



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **103967** (13) **C2**
(51) МПК (2013.01)
G01N 3/00
G01N 3/08 (2006.01)
G01N 3/18 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: а 2012 10061	(72) Винахідник(и): Івасишин Орест Михайлович (UA), Марковський Павло Євгенович (UA), Котречко Сергій Олексійович (UA), Мєшков Юрій Якович (UA), Шиян Артур Віталійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 22.08.2012	(73) Власник(и): ІНСТИТУТ МЕТАЛОФІЗИКИ ІМ. Г.В. КУРДЮМОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, бул. Вернадського, 36, м. Київ-142, 03680 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.12.2013	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA97226 C2; 10.01.2012 UA a201201749; 11.06.2012 RU 2324162 C2; 10.05.2008 UA 49501 U; 26.04.2010; 4 стор. RU 2382351 C2; 27.10.2009 JP 2009068919; 02.04.2009
(41) Публікація відомостей про заявку: 10.12.2012, Бюл.№ 23	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.12.2013, Бюл.№ 23	

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІДНОСНОГО РІВНОМІРНОГО ЗВУЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВУ**(57) Реферат:**

Винахід належить до галузі дослідження властивостей твердих матеріалів шляхом прикладання статичних навантажень. Спосіб визначення характеристики відносного рівномірного звуження конструкційного титанового сплаву включає операції розтягування стандартного гладкого циліндричного зразка повздовж однієї осі при різних температурах в інтервалі від 4 К до 293 К, визначення при цьому базових механічних характеристик та характеристики дійсного напруження руйнування S_K , побудову експериментальної залежності $S_K / \sigma_B = f(\psi_K)$, розрахунок значення інтенсивності напружень після руйнування зразка σ_i^K , додаткову побудову експериментальної залежності $\sigma_i^K / \sigma_B = f(\psi_K)$ для конструкційних титанових сплавів з різними рівнями пластичності ψ_K , розрахунок на її основі емпіричного коефіцієнта та визначення характеристики відносного рівномірного звуження ψ_p . Запропонований спосіб дає можливість визначати характеристику відносного рівномірного звуження ψ_p конструкційних титанових сплавів з різними рівнями пластичності в діапазоні від $\psi_K = 810\%$ до $\psi_K = 1,0\%$ за даними лише основних механічних характеристик $\sigma_{0,2}$, σ_B та ψ_K більш точно і інформативно.

UA 103967 C2

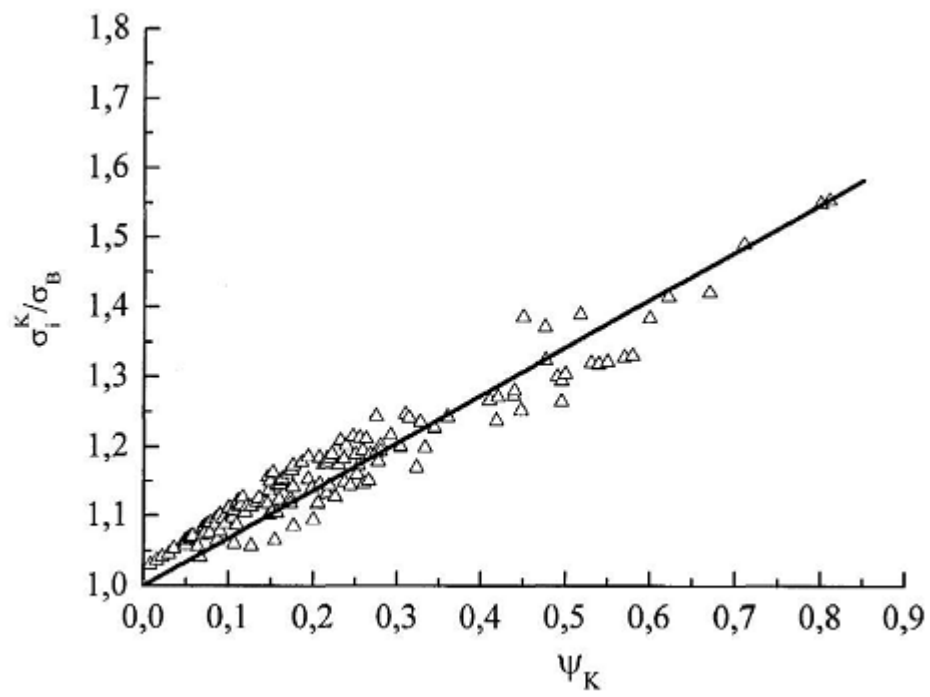


Fig. 3

Винахід належить до галузі дослідження властивостей твердих матеріалів шляхом прикладання статичних навантажень в інтервалі температур випробувань гладких зразків від 4 К до 293 К, а саме до визначення характеристики відносного рівномірного звуження конструкційного титанового сплаву.

