

Итак, можно сделать вывод о том, что наиболее полным критерием качества активной среды волоконных усилителей и лазеров, учитывающим пиковую величину сечения испускания ионов эрбия, полуширину спектра люминесценции и время жизни ионов эрбия в возбужденном состоянии, может служить пропускная способность волоконно-оптического усилителя на основе исследуемого материала. В работе показано, что применение стеклокерамики со свойствами, целенаправленно подобранными в соответствии с этим критерием, способно повысить предельные информационные характеристики волоконных усилителей на ее основе по сравнению с традиционными усилителями на основе стекол.

Список литературы

1. Спектрально-люминесцентные и информационные характеристики прозрачных свинцово-фторидных наностеклокерамик, активированных ионами эрбия / В. А. Асеев [и др.] // *Опт. и спектр.* – 2010. – Т. 108. – С. 763–770.
2. McCumber, D.E. Theory of photon-terminated optical masers / D. E. McCumber // *Phys. Rev.* – 1964. – Vol. 134. – P. A299-A306.
3. Improvement of Er^{3+} emissions in oxyfluoride glass ceramic nano-composite by thermal treatment / Daqin Chen [et al.] // *Journal of Solid State Chemistry.* – 2006. – Vol. 179. – P. 1445-1452.
4. Ходасевич, М.А. Стекла для эрбиевых волоконных усилителей: сравнение на основе предельной спектральной эффективности передачи информации / М. А. Ходасевич, Г. В. Синицын, Ю. А. Варакса // *Опт. и спектр.* – 2006. – Т. 101. – С. 805–809.
5. Varaksa, Yu.A. Transmission Capacity of Erbium-Doped Fiber Amplifiers as a Criterion for Quality of Erbium-Doped Optical Fibers / Yu. A. Varaksa, G. V. Sinitsyn, M. A. Khodasevich // *Optics and Spectroscopy.* – 2008. – Vol. 104, № 1. – P. 130–134.

СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА ОБОЛОЧКИ КОМПОЗИЦИОННОГО КАБЕЛЯ ПОСЛЕ ДЕФОРМАЦИИ С НАЛОЖЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА

Царенко Ю.В., Рубаник В.В., Бобров В.П.

ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», г. Витебск

E-mail: labpt@vitebsk.by

Оболочка нагревостойких и термодарных кабелей обычно выполняется из стали 12Х18Н10Т, которая имеет в структуре нестабильный аустенит. Особенностью данной стали является возможность широкого изменения механических свойств как в результате различной термической обработки, так и в результате пластической деформации. Для начала $\gamma \rightarrow \alpha'$ превращения при пластической деформации необходимо, чтобы напряжение достигло определенного значения [1], которое зависит от температуры деформации нержавеющей стали.

Исследовано влияние ультразвуковых колебаний на процесс образования мартенситной фазы при пластической деформации растяжением образцов кабеля КНМСС. В кабельной заготовке колебания возбуждали с помощью волноводной системы с использованием магнитострикционного преобразователя ПМС15-А18. Для получения информации о количестве α' -фазы в кабеле в зависимости от условий деформации (рис.1) были проведены рентгеноструктурные исследования. Исследования проводили на рентгеновском дифрактометре ДРОН-2.

Анализ зависимости содержания α' -фазы от амплитуды ультразвуковых смещений показывает, что имеется оптимальное значение амплитуды ультразвуковых смещений в области 5...10 мкм, при котором образование мартенситной фазы при растяжении существенно замедляется. Дальнейшее повышение амплитуды смещений вызывает увеличение количества α' - фазы (рис.1).

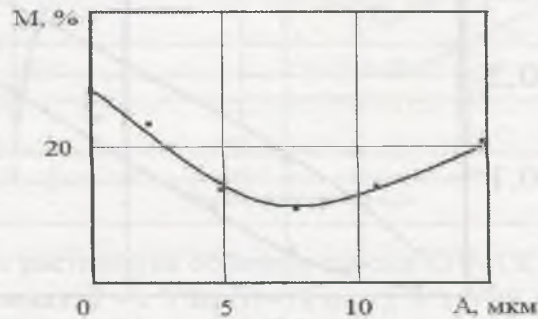


Рисунок 1 – Зависимость содержания α' -фазы от амплитуды ультразвуковых смещений при растяжении кабеля КНМСС с исходным диаметром 2,0 мм.

