

Учитывая, что рост величины удельной работы деформации связан с минимизацией размеров зоны местного разогрева, следует отметить энергетические преимущества процесса формообразования удлиненных поволоков с заостренным концом способами растяжения с разрывом заготовки, когда при уменьшении удельной работы, затрачиваемой на формоизменение, наблюдается рост значений критериев неравномерности деформации. Для функциональной связи коэффициентов K_{no} и K_F с удельной работой формоизменения характерны степенные закономерности, а в общем случае, зависимости критериев формоизменения от A_1 описаны полиномами различных степеней (см. рис. 4).

Выводы

Процессы бесштампового профилирования заготовок способами растяжения с разрывом позволяют достигать значительного формоизменения при снижении величины удельной работы деформации. Предложенные критерии оценки полезной неравномерности деформации и разработанная методика их расчета учитывают относительный объем перераспределенного металла и энергосиловые затраты на осуществление формоизменения, при этом между критериями формоизменения и работой деформации установлена пропорциональная связь. Перспективами исследований в данном направлении является проведение оценки технологической наследственности изделий в местах формирования заострений.

Литература

1. Кухарь В. В. Основы бесштампового профилирования заготовок на прессах / В. В. Кухарь, В. А. Гринкевич // Прогрессивные методы и технологическое оснащение процессов обработки металлов давлением: материалы междунар. научно-техн. конф., посвященной 75-летию кафедры «Высокоэнергетические устройства автоматических систем» БГТУ «Военмех». – СПб: Военмех, 2009. – С. 101–104.
2. Гринкевич В. А. Разработка концепции бесштампового профилирования заготовок на прессах с повышением точности формоизменения на окончательных операциях // В. А. Гринкевич, В. В. Кухарь, К. К. Диамантопуло // Вестник Национального технического университета «ХПИ»: сб. науч. тр. Тематический выпуск: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2009. – № 32. – С. 26-32.
3. Пат. 18568 Україна, МПК (2006), B21J 5/00. Спосіб одержання заготовок з заостреним кінцем / Диамантопуло К. К., Сердюк О. І., Диамантопуло Ю. К.; заявник та патентовласник Приазовський держ. техн. ун-т. – № u200605103; заявл. 10.05.2006; опубл. 15.11.2006, Бюл. № 11. – 2 с.
4. Пат. 24977 Україна, МПК (2006), B21J 5/00. Спосіб одержання подвоєної заготовки для безвідходного штампування / Диамантопуло Ю. К.; заявник та патентовласник Приазовський держ. техн. ун-т. – № u200701522; заявл. 13.02.2007; опубл. 25.07.2007, Бюл. № 11. – 2 с.
5. Пат. 19382 Україна, МПК (2006), B21J 5/00. Машина для виробництва поволоков типу стрижня з заостреним кінцем / Диамантопуло К. К., Сердюк О. І., Диамантопуло Ю. К., Литвин А. М., Мкртчян Е. А.; заявник та патентовласник Приазовський держ. техн. ун-т. – № u2006606600; заявл. 13.06.2006; опубл. 15.12.2006, Бюл. № 12. – 3 с; іл.
6. Охрименко Я. М. Технология кузнечно-штамповочного производства / Охрименко Я. М. – М.: Машиностроение, 1966. – 599 с.
7. Сторожев М. В. Теория обработки металлов давлением / М.В. Сторожев, Е. А. Попов. – М.: Машгиз, 1977. – 324 с.

Надійшла 9.09.2010р.

УДК 620.178.1

В.С. ПАВЛОВ

Хмельницький національний університет

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗАПАСУ ЗА ПРОСТИХ ОПОРІВ

Встановлено, що за простих опорів віртуальні і дійсні напруження можуть суттєво відрізнятись. Коефіцієнти запасу, визначені з використанням компонентів віртуального і дійсного напружених станів, однакові. It is set that at simple resistances virtual and actual tensions can substantially differ. The coefficients of supply, certified with the use of components virtual and actual tense states, are identical.

Ключові слова: напруження, напружений стан, коефіцієнт запасу.

Вступ

Оцінка міцності елемента механізму чи конструкції за відомим напруженим станом є однією з найважливіших інженерних задач [1, с.180].

Мірою міцності є коефіцієнт запасу:

$$n = K_L / K, \quad (1)$$

де K_L і K – відповідно граничне і максимальне значення критерію міцності в небезпечній точці деталі

за подібних граничного і дійсного напружених станів.

Критерієм міцності може бути механічна величина, що має переважний вплив на міцність матеріалу, або інший фактор, лінійно пов'язаний з цією величиною [2, с. 172].

За простого опору в ролі "іншого фактора" використовують напруження, притаманне цьому опору – первинне напруження, що визначають за формулою опору матеріалів.

За простих опорів розтягу (стиску) або згину ним є нормальне напруження σ , при крученні – дотичне напруження τ .

