



УКРАЇНА

(19) UA (11) 24166 (13) U
(51) МПК (2006)
G01N 19/00
G01N 3/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ИНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУГИ ТЕКУЧОСТІ МАТЕРІАЛУ Σ_s

1

(21) u200700089

(22) 02.01.2007

(24) 25.06.2007

(46) 25.06.2007, Бюл. №9, 2007р.

(72) Губарев Олександр Сергійович, Губарев Сергій Іванович, Константинов Юрій Степанович

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. М.Є.ЖУКОВСЬКОГО "ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ"

(57) Спосіб визначення напруги текучості матеріалу σ_s шляхом деформації плоского кільцевого зразка, до внутрішньої або зовнішньої поверхні якого прикладають рівномірний тиск Р, який **відрізняється** тим, що для забезпечення лінійного на-

2

пруженого стану при визначенні напруги текучості σ_s використовують зразок із співвідношенням

$$\frac{D}{d} = 2,72, \text{ де}$$

D - зовнішній діаметр зразка,

d - внутрішній діаметр зразка,

а чисельне значення напруги текучості матеріалу σ_s визначають величиною прикладеного тиску

P_s , при якому почалася пластична деформація зразка, тобто $\sigma_s = P_s$.

Корисна модель відноситься до області експериментальних способів механіки матеріалів і може бути використана при визначенні характеристик пластичності та міцності матеріалів.

«Для экспериментального определения σ_s необходимо создать такие условия деформирования, при которых деформации равномерно распределены по деформируемой части заготовки, а напряжённое состояние - линейное. Наиболее подходящим для построения кривых упрочнения являются данные, получаемые из испытаний на растяжение или сжатие (осадку). Если в этих испытаниях имеет место линейное напряжённое состояние, то напряжение текучести определяется, как частное от деления усилия деформирования на истинную площадь поперечного сечения образца в данный момент деформирования» [М.В. Сторожев, Е.А. Попов, Теория обработки металлов давлением, «Машиностроение», М., 1971].

Для визначення характеристик міцності матеріалів широко використовується випробування на стискання (осадку). Зразки стандартної геометрії (циліндр, паралелепіпед) осаджуються на спеціальній машині [Металлы. Методы испытания на сжатие. ГОСТ 25.503-97].

Через сили тертя на торцях зразка, де він стикається з інструментом, в зразку виникає складний

напружено-деформований стан. До теперішнього часу він достовірно теоретично не описаний, але можна однозначно стверджувати, що він і неоднорідний, і нелінійний.

Найпоширенішим методом випробувань матеріалів, однією з цілей якого є визначення величини напруги текучості матеріалу σ_s , є випробування на розтягування [Металлы. Методы испытания на растяжение. ГОСТ 1497-84. ИСО 6892-84]. Зразок установленної форми (циліндричний чи плоский), піддається деформуванню під дією прикладеного до нього навантаження, діючого вздовж осі випробовуваного зразка. Результатом випробування є побудова так званих кривих зміцнення - умовної і істинної. При побудові умовної кривої прикладене навантаження ділять на початкову площу поперечного перетину зразка, а при побудові істинної кривої зміцнення - на фактичну площу. При цьому, природно, передбачається, що в зоні зразка, що пластично деформується, реалізується однорідний деформований стан, а напружений стан - лінійний (одноосний).

До теперішнього часу немає теоретичних доказів того, що при випробуванні на осьове розтягування деформації рівномірно розподілені по частині випробовуваного зразка, що деформується, а напружений стан - лінійний. Більш того, фактично

(13) U

(11) 24166

(19) UA

всі дослідники допускають, що в досліджуваній зоні випробовуваних зразків деформації неоднорідні, а напруги - нелінійні [П. Бриджмен «Исследования больших пластических деформаций и разрыва»].

«...Даже начальная фаза растяжения протекает в условиях квазиравномерного удлинения. Она, однако, соответствует одноосной схеме напряженного состояния в большей мере, чем другие способы испытания».