Результаты измерений показали, что в процессе растяжения на определенном этапе образуется ферромагнитная α' -фаза, количество которой непрерывно увеличивается по мере роста удлинения образца. Однако, если в первые моменты деформации ее распределение по деформируемому образцу в основном равномерно, то в последующем, когда образуется шейка, это распределение становится неоднородным, с явным преобладанием количества α' -фазы в месте локализованной деформации, т.е. месте последующего разрыва образца. После того, как средний уровень напряжений в деформируемом образце достигнет критических значений, соответствующих зарождению α' -фазы, в аустенитной матрице образца оболочки начнется $\gamma \rightarrow \alpha'$ превращение.

Показано, что после волочения с наложением ультразвука интенсивность пиков α' -мартенситной фазы оболочки кабеля заметно снижается по сравнению с деформацией в обычных условиях. Такие структурные изменения в оболочке кабеля, по-видимому, связаны как со снижением напряжений деформации при ультразвуковом волочении, так и некоторым повышением температуры деформации материала за счет поглощения акустической энергии.

С увеличением степени холодной деформации наблюдается увеличение намагниченности оболочки кабеля (рис.2). Намагничивание образцов кабеля проводили в постоянном поле 900 А/см, измерения намагниченности насыщения проводили по известной методике [2]. В исходном состоянии перед волочением оболочка кабеля из стали 12Х18Н10Т имеет однофазную аустенитную структуру. Зёрна исходного аустенита являются равноосными и примерно одинаковыми по величине. В процессе волочения происходит не только дробление зёрен, но и вытягивание их в направлении протягивания.

Так, например, после деформации в обычных условиях до 40-45% намагниченность насыщения немагнитной в исходном состоянии стали 12Х18Н10Т увеличивается. Такое увеличение магнитного насыщения объясняется $\gamma \rightarrow \alpha'$ превращением в процессе холодной деформации и, следовательно, увеличением содержания магнитной α' -фазы.

Из графика видно, что изменение величины J_s с увеличением степени деформации после волочения с наложением ультразвуковых колебаний имеет несколько другой характер. Так, намагниченность стали 12Х18Н10Т в этом случае увеличивается при степенях деформации до 15% незначительно, а затем возрастает более интенсивно. В целом намагниченность насыщения образцов

стали после волочения с ультразвуком ниже на 35-45 %, чем после обычного волочения.

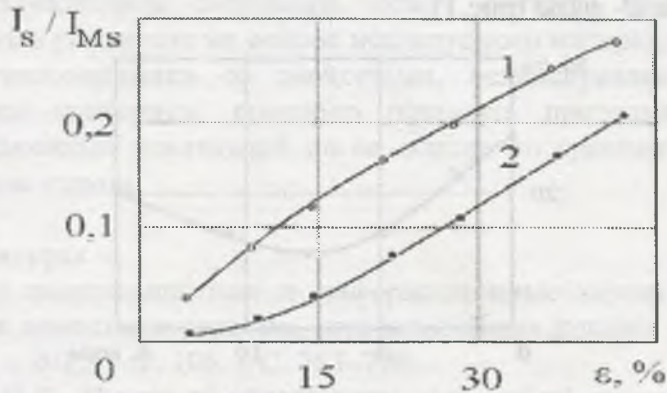


Рисунок 2 – Изменение намагниченности оболочки кабеля КНМС диаметром 2,0 мм от степени деформации после волочения: 1 - в обычных условиях, 2 - с наложением УЗК. I_{Ms} - намагниченность насыщения мартенсита.

Количество мартенсита в образцах стали 12X18H10T, определенное с использованием методов рентгеноструктурного и магнитного фазового анализа, не всегда совпадает. Как правило, значения, полученные методом магнитного анализа, более объективные, потому что они характеризуют объемные свойства исследуемого материала, а дифрактограммы характеризуют, в основном, поверхностные свойства материала. В силу неоднородности деформации по сечению образцов, особенно при волочении, это необходимо учитывать в оценках их структурных свойств [3].

