переменной по времени. Решение ищется в виде разложения в ряд по базисным функциям, в качестве которых берутся балочные функции, которые обладают свойством ортогональности, и состоит из общего решения однородной системы и частного решения неоднородной системы. После получения решения для перемещений могут быть найдены соответствующие моменты и усилия в пластине и рёбрах.

При отыскании решения ведётся проверка величины интенсивности максимального напряжения. Если эти напряжения превышают предел упругости, то решение уточняется с учётом динамических характеристик материала. Рассмотрены конкретные примеры, на основе которых исследуется влияние на НДС пластины рёбер жёсткости, перфораций и скорости движения внешней нагрузки.

УДК 621.924

ВАСЮКОВ Д.В.**, *ЛАВИНСКИЙ В.И.*****,** докт. техн. наук

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КОНИЧЕСКОГО ИНДУКТОРА С УЧЕТОМ ЭФФЕКТОВ МАГНИТОУПРУГОСТИ

Областью исследования является магнитно–импульсная штамповка-способ обработки металлической заготовки без контакта с рабочим инструментом [1]. Установки использующий такой способ штамповки характеризуются возбуждением сил Лоренца, которые определяют давление на заготовку. Одна из основных проблем при использовании магнитного поля является механическая прочность индуктора. Резкий скин-эффект, позволяет просто связать давление в глубине скин–слоя с величиной напряженности поля.

Объектом исследования является одновитковой конический индуктор. Целью исследования является определение НДС индуктора. Внутренние напряжения вызваны протеканием токов высокой плотности, что приводит к возникновению магнитного поля высокой напряженности. В ходе решения данной задачи пренебрегаем теплоэлектрическими процессами; учитываем только линейные слагаемые в соотношениях магнитоупругости; материал

однородный и изотропный; линейная модель материала; численное решение приводится в осесимметричной постановке.

Практически данную задачу можно условно разделить на решение электромагнитной и механической задачи.

Основные теоретические соотношения [2,3].

Уравнения Максвелла и соотношения для электромагнитного поля:

$$\nabla \times H = j,\ \nabla \times E = -\dot{B},\qquad \nabla \cdot D = 0,\ \nabla \cdot B = 0; \tag{1}$$

$$\frac{1}{\pm_0 «_0{}^2}(\nabla \times B)(\nabla \times B) = 0;\qquad \Delta \cdot B = 0; \tag{2}$$

где E, H – электрическая и магнитная напряженности; D, B – электрическая и магнитная индуктивности; j – вектор плотности тока; $\pm_0, «_0$ – электрическая и магнитная проницаемость среды.

Деформации и напряжения примем в виде:

$$£ = \frac{1}{2}\left(\nabla u + (\nabla u)^T\right),\qquad \pm = \left(ª + \frac{2}{3}«\right)£_V I + 2«\epsilon; \tag{2}$$

где μ и λ – постоянные Ламе.

Уравнение в перемещениях:

$$«\Delta u + (ª + «)\nabla \cdot (\nabla \cdot u) + \frac{1}{«_0}(B) \times (\nabla \times B) = 0; \tag{3}$$

где третье слагаемое в левой части силы Лоренца.

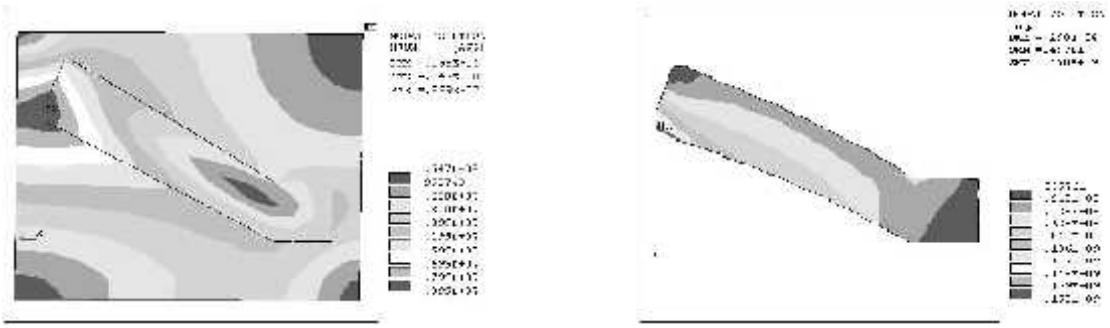
Систему уравнений необходимо дополнить механическими и электромагнитными краевыми условиями:

$$£ \cdot n = \pm_a,\ u = u_a;\ B = B_c + B_a,\ \frac{1}{\pm_0 «_0}(\nabla \times B) = E_c + E_a \tag{4}$$

Решение поставленной задачи выполнялось посредством конечно-элементного пакета ANSYS. Распределение магнитной напряженности показано на рис.1а. Напряженность электромагнитного поля в рабочей зоне индуктора является достаточным для выполнения штамповки [1]. Картина распределения интенсивностей напряжений показана на рис.1б. Максимальные напряжения, возникающие в индукторе, не превышают предел текучести для

данного материала. Таким образом, модель конического индуктора удовлетворяет необходимым требованиям.

Данные исследования являются базовыми для комплексного анализа нестационарных процессов протекающих в системах такого типа



а)напряженность б)интенсивность напряжений

Рис.1. Численные результаты.

Список литературы: 1. *Белый И.В., Фертик С.М., Хименко Л.Т.* Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов. –Харьков, «Вища школа» - 1977г.-168 с. **2.** *Подстригач Я.С., Бурак Я.И., Кондрат В.Ф.* Магнитотермоупругость электропроводных тел. – Киев, «Наукова думка» - 1982г, 290 с. **3.** *Новацкий В.* Электромагнитные эффекты в твердых телах: Пер. с польск. – М.: Мир, 1986. – 160 с.

УДК 539.3

ГОЛОВКО Н.М.**, *ЖОВДАК В.О.,*** докт. техн. наук, проф., ***ЛАРІН О.О.***

ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЙНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ БАНДАЖНОГО З'ЄДНАННЯ НА ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛОПАТКОВОГО АПАРАТА

Лопатковий апарат сучасних парових турбін має різні типи конструктивних виконань бандажа й хвостового з'єднань із диском. Як правило, саме в цих з'єднаннях можливі технологічні відхилення, пов'язані з монтажем лопаток на диску, які істотно впливають на динамічні характеристики цих систем. Це пов'язане з технологією складання лопаткового апарата, тому що зчленування лопаток на кільце вимагає ручного припасування контактуючих поверхонь, що позначається на циклічній симетрії конструкції та є актуальною