

**І. О. Сивак, д.т.н., професор,
Т. В. Ярошенко, аспірант,
В. В. Ільченко, студент**

Вінницький національний технічний університет

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ПРИ ВДАВЛЮВАННІ КУЛЬКИ В ЦИЛІНДРИЧНУ ПОВЕРХНЮ

Метод кінцевих елементів є чисельним методом визначення напруженого деформованого стану. Метод представлено в працях О. Зенкевича [1], К. М. Іванова [2]. Суть методу в тому, що досліджуваний об'єкт замінюється сукупністю певної кількості дискретних елементів, зв'язаних між собою вузлами. Безпосередній перехід до розрахункової формули дає можливість довільно розміщувати вузли сітки елементів, природно формувати граничні умови.

Для визначення напруженого деформованого стану при радіальному вдавлюванні кульки в циліндричну поверхню нами використана програма LS-DYNA, розрахунок якої має за основу метод кінцевих елементів і яка уже отримала досить широке практичне використання. К. А. Басов, А. В. Чигарьов, Л. А. Рябічева [3] та інші в своїх роботах представили можливості використання даної програми та шляхи реалізації необхідних поставлених задач.

Оскільки процес радіального вдавлювання супроводжується великими пластичними деформаціями, які значно перевищують можливі пружні, то доцільно розглядати лише пластичні деформації. Приклади полів розподілення інтенсивності напружень знаходяться на рисунках 1-3. При цьому розглядалось вдавлювання кульок різного діаметру (від 12,7 до 18,26 мм) на глибину 1,2 мм. Найбільша інтенсивність напружень досягнута при вдавлюванні кульки максимального діаметру. Аналогічне моделювання проведено для вдавлювання кульки на різну глибину. Результати показано на рисунку 4.

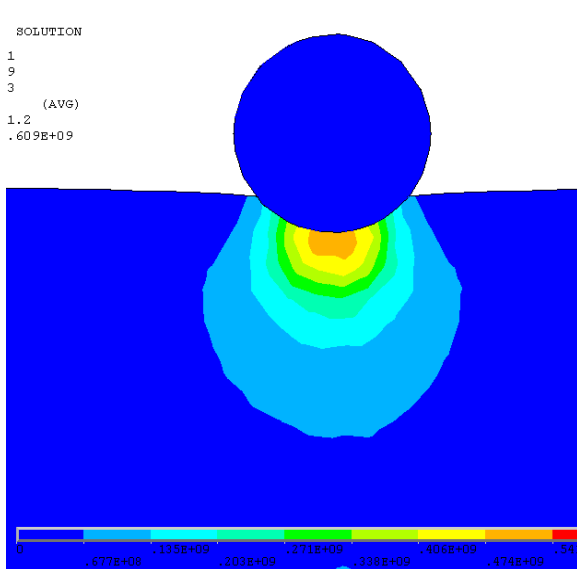


Рисунок 1 – Розподілення інтенсивності напружень при вдавлюванні кульки діаметром 12,7 мм. на глибину 1,2 мм в циліндричну поверхню

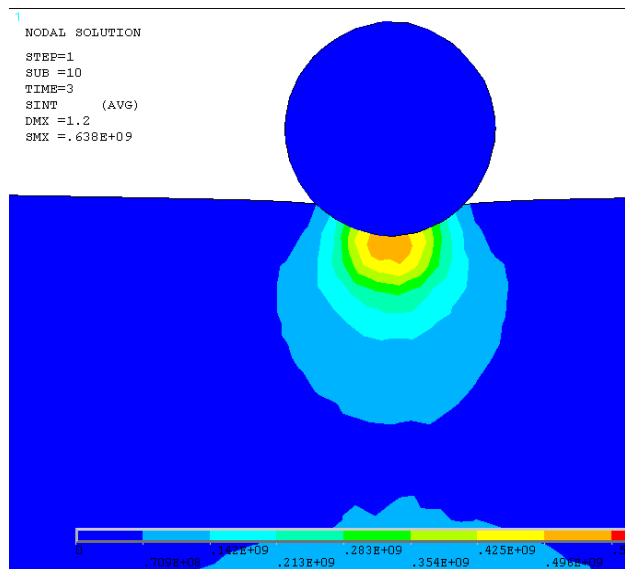


Рисунок 2 – Розподілення інтенсивності напружень при вдавлюванні кульки діаметром 15,88 мм на глибину 1,2 мм в циліндричну поверхню

