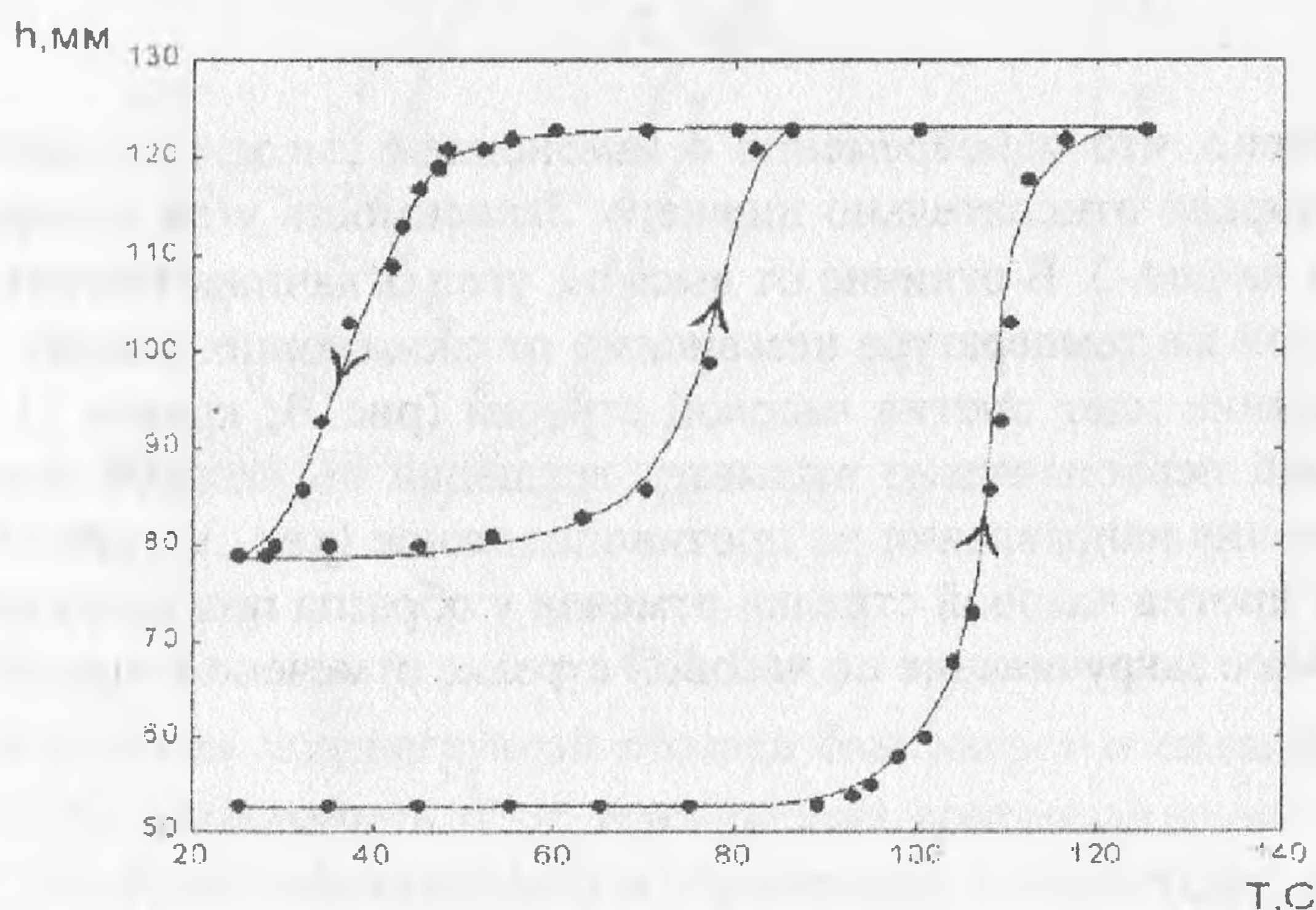


Рис. 1

При повторном нагреве рост высоты происходил в температурном интервале от 63°C до 83°C . В высокотемпературном состоянии величина h совпала с ее значением при первом нагреве. Зависимость высоты от температуры при охлаждении осталась прежней. Дальнейшее термоциклирование (10 термоциклов) не меняло полученную при повторном нагреве зависимость h от температуры. Подобные закономерности были отмечены для всех исследованных образцов. Однако надо заметить, что образцы из разных партий (металл разных плавок) обладали разными температурными интервалами превращения. Разброс в этих характеристиках достигал 20°C .

Сжимающая нагрузка заметно повлияла на температурный интервал изменения h . На рис. 2 показано, как изменяется высота спирали во время нагрева без нагрузки (кривая 1), под нагрузкой 15 Н (2), 21.7 Н (3) и 30 Н (4). Сжимающие усилия привели к заметному повышению температур начала деформационных процессов ЭПФ, изменяющих высоту спирали. При этом нагрузка слабо влияла на высокотемпературное значение h .

