

ИЗГИБ ПЛАСТИНЫ ИЗ МАТЕРИАЛА С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ

Ю.Б. Какулия, А.М. Шарыгин

Ухтинский государственный технический университет
169300 Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, 13
E-mail: yuri@uui.sever.ru

Методом конечных элементов с применением структурно-аналитической теории прочности получено численное решение для пластины из материала с памятью формы, подвергнутой изгибу в ее плоскости. Приведены результаты о распределении напряжений в пластине на различных этапах температурного и силового воздействий. Показан характер изменения перемещений точек пластины при прямом и обратном мартенситных превращениях.

Материалы с памятью формы находят широкое применение в различных областях техники. В связи с этим все более актуальной становится проблема прогнозирования напряженных состояний и деформационного поведения элементов из таких материалов при всевозможных температурно-силовых воздействиях. Очевидно, универсальным инструментом в этом направлении исследований могут стать численные методы в сочетании со структурно-аналитической теорией прочности. В работе [1] изложены основные принципы применения одного из таких методов – метода конечных элементов – для решения двумерных задач механики деформируемых тел. Приведены результаты вычислений для пластины, подвергнутой неравномерному растяжению и температурному воздействию. Настоящее сообщение является продолжением публикации результатов работы в данном направлении.

Проведены расчеты напряжений и деформаций при изгибе пластины постоянной толщины из материала с памятью формы, нагруженной в соответствии со схемой на рис. 1, а. Также, как в [1], учитывали упругую, тепловую и фазовую деформации. Последнюю определяли по формулам структурно-аналитической теории прочности для материалов с мартенситными реакциями первого рода.

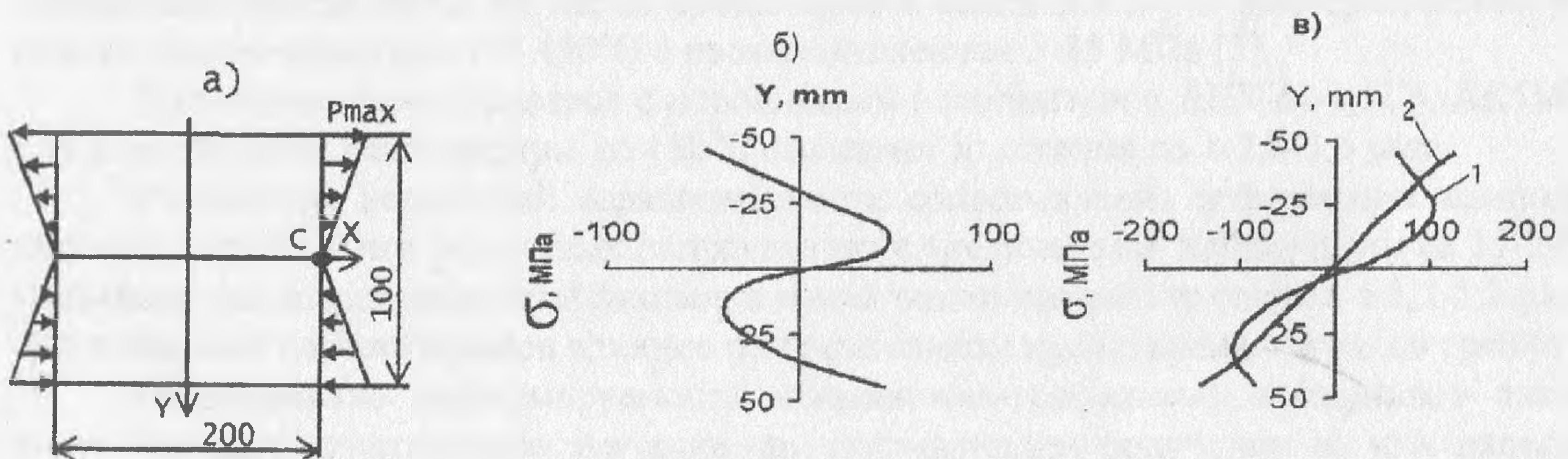


Рис. 1. Расчетная схема (а); остаточные напряжения σ_x в сечении $X = 0$ после приложения напряжения 800 МПа и полной разгрузки при $T = 270$ К (б); распределение напряжений σ_x в сечении $X = 0$ после приложения напряжения 800 МПа и разгрузки до 150 МПа при $T = 270$ К (1) и последующего нагрева до $T = 470$ К (2) – (в).

Температурно-силовое воздействие на пластину осуществляли в соответствии с одной из двух схем. В первом случае после нагружения и полной или частичной разгрузки в мартенситном состоянии пластину нагревали в интервале обратного превращения до $T > A_k$. При воздействии по второй схеме после задания нагрузки в аустенитном состоянии проводили охлаждение под нагрузкой в интервале прямого превращения до $T < M_k$. Рассчитываемую область равномерно разбивали горизонтальными и вертикальными прямыми, получая сетку из 11 строк с 21 узлом в каждой строке. Параметры материала приняты те же, что в работе [1].

