

Вибір критеріїв деформовності для оцінки граничного формозмінювання процесів холодної обробки металів тиском

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Метою даної роботи є вибір критеріїв деформовності для оцінки граничного формозмінювання процесів холодної обробки металів тиском. Деформаційні критерії, засновані на скалярному накопиченні ушкоджень, дають однакові результати розрахунку граничних деформацій для випадків, коли показники напруженого стану залишаються постійними на протязі всього процесу деформування. У випадках, коли шляхи деформування є функціями, на величину граничних деформацій впливають перша і друга похідні від показників напруженого стану. Показано, що діаграма пластичності не є єдиною для різних напружених станів. На пластичність металів в умовах об'ємного напруженого стану впливає третій інваріант тензора напружень. Розроблено методику побудови діаграм пластичності в умовах об'ємного напруженого стану за допомогою відомих діаграм пластичності, побудованих в умовах лінійного і плоского напруженого стану.

Ключові слова: критерії деформовності, діаграма пластичності, об'ємний напружений стан, обробка металів тиском.

Abstract

The purpose of this work is the selection criteria for the formation of extreme forms of assessment processes changing cold metal forming. Deformation criteria based on scalar accumulation of injuries, give the same results for the calculation of limit deformation where the stress state parameters remain constant throughout the deformation process. Where the deformation paths are functions, the value of boundary deformations affecting the first and second derivatives of the stress state indicators. It is shown that plasticity chart not only tense for different states. At the ductility of metals in terms of volume stressed state affects third invariant of the stress tensor. The method of charting plasticity in terms of volume stressed state by known diagrams plasticity built in terms of line and plane stress.

Keywords: criteria deformability, diagram plasticity, surround tense, state of metal forming.

Для оцінки граничного формозмінювання металів слід користуватись відповідними критеріями. На сьогодні існує низка критеріїв [1–3], що дають різну точність в залежності від виду обробки тиском. Найпростішим є критерій [1], що враховує лише рівень досягнутих деформацій в небезпечному осередку і пластичність металу в умовах напруженого стану, що відповідають кінцевій точці шляху деформування.

Кожен процес обробки матеріалів тиском характеризується шляхом деформування в небезпечній області за яким рахується деформовність. Отже, в залежності від типу і виду процесу або траєкторії деформування необхідно застосовувати той чи інший критерій.

Метою роботи є надання рекомендацій щодо використання критеріїв деформовності для процесів холодної обробки металів тиском, які характеризуються параметрами шляхів деформування.

В роботах В. А. Огороднікова [3], досліджено залежність граничної деформації від схеми напруженого стану, історії деформування і градієнта пластичних деформацій. Ним спільно із Г. Д. Делем запропоновано критерій деформування, який враховує нелінійне накопичення пошкоджень і різні шляхи навантажування металу:

$$\psi = \int_0^{e_u^*} \left(1 + a \operatorname{arctg} \frac{d\eta}{d\bar{e}_u} \right) \frac{\bar{e}_u^{a \operatorname{arctg} \frac{d\eta}{d\bar{e}_u}}}{\left[e_p(\bar{e}_u) \right]^{1 + a \operatorname{arctg} \frac{d\eta}{d\bar{e}_u}}} d\bar{e}_u \leq 1$$

На прикладі дослідів з зразками із сталі P18 з'ясовано вплив історії деформування на пластичність, що дало змогу надати рекомендації щодо використання критеріїв деформовності.

У тих випадках, коли шляхи деформування є функціями, на величину граничних деформацій впливають перша і друга похідні від показників напруженого стану. При цьому, якщо $\frac{d\eta}{d\bar{e}_u} > 2$

коефіцієнт впливу історії деформування на пластичність досягає максимального значення. Друга похідна від показника напруженого стану для сталей різних марок чинить істотний вплив на величину коефіцієнта, що враховує історію деформування.

При значеннях першої та другої похідної від шляху деформування більше 5 гранична до руйнування деформація відрізняється від розрахункової за різними критеріями. Максимальне відхилення результатів розрахунку і експерименту дає критерій [1] - 57%. Критерій [2] дає відхилення до 20%, мінімальне відхилення результатів розрахунку і експерименту дає критерій [3].

Також на основі експериментів, проведених в камерах високого тиску для різних матеріалів (P18, P6M5, сталь 45 та інших матеріалів) проведено аналіз впливу гідростатичного тиску і третього інваріанту тензора напружень на пластичність металів.

Показано, що діаграма пластичності не є єдиною для різних напружених станів. На пластичність металів в умовах об'ємного напруженого стану впливає третій інваріант тензора напружень.

Отже при виборі критеріїв деформовності варто застосовувати підходи, що враховують величину третього інваріанту тензора напружень, у вигляді відповідного показника.

Це показано нами на прикладі розрахунку використаного ресурсу пластичності в процесі радіального обтиснення. В цьому процесі метал знаходиться в умовах об'ємного напруженого стану. Сутність процесу полягає в деформуванні заготовки конічними штампами, що забезпечують всебічне пульсуюче прикладання тисків. Завдяки сприятливій схемі напруженого стану можливо обробляти заготовки з малопластичних важкодеформівних металів і сплавів.

Використаний ресурс пластичності ψ розраховували по критеріям [1] і [3]. Виявлено, що історія деформування при радіальному обтисненні значно впливає на граничну деформацію.

Отже в роботі з'ясовано, що критерії, які засновані на скалярному накопиченні ушкоджень дають однакові результати розрахунку граничних деформацій для випадків, коли показники напруженого стану залишаються постійними на протязі всього процесу деформування. У випадку складної історії розбіжність може бути суттєвою – до 100%, що залежить від величин першої та другої похідної а також від об'ємності напруженого стану в точці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Смирнов-Аляев Г. А. Механические основы пластической обработки металлов / Г. А. Смирнов-Аляев. – Л.: Машиностроение, 1978. – 368 с.
2. Колмогоров В. Л. Напряжения. Деформации. Разрушение / В. Л. Колмогоров. – М.: Металлургия, 1970. – 229 с.
3. Огородников В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением / В. А. Огородников. – Головне вид-во «Вища школа», 1983. – 175 с

Лічман Ганна Анатоліївна – студентка групи 13В-12б, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Anna.Lichman@ukr.net.

Науковий керівник: **Грушко Олександр Володимирович** – д. т. н., професор, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: grushko_alex@mail.ru

Lichman Anna A. - Department of Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Anna.Lichman@ukr.net.

Supervisor: **Grushko Alexander V.** - Dc. Sc., Professor, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: grushko_alex@mail.ru