

ОЦІНКА НЕРІВНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ДЕФОРМАЦІЙ ПО ПЕРЕРІЗУ В ПРОЦЕСІ БАГАТОСТУПІНЧАТОГО ВОЛОЧІННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Виконано аналіз розподілу деформацій по перерізу через представлення їх у відносних одиницях. Показано, що графіки розподілу деформацій по перерізу практично співпадають для різних переходів та діаметрів заготовок. Коефіцієнт нерівномірності деформацій практично не залежить від числа переходів та ступеня витягування і сягає 0,87.

Ключові слова: волочіння, деформація, маловуглецевий дріт.

Abstract

The analysis of the distribution of deformations over transverse section via their representation in relative units is performed. It is shown that the strain distribution diagrams over transverse section practically coincide for different transitions and diameters of workpieces. The strain non-uniformity coefficient is practically independent of the number of transitions and the degree of extraction and reaches 0.87.

Keywords: drawing, deformation, low carbon wire.

Вступ

Основним процесом виробництва дроту марок G3Si1 та Св-08Г2С є процес волочіння із катанки діаметром 6,5 або 5,5 мм до необхідного діаметру 1,6, 1,2, 1,0 або 0,8 мм. [1; 2]. В роботах [3; 4] досліджувались питання оцінки деформовності, але використання представлених методів не дає можливості з необхідною для практики точністю визначити граничні технологічні параметри процесу багатоступінчастого волочіння. Зокрема, в роботі [4] наведена методика оцінки деформовності при волочінні, але, як показують розрахунки, зокрема для процесу волочіння маловуглецевого сталевого дроту, мають місце значні відхилення розрахунків та експериментальних даних, особливо, коли кількість переходів сягає більше 10. Похибка в низці випадків сягає 200% і більше. Одною з причин є те, що дослідження напружено-деформованого стану виконувались із застосування наближених теоретичних підходів, які не здатні, зокрема, оцінити нерівномірність деформацій в перерізі.

Метою роботи є виконання аналізу розподілу деформацій по перерізу дроту з типових для сучасного ринку маловуглецевих сталей в процесі його багатоступінчастого волочіння.

Результати дослідження

Для аналізу механіки процесу волочіння скористались методом скінчених елементів (МСЕ), як одним із надзвичайно ефективних при вивченні процесів холодного пластичного деформування [5]. Вивчався деформований стан в процесі багатоступінчастого волочіння маловуглецевого дроту (рис. 1) за типовим для виробництва технологічним процесом з катанки діаметром 5,5 мм до фінішних діаметрів дроту 0,9; 0,83; 0,77 (мм) -
5,5→4,68→3,99→3,42→2,95→2,56→2,24→1,98→1,73→1,52→1,34→1,19→1,07→0,98→0,90→0,83→0,77 (мм).

На рисунку 2 показано розподіл інтенсивності накопичених деформацій по перерізу дроту на перших п'яти етапах волочіння. Зауважимо, що для інших етапів зазначені залежності мають подібний характер.

Віднесемо абсцису розрахункових точок отриманих графіків до поточного діаметру на певному етапі волочіння, а ординату – до деформації на поверхні. В результаті отримуємо розташування розрахункових точок близько до кривої, характер якої носить вигляд параболи (рис. 3). Апроксимуємо експериментальні точки функцією

$$\bar{e}_i = \bar{e}_0 + (1 - \bar{e}_0) \cdot \bar{\rho}^2 = m + (1 - m) \cdot \bar{\rho}^2 \quad (1)$$

де $\bar{e}_0 = \bar{e}_{0n} = \frac{e_{0n}}{e_{1n}} = \frac{e_{\min}}{e_{\max}} = m = 0,87 \pm 0,001$ - коефіцієнт нерівномірності деформацій, практично не

залежить від числа переходів та ступеня витягування;

e_{0n} – накопичена інтенсивність деформацій на вісі дроту на n -му переході.

e_{1n} – накопичена інтенсивність деформацій на поверхні дроту на n -му переході.

