

УДК 531.374

М.І. Яворська¹ к.ф.-м.н., доц., Т.С. Дубиняк¹ к.т.н., доц.,О.С. Манзій² к.ф.-м.н., доц., С. К. Андрейчук² к.н. держ.упр., доц.¹ Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна;² Національний університет «Львівська політехніка», Україна;**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТА ЗАДАЧІ, ЩО ВИНИКАЮТЬ ПРИ УТВОРЕННІ
ОБОЛОНОК МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО НАПИЛЕННЯ**

М.І. Yavorska Ph.D, Assoc.Prof., T.S. Dubyniak Ph.D, Assoc.Prof.,

O.S. Manziy Ph.D, Assoc.Prof., S.K. Andreichuk Ph.D, Assoc.Prof.

**STUDY OF THE PROCESS AND PROBLEMS ARISING DURING THE
FORMATION OF SHELLS BY THE METHOD OF ELECTRIC ARC SPRAYING**

Виробництво антенних систем, та виготовлення відбиваючих поверхонь базується на нових технологічних і конструкторських ідеях, реалізація яких вимагає відповідного науково-технічного забезпечення, і можливе в тісній співпраці виробництва з науковим потенціалом. Технологія виготовлення оболонок з сітчастого матеріалу може бути використана для виготовлення осесиметричних і неосесиметричних рефлекторів або окремих елементів дзеркальних антен.

Відомі формозмінюючі операції листового штампування: витяжка, ротаційна витяжка, рельєфне формування, обтяжка, в тому числі витяжка резиною, рідиною, гідромеханічна витяжка, витяжка вибухом, штампування електричним розрядом, електромагнітне штампування, гідропневмовитяжка, які дозволяють отримати оболонку з листового матеріалу (суцільного чи газо- і гідропроникного) шляхом притискання його до матриці або пуансона передаючим середовищем. Оболонка з певними похибками відтворює профіль формоутворюючого елемента [1].

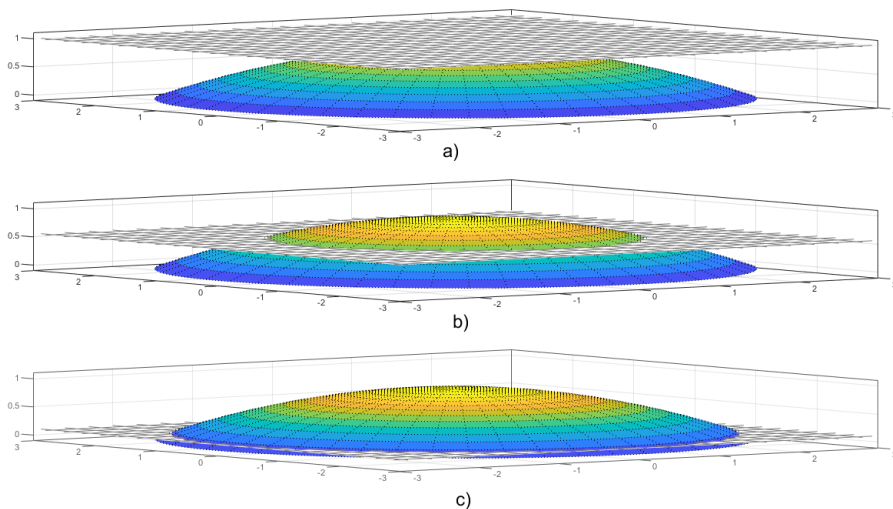


Рис. 1 Етапи наплення сітки за фрагментами еталонної поверхні

Представимо каркасну сітку (рис.1 а)) її математичною моделлю із зосередженими параметрами у вигляді сукупності мас m_{ij} , локалізованих у вузлах $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, l$, як показано на рис.2 б).

