

РОЗСІЮВАННЯ ЗНАЧЕНЬ ВИКОРИСТАНОГО РЕСУРСУ ПЛАСТИЧНОСТІ В ПРОЦЕСІ ОБРОБКИ ТИСКОМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Отримано залежність діапазону розкиду значень використаного ресурсу пластичності від похибки визначення граничних деформацій зсуву і розтягу, встановлена лінійна залежність між розсіюванням значень граничних деформацій та розсіюванням значень використаного ресурсу пластичності.

Ключові слова: деформація, ресурс пластичності, крива граничних деформацій, ймовірність.

Abstract

The dependence of the values of the variation range of used resource of plasticity of the error in determining ultimate strains and shear strains, established a linear relationship between the dispersion values of limit deformation and scattering values of used resource of plasticity.

Keywords: deformation, resource plasticity, deformation curves, probability.

Для розробки технологічних процесів обробки тиском необхідно мати інформацію про можливість виготовлення виробу. Таку інформацію можна отримати на основі проведення теоретико-експериментальних досліджень та розрахунків або експериментальним шляхом – здійснюючи тестування різноманітних варіантів технологій. Експериментальному вирішенню задачі притаманні класичні недоліки: суттєве здорожчання розробки технології через необхідність виготовлення різного за характеристиками інструменту та значну кількість випробувань; складність підбору оптимальних параметрів процесу тощо. Теоретично-експериментальний шлях досліджень дозволяє поєднати в собі характеристики реального матеріалу, отримані експериментальним шляхом, та теоретичні викладки, які дозволяють мінімізувати експериментальну складову дослідження. В зв'язку з цим широкого розповсюдження набула феноменологічна теорія обробки тиском, згідно якої висновок про можливість отримання того чи іншого виробу методами пластичної деформації здійснюється на основі критерію ψ – використаного ресурсу пластичності [1, 2]. За цим критерієм можливість отримання заготовок з конкретного матеріалу залежить від ступеню використання ресурсу пластичності та історії навантаження під час обробки тиском. Ступень використання ресурсу пластичності залежить від величини граничної деформації матеріалу та поточної формозміни заготовки.

Визначення граничної деформації матеріалу здійснюється шляхом випробувань на розтяг, зсув (кручення) і стиск, які показують розсіювання експериментальних значень в межах $\pm 10\%$ [3]. Згідно причинно-наслідкової діаграми Ісікави головним джерелом невідповідності (розсіювання значень) є такі елементи: матеріал, обладнання, метод, середовище, персонал.

Матеріал – неомогенність структурного і фазового складу матеріалу, зернистість, переважний напрям орієнтації зерен, наявність порожнин, пор, мікротріщин, дефектів та інших факторів, кількість та розподіл яких по об'єму металу є величиною випадковою.

Машина – нежорсткість обладнання спричиняє додаткові зміщення та похибки у плавності та стабільності навантаження, що призводить до відхилення від статичних умов випробування.

Метод – за рахунок геометричної неточності зразків, змінності умов навантаження та похибок, пов'язаних з фіксацією початку руйнування, реальні умови експерименту відрізняються від номінальних.

Середовище – в переважній більшості випадків зовнішнє середовище в лабораторних та заводських умовах не здійснює суттєвого впливу на результати дослідження матеріалу за умови стабільної температури.

Персонал – суб'єктивність прийняття рішень та фіксації значень персоналом усувається застосуванням автоматизованого вимірювального комплексу.

Контроль – здійснюється вимірвальним інструментом після ідентифікації міток на зразках. Відповідно похибки, пов'язані з ідентифікацією та вимірванням, переносяться на результати експериментальних значень.

Похибки, спричинені середовищем, обладнанням, персоналом та методами контролю можна віднести до систематичних та усунути їх. Таким чином залишається дві основні групи факторів, що впливають на розсіювання значень граничних деформацій, а відтак і на використаний ресурс пластичності – матеріал і метод здійснення випробувань.

На наш погляд основними факторами, що спричиняють розсіювання значень граничних деформацій є:

1. Складність отримання номінальних параметрів в процесі випробування (під номінальним параметром мається на увазі контрольовані величини, які очікується досягнути в процесі експерименту – показники напруженого стану).