$\bar{e}_i = \bar{e}_{in} = \frac{e_{in}}{e_{1n}}$ – відносна накопичена інтенсивність деформацій в точці, відносна координата якої по

радіусу дорівнює $\bar{\rho} = \frac{\rho_n}{r_{0n}} = \frac{2\rho_n}{d_{0n}}$.

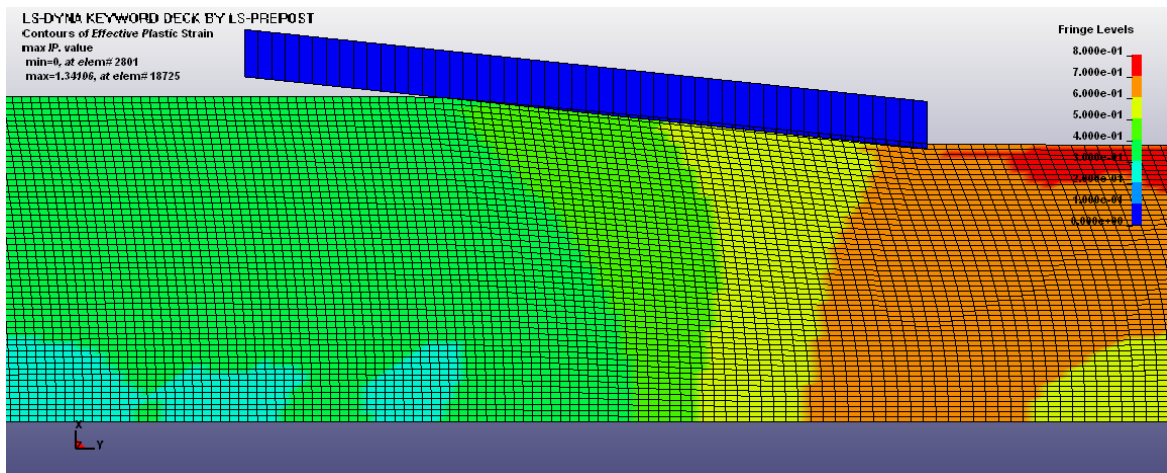


Рис. 1 – Розподіл накопиченої інтенсивності деформацій за результатами моделювання волочіння МСЕ

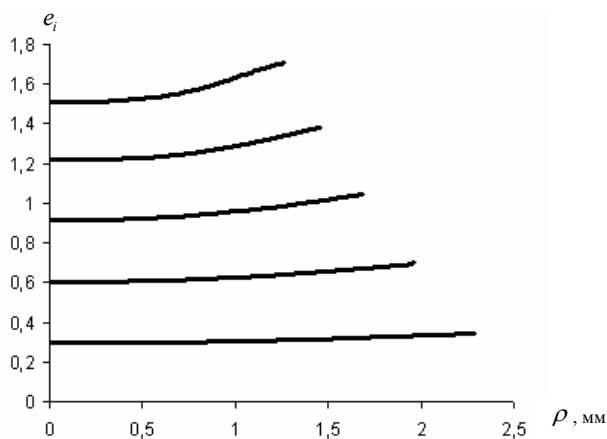


Рис. 2 – Розподіл деформацій по перерізу дроту

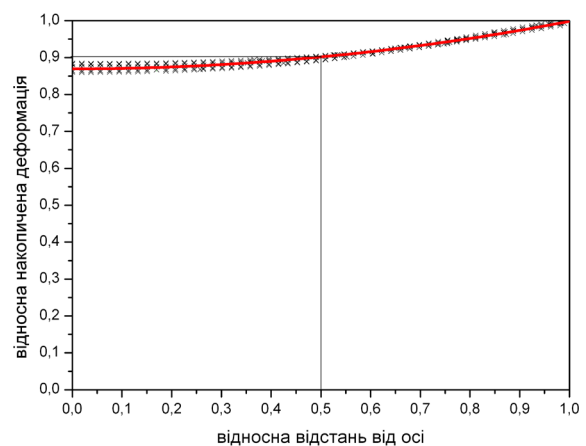


Рис. 3 – Розподіл відносної накопиченої інтенсивності деформацій в залежності від відносної радіальної координати $\bar{\rho} = \frac{\rho}{r_0}$

Зауважимо, що функція (1) досить точно описує відповідний розподіл – скоригований коефіцієнт детермінації складає $R_{adj} = 0,98$.