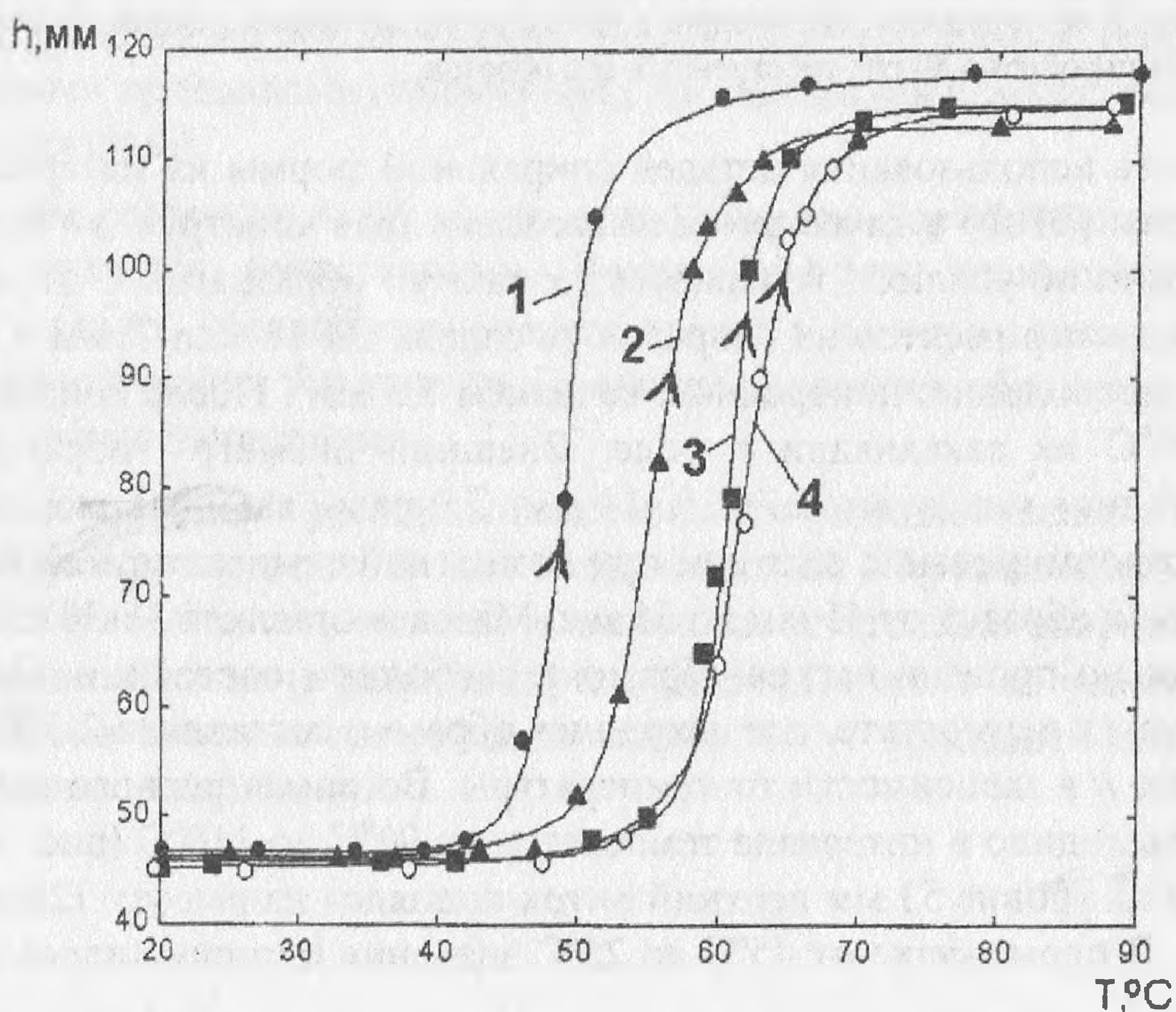


Рис. 2

Было замечено, что одновременно с изменением высоты происходит поворот верхнего витка спирали относительно нижнего. Зависимость угла поворота от температуры приведена на рис. 3. В отличие от высоты, угол α начинает меняться практически при одной и той же температуре независимо от сжимающих усилий. В отсутствие нагрузки закручивание идет против часовой стрелки (рис. 3, кривая 1). Присутствие сжимающих усилий первоначально вызывает вращение по часовой стрелке, а затем происходит изменение направления на противоположное (рис. 3, кривые 2-4). Максимальный поворот против часовой стрелки отмечен у образца под нагрузкой 30 Н (кривая 4). Максимальное закручивание по часовой стрелке отмечено в присутствии усилий в 15 Н (кривая 2).