Дуже важливою є та обставина, що складниками формули коефіцієнта запасу при складному опорі є частинні коефіцієнти запасу – коефіцієнти запасу за простих опорів, що є компонентами складного опору.

Як відзначено в роботі [3, с. 33], потрібно розрізняти віртуальний і дійсний напружені стани.

Віртуальний напружений стан (ВНС) характеризує особливість та інтенсивність зовнішніх впливів. Він можливий за абсолютної жорсткості (недеформівності) матеріалу.

Дійсний напружений стан (ДНС) залежить як від зовнішніх впливів, так і від пружних сталих матеріалу: модулів E та G і коефіцієнта Пуассона μ .

Мета роботи – встановлення залежності між коефіцієнтами запасу міцності за простих опорів, визначеними з використанням компонентів віртуального і дійсного напружених станів.

1. Основний розділ

1.1 Основні поняття і вихідні положення

1. Поняття "напружений стан" і ВНС рівнозначні.

2. ВНС в деякій точці деталі характеризує особливість зовнішніх впливів і не залежить від природи матеріалу.

3. ДНС характеризують реальні напруження, що відповідають деформаціям, яких зазначає матеріал під дією зовнішніх впливів.

4. Лінійний ДНС не можливий теоретично.

5. Параметри ДНС відрізняються наявністю позначки (*).

6. Між відносною лінійною деформацією ε ізотропного матеріалу і дійсним нормальним напруженням σ^* в межах пружності, згідно із законом Гука, завжди існує лінійна залежність:

$$\sigma^* = \varepsilon E, \quad (2)$$

де E – модуль поздовжньої пружності.

7. Залежності між коефіцієнтами запасу, встановлені з використанням компонентів віртуального і дійсного напружених станів, при статичному і циклічному навантаженнях аналогічні.

1.2. Дослідження і його результати

1.2.1. Прості опори розтягу (стиску) і згину

Спільним для цих опорів є те, що в довільній точці поперечного перерізу деталі (крім точок нейтральної лінії при згині) ВНС є лінійним.

1.2.1.1. Залежності між компонентами ВНС і ДНС

Головні напруження ВНС:

$$\sigma_1 = \sigma > 0; \quad \sigma_2 = \sigma_3 = 0 \quad (3)$$

або

$$\sigma_1 = \sigma_2 = 0; \quad \sigma_3 = -\sigma < 0. \quad (4)$$

Як показано в [3, с.36], ДНС, відповідний лінійному ВНС, завжди є об'ємним.

Головні напруження ДНС:

$$\sigma_1^* = \sigma^* > 0; \quad \sigma_2^* = \sigma_3^* = -\mu\sigma^* < 0 \quad (5)$$

або

$$\sigma_1^* = \sigma_2^* = -\mu\sigma^* > 0; \quad \sigma_3^* = -\sigma^* < 0. \quad (6)$$

При цьому найбільші за абсолютною величиною головні напруження лінійного ВНС і відповідного об'ємного ДНС однакові [3, с.36]:

$$\sigma_1 = \sigma_1^* = \sigma \quad \text{або} \quad \sigma_3 = \sigma_3^* = -\sigma. \quad (7)$$

Очевидно, це стосується і граничних значень напружень:

$$\sigma_{1L} = \sigma_{1L}^* = \sigma_{Lp}; \quad \sigma_{3L} = \sigma_{3L}^* = \sigma_{Lc}, \quad (8)$$

де σ_{Lp} , σ_{Lc} – граничні розтягуюче і стискаюче напруження відповідно.

1.2.1.2. Визначення коефіцієнтів запасу з використанням компонентів ВНС і ДНС

Формула (1) коефіцієнта запасу набуває вигляду:

$$n_{\sigma} = \sigma_L / \sigma, \quad (9)$$

де σ_L і σ – відповідно граничне і найбільше за абсолютною величиною нормальні напруження в небезпечній точці.

Із формул (7)– (9) випливає, що коефіцієнти запасу за простих опорів розтягу (стиску) або згину, визначені з використанням компонентів віртуального і дійсного напружених станів за одного і того ж виду деформації, що спричиняє лінійний ВНС, рівні:

$$n_{\sigma}^* = n_{\sigma}, \quad (10)$$

де n_{σ}^* , n_{σ} – коефіцієнти запасу, визначені з використанням компонентів ДНС і ВНС відповідно.

1.2.1.3. Визначення максимального дотичного напруження

За довільного напруженого стану максимальне дотичне напруження обчислюють за формулою:

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}, \quad (11)$$

де σ_1 , σ_3 – алгебраїчно найбільше і найменше головні напруження відповідно.

ВНС. Згідно із (3), (4), (11):

$$\tau_{\max} = \sigma / 2. \quad (12)$$

ДНС. Відповідно до (5)... (7), (11) отримаємо:

$$\tau_{\max}^* = (1 + \mu) \sigma / 2 \Rightarrow$$

$$\tau_{\max}^* = (1 + \mu) \tau_{\max}. \quad (13)$$

Тобто дійсне максимальне дотичне напруження при деформаціях розтягу (стиску) або згину в $(1 + \mu)$ рази більше за віртуальне.