«В реальных условиях деформирования... не представляется возможным осуществить схему однородного одноосного напряженного состояния в чистом виде. При всех способах испытаний... имеем трёхосное неоднородное состояние. Поэтому кривые упрочнения способны характеризовать «истинные» напряжения лишь в той мере, в какой удаётся исключить неизбежные искажения, присущие различным способам нагружения, приблизив тем самым условия испытания к однородной схеме напряженного состояния» [Л.А. Шофман, Теория и расчёты процессов холодной штамповки. «Машиностроение», М., 1964].

Таким чином, при проведенні навіть найпоширенішого способу механічних випробувань матеріалів, фактичний напружено-деформований стан відповідає необхідним умовам деформації «лише в тій мірі, в якій вдається виключити неминучі спотворення, властиві різним способам навантаження...». Ступінь цієї відповідності не визначений, а значить отримані цим способом механічні характеристики матеріалів - умовні.

Для визначення характеристик міцності композиційних матеріалів використовуються методи розтягування або стискання плоских кільцевих зразків [Композиционные материалы. Справочник, Москва, Машиностроение, 1990г., стр. 198-203].

Розтягування чи стискання кільцевого зразка в його площині здійснюється внутрішнім або зовнішнім тиском, який створюється чи напівдисками, чи за допомогою податливого кільця або гідравлічної системи.

Ці методи дозволяють створювати рівномірний розподіл напруг та деформацій в зоні зразка для випробувань, що деформується. Але опис цих методів не містить вказівок про те, як забезпечити лінійний напружений стан в зоні зразка, що деформується.

Технічною задачею корисної моделі є створення такого експериментального способу визначення напруги текучості матеріалу σ_s , при якому фактичний напружено-деформований стан у випробовуваному зразку відповідав би умовам, необхідним при проведенні механічного випробування матеріалу: деформації рівномірно розподілені по частині зразка, що деформується, а напружений стан - лінійний.

Рішення поставленої технічної задачі досягається тим, що випробовується вісесиметричний плоский кільцевий зразок, до внутрішньої або зовнішньої поверхні якого прикладається рівномірний тиск P . Для забезпечення лінійного напруженого стану при визначенні напруги текучості σ_s пропонується забезпечити співвідношення

$$\frac{D}{d} = 2,72, \text{ де}$$

D - зовнішній діаметр зразка,

d - внутрішній діаметр зразка.

Чисельне значення напруги текучості матеріалу σ_s визначиться величиною прикладеного тиску P_s , при якому почнеться пластична деформація зразка, тобто $\sigma_s = P_s$.

Значення 2,72 відоме як граничний коефіцієнт витяжки. При витяжці плоскої круглої заготовки, в частині заготовки, що знаходиться на плоскому торці матриці (фланці), розподіл радіальних напруг визначиться слідуючим вираженням:

$$\sigma_r = \sigma_s \cdot \ln \frac{R}{r}, \text{ де}$$

R - зовнішній радіус заготовки,

r - поточний радіус.

[М.В. Сторожев, Е.А. Попов, Теория обработки металлов давлением, «Машиностроение», М., 1971, стр. 360].

Звідси, якщо $\ln(R/r)=1$, то при $R/r=D/d=2,72$; $\sigma_r = \sigma_s$.

Зразок із співвідношенням $D/d=2,72$, при досягненні прикладеним тиском величини $P_s = \sigma_s$, повністю перейде в пластичний стан. У момент цього переходу на тій поверхні зразка, до якої прикладений тиск $P_s = \sigma_s$ радіальна напруга σ_r буде дорівнювати напрузі текучості, тобто $\sigma_r = \sigma_s$, а тангенціальна напруга $\sigma_\theta = 0$ (з умови пластичності).

Таким чином, випробовуваний зразок весь перейде в пластичний стан і почне пластично (а не пружно) деформуватися тільки тоді, коли величина прикладеного до зразка тиску P досягне значення напруги текучості матеріалу випробовуваного зразка σ_s . Отже, величина напруги текучості матеріалу зразка σ_s чисельно рівна величині тиску P_s , зафіксованого у момент початку пластичної деформації випробовуваного зразка.