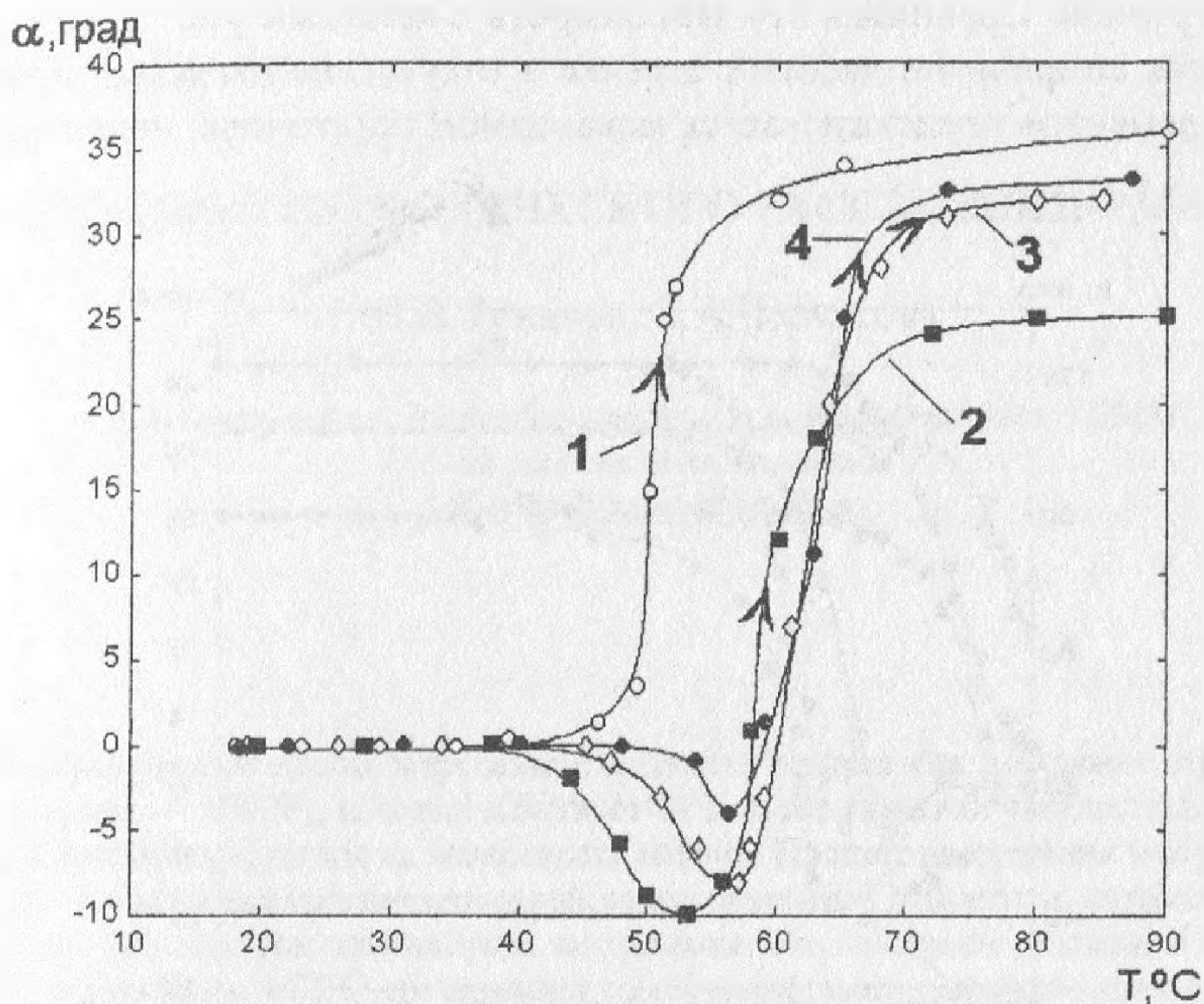


Рис. 3

Попытки дальнейшего повышения сжимающих усилий до 45 Н на первом образце и до 37 Н на втором привели к разрушению спиралей при первом же нагреве. Лишь третий образец поднял груз массой 4.75 кг. На рис. 4 показано изменение h и α во время этого термоцикла. Отметим, что температуры начала изменений h и α при нагреве отличаются приблизительно на 17 градусов, а при охлаждении отличаются температуры окончания трансформации указанных параметров.