- 5 Відомий спосіб визначення характеристик рівномірної деформації конструкційних металевих сплавів при випробуванні гладких циліндричних зразків на одновісний розтяг, а саме істинної рівномірної деформації за відомою формулою [1]:

$$\epsilon_p = \ln(1 + \delta_p),$$

де: δ_p - відносне рівномірне видовження зразка, в частках,

- 10 звідки, враховуючи закон зберігання об'єму зразка в області рівномірної деформації, визначають характеристику відносного рівномірного звуження Ψ_p за формулою:

$$\Psi_p = 1 - \frac{1}{1 + \delta_p}, \text{ в частках.}$$

- Недоліками даного способу є: а) відсутність зв'язку характеристик рівномірної деформації з базовими механічними характеристиками металу, що унеможливає їх визначення за відсутності безпосередньої реєстрації при розтягу; б) значні похибки у визначенні характеристик рівномірної деформації для металевих сплавів з високою пластичністю при безпосередній реєстрації діаграми розтягу без застосування тензометричного обладнання, фіксує деформування в межах "робочої" довжини зразка, наприклад, при проведенні випробувань в інтервалах занижених та криогенних температур, за рахунок значної деформації частин зразка, що не належать до його "робочої" довжини.

- 20 Відомий також спосіб визначення характеристики відносного рівномірного звуження конструкційних металевих сплавів на основі заліза, при якому проводять випробування стандартних гладких циліндричних зразків на одновісний розтяг при температурі 293 К, визначення при цьому базових механічних характеристик та характеристики дійсного напруження руйнування S_K , будують експериментальну залежність $S_K / \sigma_B = f(\Psi_K)$ та визначають характеристики відносного рівномірного звуження Ψ_p за наступною формулою [2]:

$$\Psi_p = \Psi_K \cdot \frac{1 - \frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_B}}{\frac{S_K - \sigma_{0.2}}{\sigma_B}}, \text{ в частках,}$$

де: Ψ_K - відносне звуження після руйнування зразка, в частках;

$\sigma_{0.2}$ - умовна границя текучості, МПа;

- 30 σ_B - границя міцності, МПа;

S_K - дійсне напруження руйнування, МПа;

$S_K / \sigma_B \approx 1 + a \cdot \Psi_K$, де: $a = 1,4$ - емпіричний коефіцієнт.

- Такий спосіб визначення характеристики відносного рівномірного звуження також має наступні недоліки: а) недостатню точність та інформативність для широкого кола металевих сплавів в інтервалі температур випробувань гладких зразків від 4 К до 293 К; б) відсутність залежностей для визначення характеристики відносного рівномірного звуження металевих сплавів з високою пластичністю, у яких величина характеристики відносного звуження після руйнування зразка Ψ_K перевищує 70% та які мають іншу природу деформування.

- 40 Найбільш близьким за технічною суттю та результатом, що досягається, до способу, що заявляється, є спосіб визначення характеристики відносного рівномірного звуження конструкційного металевого сплаву, при якому проводять випробування стандартних гладких циліндричних зразків на одновісний розтяг в інтервалі температур від 4 К до 293 К, визначення при цьому базових механічних характеристик та характеристики дійсного напруження руйнування S_K , будують експериментальну залежність $S_K / \sigma_B = f(\Psi_K)$ для конструкційних титанових сплавів, розраховують на її основі емпіричний коефіцієнт та визначають відносне рівномірне звуження Ψ_p за формулою [3]:

$$\Psi_P = \Psi_K \cdot \frac{1 - \frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_B}}{\frac{S_K}{\sigma_B} - \frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_B}}, \text{ в частках,}$$

де: Ψ_K - відносне звуження після руйнування зразка, в частках;

$\sigma_{0.2}$ - умовна границя текучості, МПа;

σ_B - границя міцності, МПа;

5 S_K - дійсне напруження руйнування, МПа;

$S_K / \sigma_B \approx 1 + a \cdot \Psi_K$, де: $a = 0,934$ - емпіричний коефіцієнт.