Також відмітимо, що незалежно від числа переходів та ступеня витягування середня деформація спостерігається на відстані $\bar{\rho}_m = \frac{\rho}{r_0} = 0,5$ і її величина сягає 0,9 від максимальної на поверхні

$$\bar{e}_{im} = 2 \ln \frac{d_0}{d_n} / e_{1n} = 0,9.$$

Що дозволяє із використанням класичних формул визначення накопиченої інтенсивності деформацій визначати величину e_i на вісі, поверхні і в довільній точці дроту в його поперечному перерізі на n -му переході, зокрема $e_{\max} = 1,11 \cdot 2 \ln \frac{d_0}{d_n}$, $e_{\min} = 0,96 \cdot 2 \ln \frac{d_0}{d_n}$.

Коефіцієнт нерівномірності деформацій для дослідженого маршруту волочіння становить $m = 0,87$. Для маршрутів волочіння, які суттєво відрізняються за своїми технологічними параметрами від дослідженого, необхідно виконувати додаткове вивчення щодо значення m , проте отримані загальні формули за своєю структурою не зазнають змін, що може бути використано як в практичному, так і теоретичному аспекті подальшого використання отриманих результатів.

Тому, при використанні теоретичного аналізу варто зауважити, що дійсні деформації на вісі, за якими оцінюється деформовність, будуть менші (в 0,97 раз від середньологарифмічних), а на поверхні в 1,11 раз більші. При цьому, коли ступінь накопичених деформацій сягає, наприклад, 4-х (характерно для процесу волочіння маловуглецевого дроту), то дійсні деформації на вісі і на поверхні будуть 3,9 і 4,44, що є суттєво при призначенні граничних режимів волочіння з максимальним ступенем витягування.

Висновки

Розподіл деформацій по перерізу дроту при багатоступінчастому волочінні має характер квадратичної параболи, при цьому у відносних одиницях графіки деформацій практично співпадають незалежно від номеру переходу та діаметра заготовки. Коефіцієнт нерівномірності деформацій також виявляє слабку залежність від числа переходів та ступеня витягування і сягає 0,87.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] В.П. Костюченко, М.А. Таранец, З.А. Дегтяренко, С.А. Шамин и В.Д. Кузяков, «Особенности производства сварочной омедненной проволоки Св-08Г2С», Метизы, №2(18), с.60-63, 2008.
- [2] A.V. Grushko, V.V. Kukhar and Y.O. Slobodyanyuk, «Phenomenological model of low-carbon steels hardening during multistage drawing», Solid State Phenomena, Vol. 265, pp. 114-123, 2017.
- [3] В.А. Огородников, Деформируемость и разрушение металлов при пластическом формоизменении. К., СРСР: УМК ВО, 1989.
- [4] В.А. Огородников, О. Ю. Співак та О. В. Грушко, Деформація волочінням і фізико-механічні властивості тонких термодіагностичних дротів. Вінниця, Україна : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2014.
- [5] О.В. Грушко, В.А. Огородников та Ю.О. Слободянюк, «Деформовність маловуглецевого дроту в процесі його багатоступінчастого холодного волочіння волочіння», Вісник Вінницького політехнічного інституту, № 3, с. 103-110, 2019.

Грушко Олександр Володимирович — професор кафедри ОМІМ, доктор технічних наук, професор, Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, e-mail: grushko1alex@gmail.com.

Hrushko Oleksandr — Prof. of Materials Strength and Applied Mechanics Department, Doctor of Technical Sciences, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: grushko1alex@gmail.com.