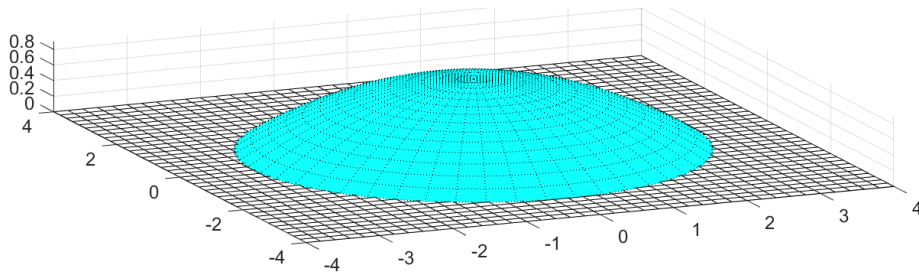


Рис. 2 Профілювання каркасної сітки за еталонною поверхнею пуансона в кінцевому варіанті

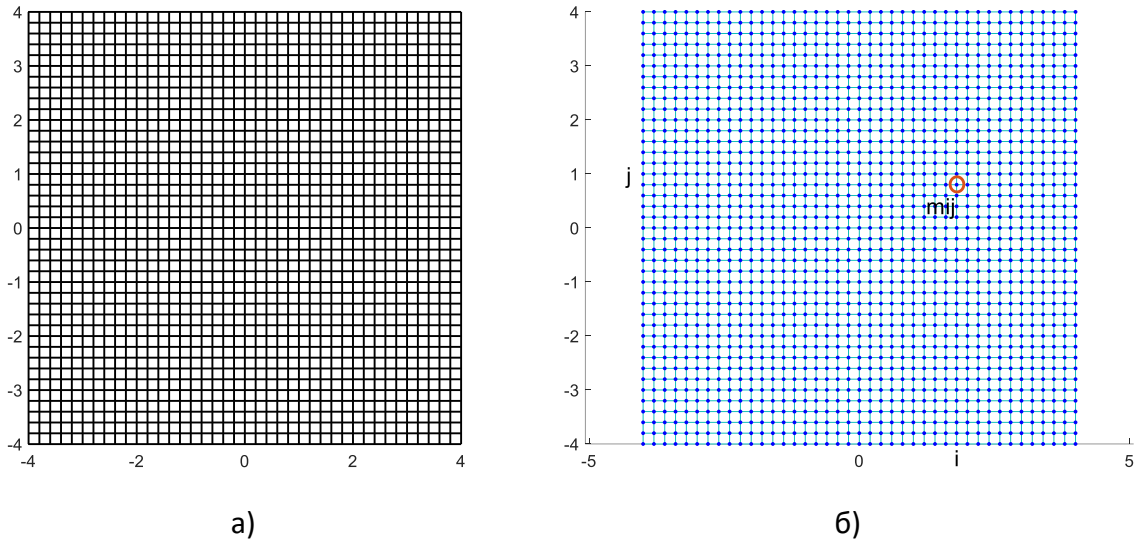


Рис. 3 Каркасна сітка (а) і представлення її моделлю із зосередженими масами у вузлах(б)

Оскільки діаметр дроту сіткового матеріалу малий а виконання заготовки забезпечує вільне проковзування дротин у вузлах, можна вважати, що вона прийматиме форму робочої поверхні під дією власної ваги. Тоді мінімум потенційної енергії:

$$W_{min} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij} g L_{ij}$$

де L_{ij} – відстань вузла у вихідному положенні від еталонної поверхні (рис. 4).

Якщо поверхню пуансона в системі координат $Oxuz$ представити її математичною моделлю

$$F(x, y, z) = 0 \tag{1}$$

то

$$L_{ij} = Z_{ij} - z_{ij}$$

де значення $z_{ij} = q$ знаходимо як розв’язок рівняння $F(X_i, Y_j, q) = 0$.

