

Решение соответствующего (1) однородного уравнения получим в виде [1]:

$$\bar{c}^I = (A_1 + iB_1) e^{(a+ib)S} + (A_2 + iB_2) e^{-(a+ib)S}.$$

Для указанных условий нагружения оболочки частное решение уравнения (1) определится как

$$\bar{c} = iRqS \sqrt{\frac{C_{11}}{\Omega_0 (D_{11} - D_{11}^0)}}.$$

Тогда общее решение запишется:

$$\begin{aligned} \bar{c} = & A_1 \chi_1 - B_1 \eta_1 + A_2 \chi - B_2 \eta + i(B_1 \chi_1 - A_1 \eta_1 + B_2 \chi - A_2 \eta + \\ & + RqS \sqrt{\frac{C_{11}}{\Omega_0 (D_{11} - D_{11}^0)}}). \end{aligned}$$

С учетом (2) получим

$$V(S) = \sqrt{\frac{\Omega_0 (D_{11} - D_{11}^0)}{C_{11}}} (B_1 \chi_1 - A_1 \eta_1 + B_2 \chi - A_2 \eta) + RqS:$$

$$W(S) = A_1 \chi_1 - B_1 \eta_1 + A_2 \chi - B_2 \eta,$$

где A_1, B_1 – вещественные постоянные интегрирования, которые должны быть определены из условия закрепления краев оболочки.

Составив для каждого края оболочки по два уравнения [1], получим систему четырех линейных уравнений относительно четырех неизвестных A_1, A_2, B_1, B_2 , решая которую по предложенным формулам можно определить нормальные напряжения, возникающие в каждом слое оболочки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амбарцумян С.А. Общая теория анизотропных оболочек. – М.: Наука, 1974. – 446 с.

УДК 621.791.044

В.Н. КОВАЛЕВСКИЙ, канд.техн.наук,
Ю.Г. АЛЕКСЕЕВ (БПИ)

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЖЕНИЙ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИИ 38ХНЗМФА – КОБАЛЬТОВЫЙ СПЛАВ

Разработка и освоение способов получения слоистых материалов с заданными свойствами и отработка деформационно-термических условий для формирования требуемого строения и свойств композиций открывают большие

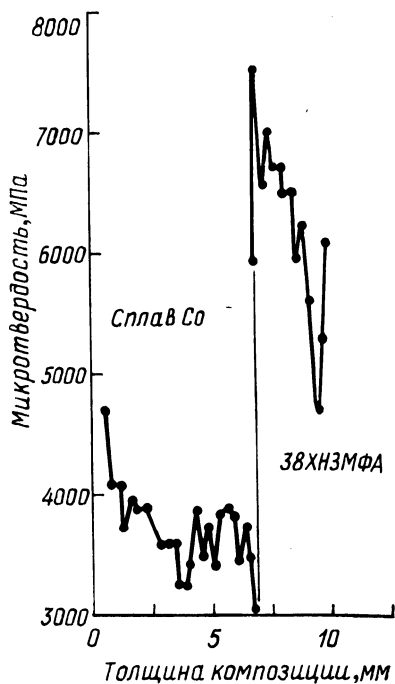


Рис. 1. Распределение микротвердости в поперечном сечении слоистого грубого материала сталь 38ХНЗМФА – кобальтовый сплав.

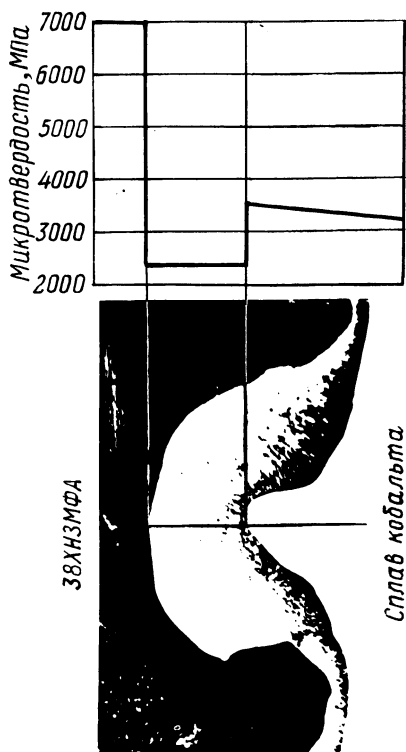


Рис. 2. Микроструктура (x100) и распределение микротвердости в зоне соединения композиции сталь 38ХНЗМФА – кобальтовый сплав.