1.2.2. Простий опір крученню

Як відомо, при крученні круглого стержня матеріал перебуває в умовах чистого зсуву (за винятком точок осі стержня).

Нагадаємо: чистий зсув – це такий вид плоского напруженого стану, при якому можна виділити елемент, в площинках якого діє лише найбільше дотичне напруження τ .

1.2.2.1. Залежність між дійсним і віртуальним дотичними напруженнями

Згідно із [3, с.36] віртуальному чистому зсуву відповідає ДНС, що також є чистим зсувом. Залежність між найбільшими дотичними напруженнями ДНС і ВНС визначається співвідношенням:

$$\tau^* = (1 + \mu) \tau, \quad (14)$$

де τ – дотичне напруження ВНС.

Очевидно, залежність між граничними значеннями дотичних напружень ДНС і ВНС аналогічна виразу (14):

$$\tau_L^* = (1 + \mu) \tau_L, \quad (15)$$

де τ_L – граничне напруження ВНС при крученні.

Отже, при крученні круглого стержня дотичні дійсні робоче τ^* і граничне τ_L^* напруження більші за відповідні віртуальні робоче τ і граничне τ_L в $(1 + \mu)$ рази відповідно.

1.2.2.2. Визначення коефіцієнтів запасу з використанням віртуальних і дійсних дотичних напружень

ВНС. Формула (1) коефіцієнта запасу набуває вигляду:

$$n_{\tau} = \tau_L / \tau, \quad (16)$$

де τ_L , τ – віртуальні граничне і найбільше дотичні напруження відповідно.

ДНС. Згідно із (14)– (16):

$$n_{\tau}^* = \tau_L^* / \tau^* = (1 + \mu) \tau_L / (1 + \mu) \tau \Rightarrow$$

$$n_{\tau}^* = \tau_L / \tau.$$

Тобто, ми отримали формулу (16).

Таким чином, коефіцієнти запасу при крученні, отримані з використанням граничного і робочого дотичних напружень ВНС і ДНС відповідно, рівні:

$$n_{\tau}^* = n_{\tau} \quad (17)$$

1.2.2.3. Визначення головних напружень

ВНС. Головні напруження при крученні круглого стержня, обчислені за формулами опору матеріалів для плоского напруженого стану, дорівнюють:

$$\sigma_1 = +\tau; \sigma_2 = 0; \sigma_3 = -\tau. \quad (18)$$

Тобто перший інваріант тензора напружень, виражений через головні напруження, дорівнює нулю:

$$I_1 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0. \quad (19)$$

Як показано в [3, с.34], за умови $I_1 = 0$ всі головні напруження ДНС збільшуються в $(1 + \mu)$ рази відповідно. В даному разі:

$$\sigma_1^* = (1 + \mu)\tau; \sigma_2^* = 0; \sigma_3^* = -(1 + \mu)\tau. \quad (20)$$

2. Обговорення результатів дослідження

Можна вважати, що основним підсумком роботи є встановлення того факту, що результати визначення коефіцієнтів запасу за простих опорів з використанням компонентів ВНС і ДНС тотожні.

Тому для оцінки міцності деталі у вигляді коефіцієнта запасу за простих опорів і частинних коефіцієнтів запасу при складному опорі доцільно використовувати первинні дані, які є компонентами віртуального напруженого стану (ВНС).

Разом з тим, при визначенні коефіцієнта запасу з використанням експериментального напруження потрібно пам'ятати, що це напруження дійсне. І його граничне значення, залежно від виду деформації, може суттєво відрізнятись від віртуального.

Висновки

1. Коефіцієнти запасу за простих опорів розтягу (стиску), згину і кручення, визначені з використанням компонентів віртуального і дійсного напружених станів (ВНС і ДНС) однакові, незалежно від характеру навантаження (статичне чи циклічне).

2. За простих опорів розтягу (стиску) і згину, що спричиняють лінійний ВНС, граничні і найбільші за абсолютною величиною нормальні напруження ВНС і ДНС відповідно однакові.

3. ДНС за простих опорів розтягу (стиску) і згину об'ємний.

4. За опору стержня круглого перерізу кручення ВНС і ДНС є чистим зсувом.

5. При крученні дійсне нормальне напруження в $(1 + \mu)$ рази більше за віртуальне.

6. Дійсне дотичне напруження при всіх простих опорах в $(1 + \mu)$ рази більше за віртуальне.

Література

1. Писаренко Г. С. Опір матеріалів: [підручник] / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський; за ред. Г. С. Писаренка. – К.: Вища школа, 1993. – 655 с.
2. Павлов В. С. Вибір критерію міцності в машинобудуванні / Павлов В. С // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2006. – № 6. С. 172 – 176.
3. Павлов В. С. Про види напруженого стану / Павлов В. С // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2010. – № 3. – С. 32 – 37.

Надійшла 9.9.2010 р.