Іншою проблемою, що виникає при реалізації методики напилення є позиціонування, траєкторія, лінійна і кутова швидкості переміщення сопла напилювача, які б забезпечували рівномірність шару покриття по всій поверхні. Не вдаючись в технологічні особливості процесу розглянемо умову орієнтації факелу, перпендикулярно до робочої поверхні. Мінімальну відстань початкової позиції сопла з координатами (X_i, Y_j) до еталонної поверхні (рис. 4) напилення знайдемо як довжину відрізка нормалі до цієї поверхні, що проходить через точку з координатами $(X_i, Y_j, 0)$, і перетинає поверхню в точці з координатами $(x_{0i}, y_{0j}, z_{0ij})$:

$$D = \sqrt{(X_i - x_{0i})^2 + (Y_j - y_{0j})^2 + (z_{0ij})^2} \quad (2)$$

Рівняння нормалі до поверхні в точці $M_{0ij}(x_{0i}, y_{0j}, z_{0ij})$:

$$\frac{X - x_{0i}}{\frac{dF}{dx}(M_{0ij})} = \frac{Y - y_{0j}}{\frac{dF}{dy}(M_{0ij})} = \frac{-z_{0ij}}{\frac{dF}{dz}(M_{0ij})}. \quad (3)$$

Виходячи із системи рівнянь заданих співвідношеннями(1,2,3) можемо оцінити мінімальну відстань вузла(i,j) сітки (рис.3 а)), що знаходиться в початковому положенні (рис1 а)), від еталонної поверхні.

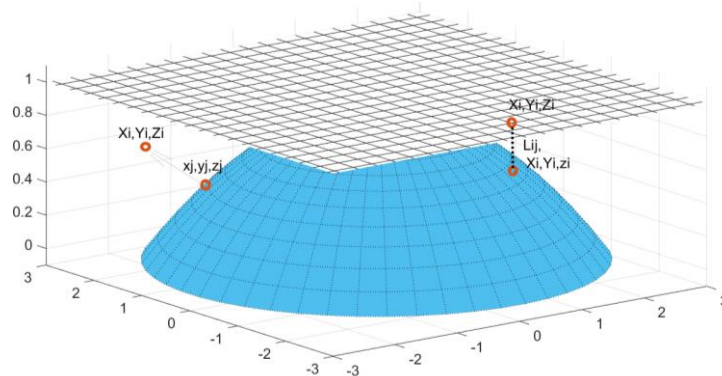


Рис. 4 До орієнтації факелу напилювача

У ході роботи розглянуто методи виробництва антенних систем, та виготовлення відбиваючих поверхонь, що базується на нових технологічних і конструкторських ідеях. Досліджено процес утворення оболонок з сітчастого матеріалу, що може бути використана для виготовлення осесиметричних і неосесиметричних рефлекторів або окремих елементів дзеркальних антен.

Однією з задач, які досліджують при формуванні оболонки є знаходження положення елементів сітки після деформування, що у нашому випадку зводиться до знаходження положення вузлів сітки після деформації. знаходження положення елементів сітки після деформування.

Мінімізація потенціальної енергії здійснено чисельно ітераційним методом. При розрахунку енергії використовується очевидний факт, що енергія елемента залежить лише від деформації самого елемента, а деформація в свою чергу залежить від зусиль, прикладених до кінців елемента. Також очевидним є те, що енергія всієї сітки дорівнює сумі енергій її частин.

Література

1. Ротхаммель К., Кришке А. Антенны. Том 1.: Пер с нем. – Мн.: ОМО «Наш город», 2001. –416с., ил.
2. Сулим Г.Т. Основы математической теории термоупругой равновесии деформированных твердых тел с тонкими включениями. – Львів: Дослідно-видавничий центр НТШ, 2007. – 716 с.
3. В.А.Овчаренко, С.В.Подлесний, С.М.Зінченко Основы метода скінченних елементів і його застосування в інженерних розрахунках Навчальний посібник. – Краматорськ: ДДМА, 2008. – 380 с.
4. Карвацький А. Я. Метод скінченних елементів у задачах механіки суцільних середовищ. Програмна реалізація та візуалізація результатів [Електронний ресурс], 2015