На рис. 3 приведены диаграммы растяжения образцов нагревостойкого кабеля КНМСС, деформированных волочением при различных условиях. Исходный диаметр заготовки составлял 2,0 мм. Степень деформации образцов кабеля составляла 15 %. Механические испытания образцов на растяжение проводили на разрывной машины ИП 5158-5 с погрешностью не более 1% от величины нагрузки и скоростью растяжения 60 мм/мин.

Как следует из рис.3, наиболее высокие прочностные свойства имеют образцы кабеля после волочения в обычных условиях (кривая 1). Волочение с наложением ультразвука приводит к снижению прочностных свойств (кривые 2 и 3). Относительное удлинение (δ) оболочки образцов также зависит от условий волочения кабеля. Так, после волочения в обычных условиях наблюдается наименьшее значение δ , в то время как после волочения с наложением ультразвука (кривая 3) относительное удлинение достигает 24%. Оптимальные значения механических свойств оболочки кабеля наблюдаются после волочения с УЗК при амплитуде смещений волокна 10 мкм (кривая 3).

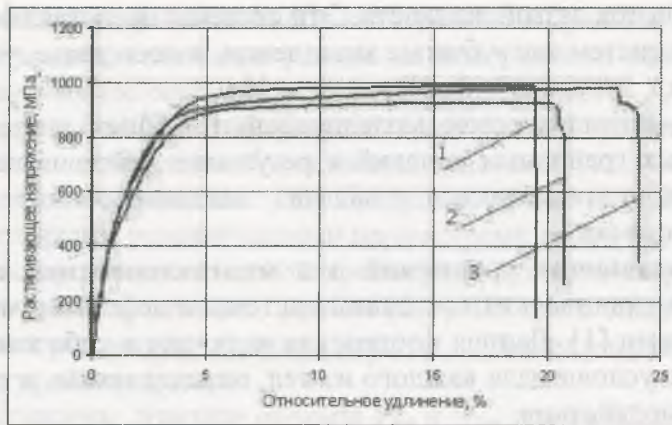


Рисунок 3 – Кривые растяжения образцов кабеля КНМСС после волочения: 1 - в обычных условиях; 2 - с УЗК ($A=18$ мкм); 3 - с УЗК ($A=10$ мкм).

Последующая термообработка в проходной печи приводит к формированию полностью аустенитной структуры независимо от условий предыдущей деформации [3].

Таким образом, из анализа результатов рентгеноструктурных и микроструктурных исследований можно сделать вывод, что использование ультразвуковых колебаний при обработке композиционных изделий из стали 12X18H10T, позволяет уменьшить ее фазовый наклеп за счёт торможения $\gamma \rightarrow \alpha'$ превращения.

Список литературы

1. Максимкин О.П., Цай К.В. Магнитометрическое исследование особенностей мартенситного превращения $\gamma \rightarrow \alpha'$ в облученной нейтронами стали 12X18H10T// Металлы.- 2008.- №5. - С.39-47.
2. Апаев Б.А. Магнитный фазовый анализ. – М.: Металлургия, 1973. - 280с.
3. Клубович В.В., Рубаник В.В., Царенко Ю.В. Ультразвук в технологии производства композиционных кабелей. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 293 с.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ОБЪЕМНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Журавков М.А., Щербаков С.С.

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

Представлены основные модели и методы анализа механических состояний трибофатических систем. Рассмотрены разрешающие уравнения для системы и взаимодействующих тел, результаты исследования пространственного напряженно-деформированного состояния, объемной поврежденности и многокритериальных предельных состояний деформируемых систем при одновременном действии контактных и неконтактных нагрузок.

Введение

Одной из важных задач современной механики деформируемого твердого тела и механики контактного взаимодействия является построение моделей механических состояний систем, в которых одновременно реализуется контактное взаимодействие с трением (качения, скольжения) между твердыми деформируемыми телами и неконтактное (объемное, в том числе циклическое) деформирование, по крайней мере, одного из элементов системы [1-3]. Данные системы получили название трибофатических (силовых).

Характерными примерами подобных систем являются системы ролик/вал,