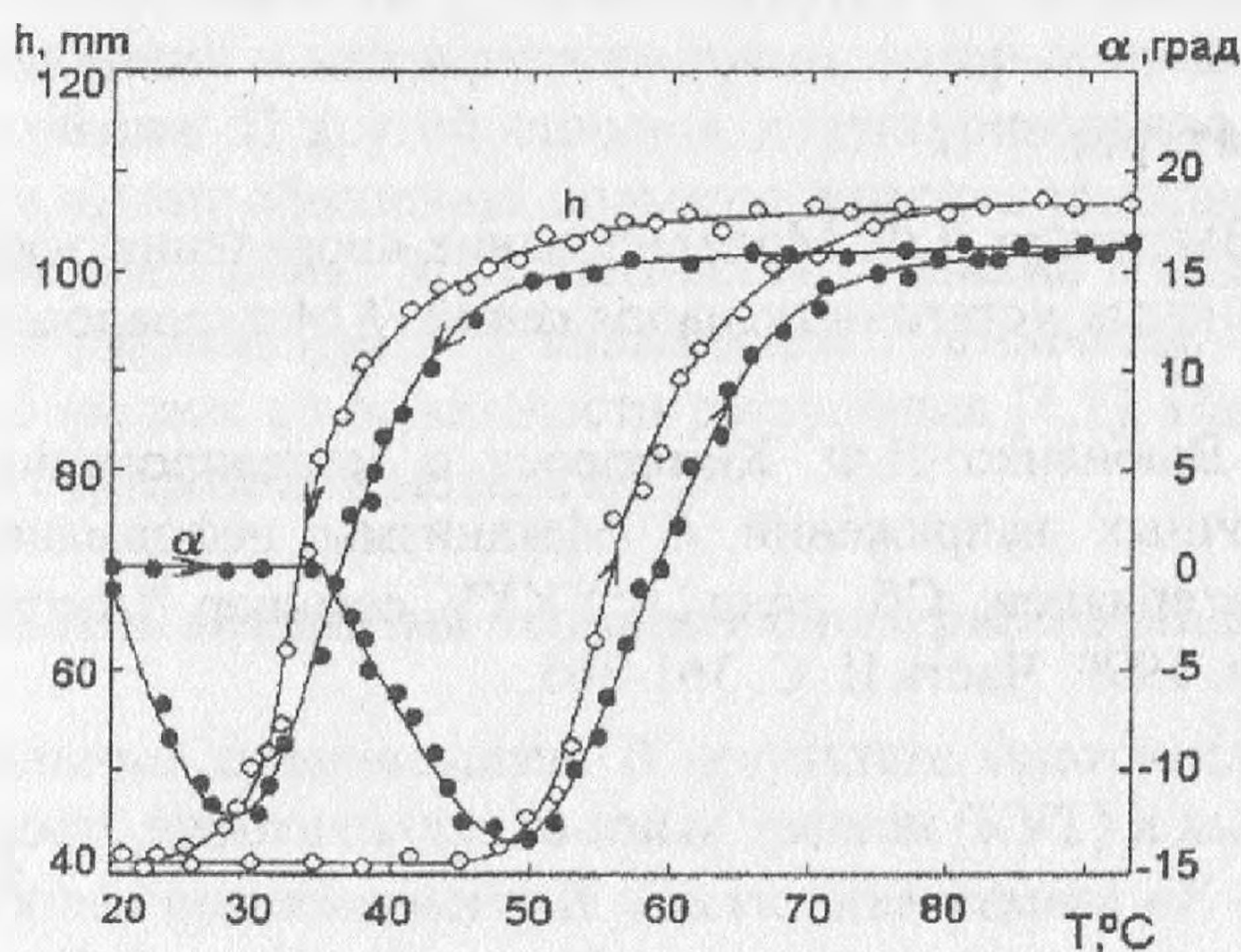


Рис. 4

После испытания под нагрузкой образец был нагрет и охлажден в свободном состоянии (рис. 5). Зависимость h от температуры повторила свою первоначальную форму, т.е. ту, что была зафиксирована в термоцикле до испытания под нагрузкой, а изменение угла α стало иметь меньший размах по сравнению с размахом α_0 до испы-

тания под нагрузкой. Сравнивая эту зависимость с кривыми рис. 2, надо отметить наличие вращения спирали по часовой стрелке в отсутствие нагрузки. Такое поведение спиральных элементов предсказывается механизмом остаточных напряжений [1].

