

حل کمانش پوسته استوانه ای جدار نازک از جنس آلیاژ هوشمند در دمای ثابت و بارگذاری متقارن به روش حل عددی و دقیق

آلیاژهای حافظه دار (SMA)، به لحاظ خواص رفتاری در سالهای اخیر جایگاه خود را نزد اکثر مهندسان و محققان پیدا نموده است. خواص مواد این آلیاژها با دما و تنش تغییر می یابند. در این تحقیق رفتار کمانش پوسته های استوانه ای نازک از جنس S.M.A بررسی خواهد شد. بدین منظور ابتدا معادلات حاکم بر رفتار تنش-کرنش و نیز سینتیک تبدیل فاز آلیاژهای حافظه دار (S.M.A) استخراج می گردد. سپس معادلات تعادل پایداری پوسته های استوانه ای نازک با خیز بزرگ استخراج می گردد. از ترکیب دو دسته معادله فوق معادلات حاکم بر رفتار پس کمانش پوسته S.M.A در جهت بار محوری بر حسب مشتقات جابجایی بدست خواهد آمد. معادلات اخیر به همراه شرایط مرزی بروش $D.Q.M$ گسسته سازی شده و سپس دستگاه معادلات جبری حاکمه با تغییرات پله ای بار در یک سیکل کامل بارگذاری و باربرداری حل می گردد و با حل دقیق مقایسه می گردد. در این تحقیق فرض می شود پوسته نازک باشد، اثرات تنشهای برشی در تغییر فرم قابل صرفنظر کردن است، دمای پوسته ثابت است و توزیع بار محوری در لبه های لوله یکنواخت است. شرایط مرزی مستقل از مختصه θ است. در نتیجه مساله بصورت *Axisymmetric* قابل حل می باشد.

هادی وحیدی^۱

کارشناس ارشد

واژه های راهنما: آلیاژهای حافظه دار، پوسته های استوانه ای، سوپراالاستیک، کمانش متقارن

۱- مقدمه

مکانیک مواد آلیاژ هوشمند در دهه های اخیر مورد توجه و علاقه ویژه ای قرار گرفته است. همانگونه که از نامشان مشخص است این مواد شامل خانواده ای از مواد هستند که دارای خصوصیات منحصر بفردی هستند. این مشخصات وابسته به ساختار انتقال فاز این مواد (the martensite transformation) می باشند. این خصوصیت به آنها این اجازه را می دهد تا در محدوده وسیعی از صنعت از قبیل هوا فضا، ابزار دقیق، کاربردهای پزشکی و... ایفای نقش کنند. این مواد دارای خصوصیت غیر معمولی هستند که قادرند کرنشهای بزرگی را در خود بازیافت نمایند و به شکل و حالت اولیه خود بازگردند، این خصوصیت و حالت مربوط به

^۱ هادی وحیدی، کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرخ hadi.vahidi56@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۳/۱۸، تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۷/۲۸

اندیس ξ_T بیانگر کسر مارتنزیتی بر اثر حرارت می باشد و ξ_S معرف کسر مارتنزیتی که بر اساس تنش جهت یافته است می باشد. مدول یانگ به صورت تابع خطی از کسر مارتنزیت بیان می گردد.

$$D(E, \xi, T) = D(\xi) = D_a + \xi(D_m - D_a) \quad (۴)$$

D_m مدول یانگ آلیاژهای هوشمند در حالت فاز مارتنزیت (Dettwined) بوده و D_a مدول یانگ برای حالت آستنیت کامل می باشد. در رابطه (۱) با تابع داده شده رابطه میان مدول (D) و Ω بوسیله مشخصه مواد با ماکزیمم کرنش باقی مانده مشخص می گردد. ماکزیمم کرنش باقی مانده ε_1 بوسیله رابطه تجربی و با تبدیل ماده به حالت مارتنزیت ($\xi_S = 1$) dettwinned و سپس بار را در دمای پایین تر از دمای شروع آستنیت بار را از روی جسم برداریم، لذا به طوریکه براینسون نشان داده شده است تانسور انتقال به عنوان تابعی از مدول یانگ بوسیله رابطه زیر مشخص می گردد .

$$\Omega(\xi) = -\varepsilon_1 D(\xi) \quad (۵)$$

رابطه قانون مواد مرکب بصورت ذیل تبدیل خواهد شد:

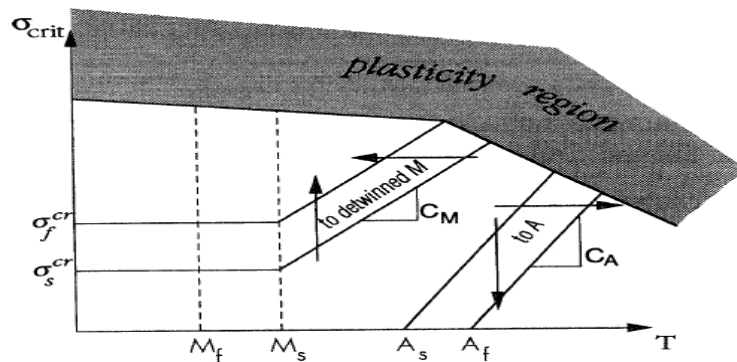
$$\sigma - \sigma_0 = D(\xi)\varepsilon - D(\xi_0)\varepsilon_0 + \Omega(\xi)\xi_S - \Omega(\xi_0)\xi_{S0} + \theta(T - T_0) \quad (۶)$$

بطوریکه $(T_0, S_0, \varepsilon_0, \xi_0, \xi_{S0})$ بیانگر حالت اولیه ماده می باشد. [۴]

برای حالت تبدیل به مارتنزیت و $T > M_s$

$$\sigma_s^{cr} + C_m(T - M_s) < S < \sigma_f^{cr} + C_m(T - M_s)$$

$$\xi_S = \frac{1 - \xi_{S0}}{2} \cos\left\{ \frac{\pi}{\sigma_s^{cr} - \sigma_f^{cr}} (s - \sigma_f^{cr} - C_M(T - M_S)) \right\} + \frac{1 + \xi_{S0}}{2} \quad (۷)$$



شکل ۸- نمودار تنش - دما (اقتباس از مرجع [۵]).

Abstract

In recent years, Shape Memory Alloys have found a lot of interest among researchers and engineers. Material properties of SMA's change with temperature and stress. Also due to large strains that may occur in them, geometrical nonlinearities encountered in the analysis of SMA structures. These material and geometrical nonlinearities make difficulties in the analysis of SMA structures. In this thesis a numerical model based on the differential quadrature's method (DQM) is presented for the buckling analysis of circular cylindrical shells made of SMA material.