перспективы для решения проблемы создания жаропрочных материалов, работающих в условиях высоких циклически изменяющихся температур и давлений. Важным показателем работоспособности таких материалов является прочность зоны соединения композиции при малоцикловом термическом нагружении.

Оценка материала по физико-механическим свойствам и изменению их с ростом температуры позволила установить, что исходные механические характеристики имеют различие до 40 %, а физические – до 20 %. При этом выявлен различный характер их изменения с ростом температуры. Сварка взрывом как метод получения композиции вносит свои особенности на напряженно-деформированное состояние материала. Следует отметить неоднородность распределения значений микротвердости в сечении композиционного материала (рис. 1), а также наличие в зоне соединения более мягких прослоек (микротвердость 2400 МПа) толщиной 100–200 мкм, микроскопических непроваров и волнообразный профиль границы раздела (рис. 2). Высокоскоростной нагрев и охлаждение такой композиции могут привести к возникновению резких температурных градиентов, высоких временных и остаточных напряжений.

Первоначально оценивали влияние на прочность соединения касательных напряжений, возникающих в композиции из-за разницы коэффициентов линейного расширения. Для этого осуществляли десятикратный методический всесторонний нагрев образцов в печи с последующим охлаждением на воздухе ($20 \rightleftharpoons 900$ °С). Математическими расчетами определено и экспериментально доказано, что возникают небольшие по величине касательные напряжения. Прочность сварного соединения возросла от 1010 до 1170 МПа. Это, по-видимому, можно объяснить диффузионными процессами, интенсивность протекающих которых возрастает при циклическом нагреве и возникающих термических напряжениях – сжатия, нормальных к зоне соединения. Повышение прочности сварного соединения при циклическом температурном нагружении открывает возможности для разработки режимов тренировки слоистого материала с целью повышения его эксплуатационных характеристик.

Для испытания композиции в экстремальных условиях (высокоскоростной односторонний нагрев и охлаждение) разработана специальная автоматическая установка, состоящая из нагревателя – угольного сердечника, источника энергии – автотрансформатора высокой мощности, систем охлаждения – водяной и воздушной душ и системы автоматического режима работы. Образцы плотно собирали на угольном сердечнике, который разогревали электрическим током до температуры 2000 °С со скоростью 17 °С/с. В течение 1,5 мин температура внутренней поверхности образцов достигала 900 °С, а наружной – 450 °С. После охлаждения и повторных испытаний (10 циклов) в зоне соединения и на поверхности стали обнаружены термоусталостные микротрещины, снижающие прочность сварного соединения и работоспособность слоистого материала.

УДК 621.891

Т.В. КАЛИНОВСКАЯ, канд.техн.наук,
Д.И. ДМИТРОВИЧ (ФТИ АН БССР),
А.С. МАСАКОВСКАЯ, канд.техн.наук (БПИ)

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИ СРЕЗЕ МОДЕЛИ ШЕРОХОВАТОСТИ КОНТАКТА

Анализ явлений, происходящих в области локальных контактов и приконтактном слое при трении, требует детального изучения закономерностей напряженно-деформированного состояния элементов шероховатости (гребешков) при приложении к ним сдвиговой и нормальной нагрузки.

Если предположить, что при сдвиге гребешка, выходящего за поверхность пластичного тела, линия сдвига, составляющая угол $\pi/4$ со свободной поверхностью гребешка, совпадает с направлением движения, то для рассмотрения его напряженного состояния можно воспользоваться закономерностями для нагруженного квадратного элемента с соответствующей его ориентацией относительно линии сдвига гребешка [1]. Возникающие при этом соотношения нормальных σ_n и касательных τ_k напряжений на подошве гребешка приводят к равенству напряжений $\sigma_n = \tau_k = k$, где k – константа сдвига.