На поверхні зразка, до якої прикладають тиск, деформації будуть однорідними, оскільки зразок - вісесиметричний, а тиск - рівномірний. На цій поверхні діє тільки одна напруга - $\sigma_r = \sigma_s$, тобто напружений стан - лінійний. Таким чином, фактичний напружено-деформований стан на цій поверхні випробовуваного зразка повністю відповідає умовам, необхідним при проведенні механічного випробування.

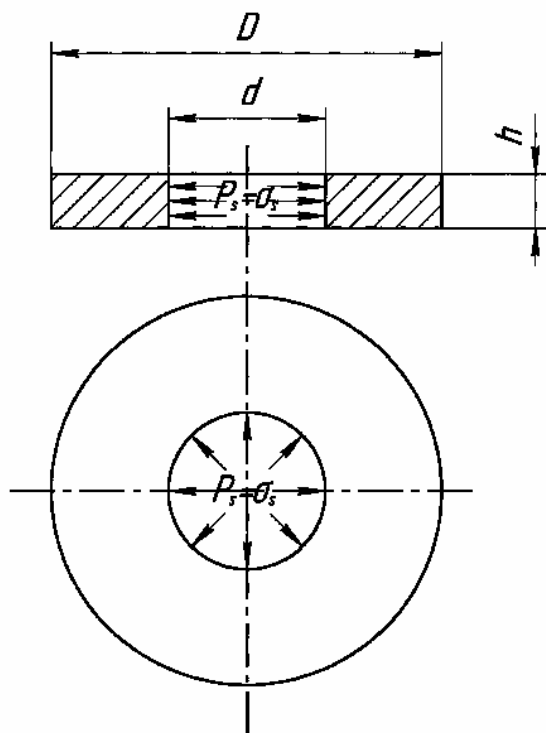
На Фіг.1 представлений кільцевий зразок, який навантажений рівномірним тиском P по внутрішній поверхні кільця.

На Фіг.2 представлений кільцевий зразок, який навантажений рівномірним тиском P по зовнішній поверхні кільця.

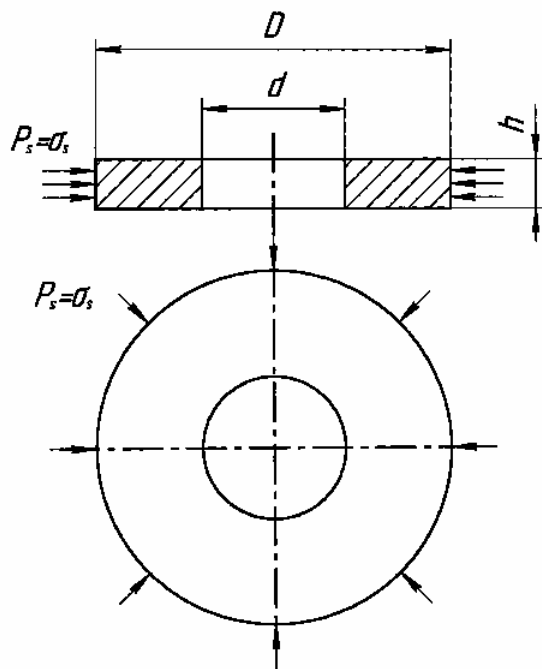
Спеціального устаткування, на якому можна реалізувати пропонований спосіб в даний час немає. Необхідний рівномірний тиск на внутрішню або зовнішню поверхні кільця можна створити еластичним середовищем або рідиною, що цілком технічно здійсненне. Товщина кільцевого зразка „h” і абсолютні значення „d” і „D” визначаються технологією проведення випробувань, особливостями та можливостями устаткування, що використовується для їх проведення.

Технічний результат - визначення напруги текучості σ_s при рівномірному розподілі деформацій і лінійному напруженому стані у випробовуваному зразку, забезпечується використанням при експериментальному визначенні напруги текучості

σ_s , плоского кільцевого зразка із співвідношенням $D/d=2,72$, який навантажується рівномірним тиском $P_s=\sigma_s$ по внутрішній або зовнішній поверхні кільця.



Фіг. 1



Фіг. 2