2. Аналітичні залежності, які застосовують для апроксимації кривих граничної деформації та обрахунку значень граничних деформацій, мають обмежену область застосування і апіорі містять певні похибки.

3. Реальний матеріал – структурно неоднорідний, містить різноманітні включення та має неоднаковий та нерівномірний розподіл пошкоджень, що призводить до різної пластичності в окремих його зонах, що призводить до розсіювання використання ресурсу пластичності.

4. Геометричні параметри експериментальних зразків відрізняються від номінальних параметрів.

5. Відсутні стандартизовані зразки для випробувань листових матеріалів на зсув та стиск, які б дозволяли отримувати величину граничних деформацій в умовах, близьких до чистого зсуву та стиску.

В роботах [3, 4, 5] відмічено відхилення параметрів напруженого стану в зразках на зсув під час випробувань від номінальних значень та вказано, що в залежності від геометричних характеристик листових зразків величина розсіювання показників напруженого стану становить до 25% і вказує на можливість розсіювання реальних значень граничної деформації листових матеріалів під час обробки тиском.

Для оцінки впливу точності визначення кривої деформації на використаний ресурс пластичності проведено оцінювальний розрахунок для умовного процесу холодного пластичного деформування заготовки зі сталі 20. В [3, 7] для сталі 20 вказані усереднені значення граничної деформації розтягу і зсуву та середньоквадратичні відхилення результатів експериментів, відповідно до яких варіація значень граничних деформацій становить близько $\pm 18\%$ відносно усередненої величини. З метою оцінювання впливу розсіювання значень граничних деформацій на розрахункову величину використаного ресурсу пластичності розглядалися комбінації крайніх точок граничної деформації розтягу і зсуву (комбінації розрахункових точок для апроксимації кривої граничних деформацій – $(e_{min}^{розтяг}; e_{min}^{зсув})$, $(e_{max}^{розтяг}; e_{min}^{зсув})$, $(e_{min}^{розтяг}; e_{max}^{зсув})$ і $(e_{max}^{розтяг}; e_{max}^{зсув})$). Для розглянутих кривих варіація значень δ приймалась: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$, $\pm 15\%$, $\pm 20\%$, $\pm 25\%$, $\pm 30\%$. Оскільки системні фактори, які впливають на розсіювання значень граничних деформацій, є ідентичними, то приймали, що варіація граничних деформацій розтягу і зсуву однакова.

В якості умовної траєкторії навантаження приймалась пряма, що проходить між точками з координатами $(e_{u1}=0; \eta_1=-1)$ та $(e_{u2}; \eta_2)$. Розрахунки використаного ресурсу пластичності та апроксимацію кривої граничних деформацій виконували за методикою [2]. Результати розрахунків представлені у на рисунку 1 з яких слідує, що розсіювання значень використаного ресурсу пластичності прямо пропорційне до варіації граничних деформацій та істотно зростає при збільшенні крутизни підйому траєкторії навантаження. За умови значних деформацій вже при величині варіації близько 10% встановити адекватне значення використаного ресурсу пластичності неможливо. Отже, якщо в результаті експериментів на визначення граничної деформації зсуву, розтягу чи стиску розкид значень відносно математичного очікування перевищує 10%, то не можна робити однозначний висновок про можливість виготовлення деталі методами холодної пластичної деформації. З цього випливає, що під час проектування технології виготовлення виробів зі значною локалізацією деформацій та високим рівнем використання ресурсу пластичності слід застосовувати ймовірнісні підходи для визначення кількості можливого браку.