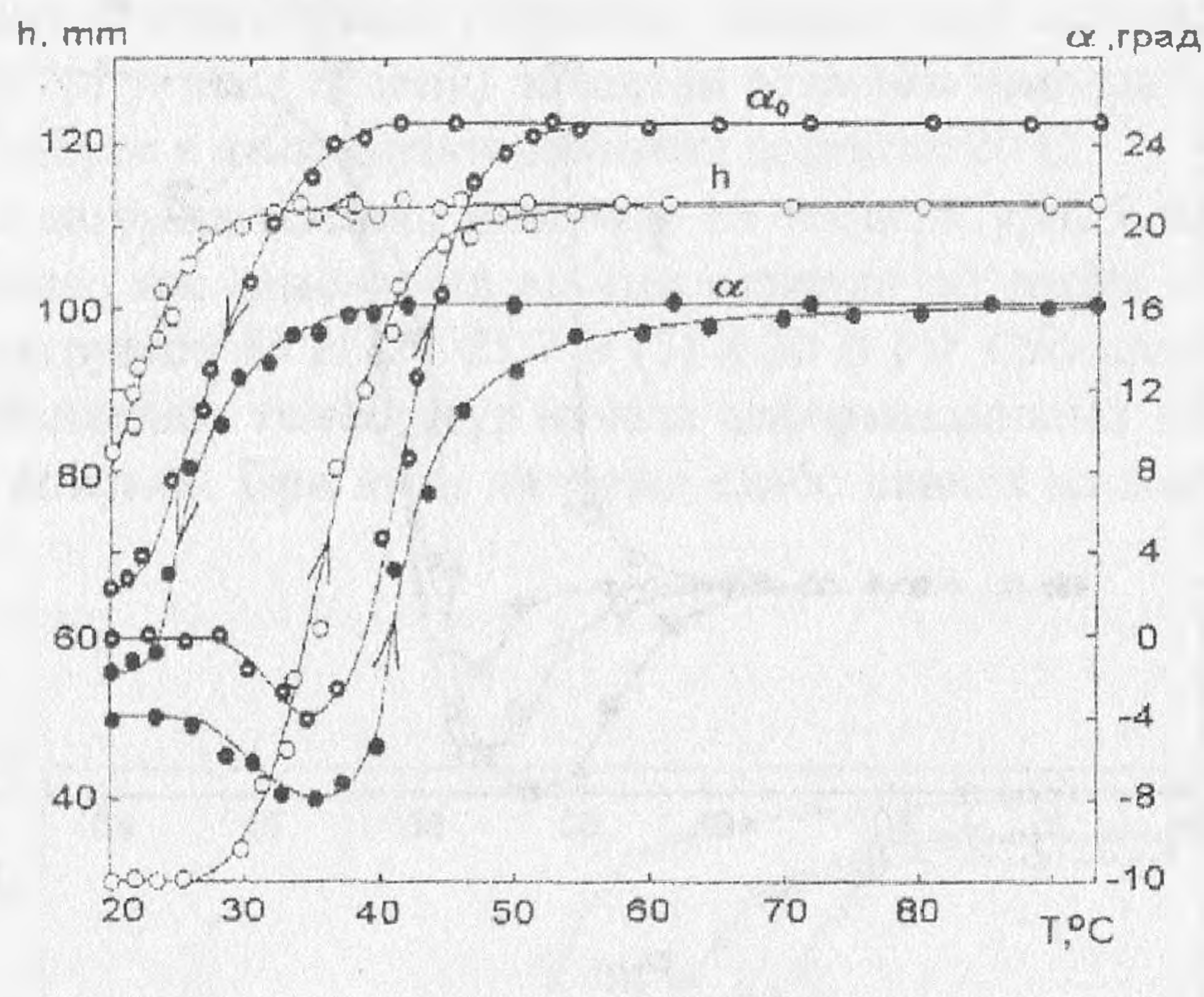


Рис. 5

Полученные результаты позволили сделать заключение о возможности развития спиральными элементами усилий, способных поднимать груз, превышающий в 80 раз собственный вес образца. В некоторых случаях этот показатель можно увеличить до 125. Работа, выполняемая в одном термоцикле силовым спиральным элементом, достигает 3.26 Дж (без учета вращения).

Список литературы

1. Вьюненко Ю.Н., Вьюненко Л.Ф. Моделирование проявления эффекта памяти формы в рамках механизма остаточных напряжений // *Материаловедение*. 1999. № 9. С.16-19.
2. Вьюненко Ю.Н., Вьюненко Л.Ф. К вопросу о моделировании ЭПФ в рамках механизма остаточных напряжений // *Механизмы деформации и разрушения перспективных материалов: Сб. докл. / XXXV семинар "Актуальные проблемы прочности"*. Псков. 1999. Часть II. С. 361-365.