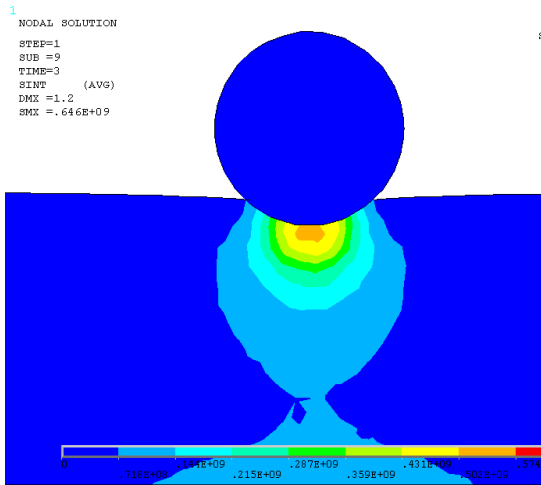


Рисунок 3 – Розподілення інтенсивності напружень при вдавлюванні кульки діаметром 18,26мм. на глибину 1,2 мм в циліндричну поверхню

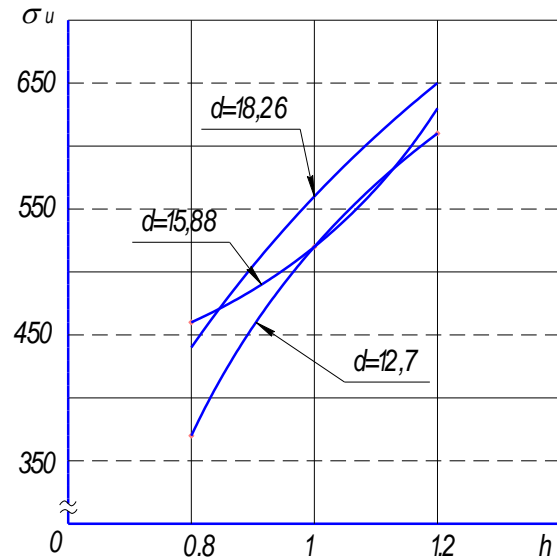


Рисунок 4 – Залежності інтенсивності напруження σ_u (МПа) від глибини вдавлювання кульки h (мм) в циліндричну поверхню для різних діаметрів цієї кульки

Аналізуючи залежності величин на графіку рисунку 4 бачимо, що для досліджуваного інтервалу глибин вдавлювання кульки до $h = 1,2$ мм інтенсивність напруження зростає, що свідчить про зростання інтенсивності зміцнення із збільшенням глибини вдавлювання. Однак необхідно відмітити, що при вдавлюванні кульки діаметром $d = 15,88$ мм. Інтенсивність напружень спочатку зростає повільно, із збільшення глибини вдавлювання кульки, а потім різко починає збільшуватися. При цьому залежність інтенсивності зміцнення глибин вдавлювання для трьох кульок практично однакова. Більш інтенсивне зміцнення має місце при вдавлюванні кульки максимального діаметра.

Література

1. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М. : Мир, 1975. – 542 с.
2. Иванов К. М. Метод конечных элементов в технических задачах ОМД : учебное пособие / К. М. Иванов, В. С. Шевченко, Э. Е. Юргенсон. – СПб. : Институт машиностроения, 2000. – 217 с.
3. Рябичева Л. А. Особенности компьютерного моделирования технологических процессов обработки металлов давлением методом конечных элементов / Л. А. Рябичева, Д. А. Усатюк // Вісник Східноукр. нац. ун-ту. – 2005. – № 10. – С. 178–184.
4. Смирнов В. А. Аналитические определения остаточных напряжений и деформаций в процессе обработки давлением / В. А. Смирнов // Изв. Вузов. Машиностроение. – 1977. – № 1. – С. 150–155.
5. Смелянский Вадим Михайлович. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием : монографія / В. М. Смелянский. – М. : Машиностроение, 2002. – 300 с. – ISBN 5-217-03065-8.
6. Сердюк О. В. Моделирование процесса деформирования поверхностного слоя при обкатке цилиндрическим роликом / О. В. Сердюк // Обработка материалов давлением : сборник научных трудов. – 2012. – № 3(32). – С. 15–18.