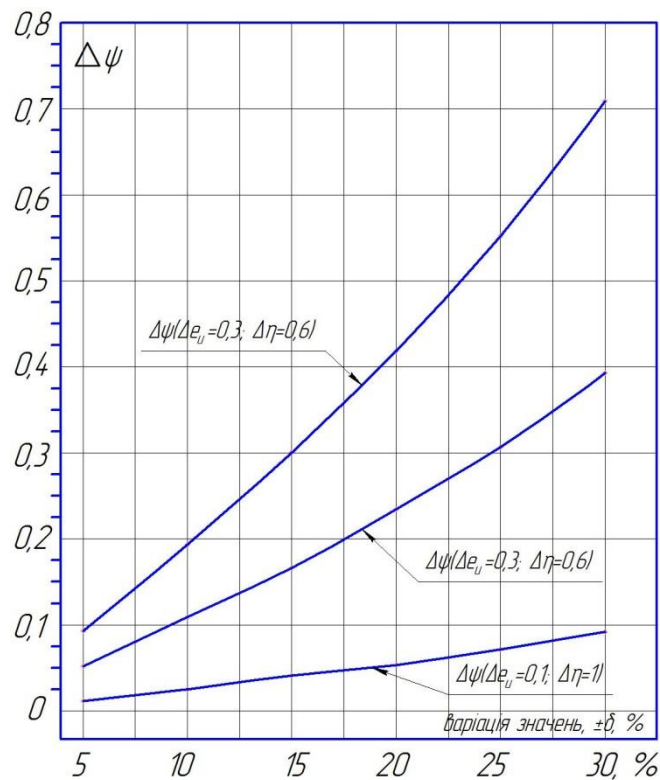


Рисунок 1 – Залежність використаного ресурсу пластичності $\Delta\psi$ від величини варіації значень кривої граничних деформацій

ВИСНОВКИ

1. Величина похибки розрахунку використаного ресурсу пластичності прямо пропорційно залежить від варіації значень граничних деформацій.
2. Збільшення інтенсивності деформацій призводить до збільшення розсіювання значень використаного ресурсу пластичності, в той же час різниця показників напруженого стану в початковій і кінцевій точці траєкторії навантаження практично не впливає на розкид значень використаного ресурсу пластичності.
3. Збільшення крутизни підйому траєкторії навантаження призводить до суттєвого збільшення розсіювання значень використаного ресурсу пластичності.
4. При величині розсіювання значень граничних деформацій понад 10% не можна провести адекватну теоретичну оцінку можливості виготовлення не бракованої продукції методами холодної пластичної деформації за умов значної формозміни.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Огородніков, В. А. Механіка процесів холодного формозмінювання з однотипними схемами механізму деформації: [текст] / В. А. Огородніков, В. І. Музичук, О. В. Нахайчук. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 179 с.
2. Сивак, І. О. Пластичність металів при об'ємном напруженом состояннии: [текст] / І. О. Сивак, Е. І. Коцюбовская // Удосконалення процесів і обладнання обробки металів тиском в металургії і машинобудуванні: Тематичний зб. наук. пр. – Краматорськ-Хмельницький, 2007. – с. 73-76.
3. Колмогоров, В.Л.. Напряжения, деформации, разрушение: [текст] / В. Л. Колмогоров. – Л.: «Металлургия», 1970, – с. 229.
4. Писаренко В. Г. Зразки для випробувань листових металевих матеріалів на зсув. [Електронний ресурс] / В. Г. Писаренко, В. В. Савуляк, В. С. Билічкіна. // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. - Вінниця, 2014. - Вип. 1. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNTUV_2014_1_13
5. Писаренко В. Г. Вплив різновозв'язності листових зразків для випробувань на розтяг на поверхню граничних деформацій [Електронний ресурс] / В. Г. Писаренко, В. В. Савуляк, В. С. Билічкіна // Проблеми трибології. - Вінниця, 2014. - №4. - С. 106-111. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ptl_2014_4_18
6. Писаренко В. Г. Вплив різновозв'язності листових зразків для випробувань на розтяг на розкид значень результатів експериментів [текст] / В. Г. Писаренко, В. В. Савуляк // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". - Луцьк, 2015. - №50. - С. 154-158.

Писаренко Віктор Григорович - д.т.н., доцент кафедри технології та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Савуляк Віктор Валерійович — к.т.н., доцент, доцент кафедри технології та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vsav81@gmail.com.

Pisarenko Victor G. – Associated Professor, D.S., Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia
Savulyak Victor V. — Associated Professor, Ph.D., Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vsav81@gmail.com.