Результаты численных экспериментов приведены на рис. 1, б, в и рис. 2. После приложения и снятия нагрузки в мартенситном состоянии в сечении $X = 0$ имели место остаточные напряжения (рис. 1, б), которые в результате последующего нагрева до 470 К практически исчезали. Изгиб с частичной разгрузкой привел к распределению напряжений, описанному кривой 1 на рис. 1, в. В результате нагрева и перевода материала исследуемого объекта в аустенитное состояние происходит перераспределение напряжений в вертикальном сечении пластины, приводящее к практически линейной зависимости (кривая 2 на рис. 1, в).

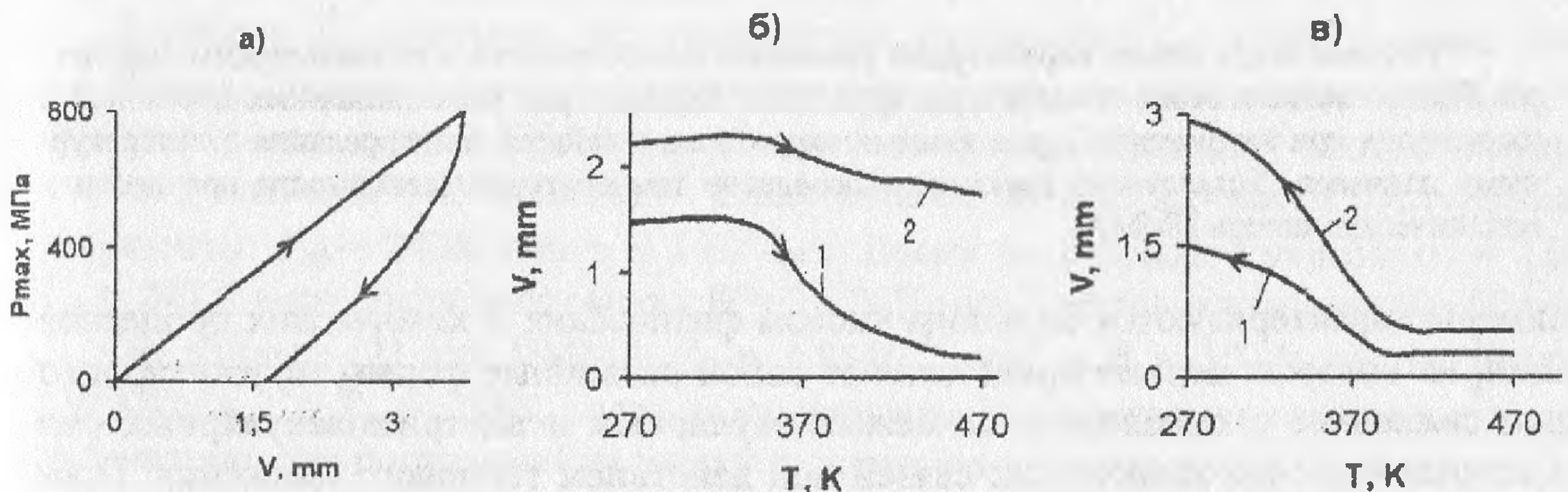


Рис. 2. Изменение вертикального перемещения V точки C (рис. 1, а): а – при задании напряжения 800 МПа и разгрузке при $T = 270$ К; б – при нагреве от 270 К до 470 К после задания напряжения 800 МПа и полной разгрузки (1) и разгрузки до 150 МПа (2); в – при охлаждении от 470 К до 270 К под действием напряжений 200 (1) и 400 МПа (2).

На рис. 2 показано изменение перемещения V точки C (рис. 1, а) при различных воздействиях на пластину. Изменение перемещения в результате нагружения – разгрузки (рис. 2, а) качественно не отличается от аналогичной зависимости, полученной в [1] для растянутой пластины. В результате последующего нагрева в интервале обратного превращения происходит возврат перемещения, обусловленный эффектом памяти формы (кривая 1 на рис. 2, б). В случае нагрева после частичной разгрузки возврат перемещения имеет существенно меньшее значение (кривая 2 на рис. 2, б). При охлаждении под нагрузкой в процессе перехода материала из аустенитного в мартенситное состояние имеет место увеличение перемещения (рис. 1, в), связанное с пластичностью превращения, причем величина перемещения примерно пропорциональна действующей нагрузке.

Список литературы.

1. Какулия Ю.Б., Шарыгин А.М. Численное решение двумерных задач для материалов с памятью формы (См. настоящий сборник, стр. 481-483),