Разом з тим, спосіб визначення характеристики відносного рівномірного звуження конструкційного титанового сплаву за прототипом має наступні недоліки: а) недостатню точність та інформативність щодо визначення характеристики відносного рівномірного звуження для широкого кола конструкційних титанових сплавів, у яких величина характеристики відносного звуження після руйнування зразка Ψ_K перевищує 20%, в інтервалі температур випробувань гладких зразків від 4 К до 293 К; б) відсутність врахування явища локалізації деформації в "шийці" зразка при визначенні дійсного напруження руйнування S_K .

В основу винаходу поставлено задачу вдосконалення способу визначення характеристики відносного рівномірного звуження конструкційного титанового сплаву тільки за показниками його базових механічних характеристик в широкому інтервалі температур випробувань гладких зразків від 4 К до 293 К та практично існуючому для титанових сплавів інтервалі рівнів пластичності від $\Psi_K = 81,0\%$ до $\Psi_K = 1,0\%$ за відсутності її безпосередньої реєстрації при розтягу. Для цього авторами було отримано достатню кількість експериментальних даних та встановлено відповідну експериментальну залежність між характеристикою відносного рівномірного звуження Ψ_P та базовими механічними характеристиками сплаву, такими, як відносне звуження після руйнування зразка Ψ_K , умовна границя текучості $\sigma_{0.2}$ та границя міцності σ_B з метою знаходження емпіричного коефіцієнту, який властивий конструкційним титановим сплавам. Крім того, авторами враховано явище локалізації деформації в "шийці" зразка при розтягу, що обумовлює необхідність розглядати "шийку" як концентратор напружень, тому замість характеристики дійсного напруження руйнування S_K , у запропонованому способі розраховують характеристику інтенсивності напружень після руйнування зразка σ_i^K та додатково будують залежність $\sigma_i^K / \sigma_B = f(\Psi_K)$. Таким чином, запропонований спосіб дає можливість більш інформативно і точно визначати характеристику відносного рівномірного звуження конструкційних титанових сплавів з різними рівнями пластичності Ψ_K за величинами базових механічних характеристик $\sigma_{0.2}$, σ_B та Ψ_K , що, в свою чергу, дозволяє здійснювати комплексну оцінку їх властивостей, більш точно визначати показник деформаційного зміцнення n та проводити оцінку спроможності сплаву опиратись переходу в крихкий стан.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі визначення характеристики відносного рівномірного видовження конструкційного титанового сплаву, при якому проводять випробування стандартних гладких циліндричних зразків на одновісний розтяг в інтервалі температур від 4 К до 293 К, визначення при цьому базових механічних характеристик та характеристики дійсного напруження руйнування S_K , будують експериментальну залежність $S_K / \sigma_B = f(\Psi_K)$, згідно з винаходом, розраховують значення інтенсивності напружень після руйнування зразка σ_i^K , додатково будують експериментальну залежність $\sigma_i^K / \sigma_B = f(\Psi_K)$ для конструкційного титанового сплаву з різними рівнями пластичності Ψ_K , розраховують на її основі емпіричний коефіцієнт та визначають характеристику відносного рівномірного звуження Ψ_P за формулою:

$$\Psi_P = \Psi_K \cdot \frac{1 - \sigma_{0.2} / \sigma_B}{\sigma_i^K / \sigma_B - \sigma_{0.2} / \sigma_B}, \text{ в частках,}$$

45 де: Ψ_K - відносне звуження після руйнування зразка, в частках;

$\sigma_{0.2}$ - умовна границя текучості, МПа;

σ_B - границя міцності, МПа;

σ_i^K - інтенсивність напружень після руйнування зразка, МПа;

$\sigma_i^K / \sigma_B \approx 1 + a \cdot \psi_K$, де: $a = 0,684$ - емпіричний коефіцієнт.

За рахунок визначення та побудови авторами експериментальної залежності $\sigma_i^K / \sigma_B = f(\psi_K)$

- 5 для конструкційних титанових сплавів з різними рівнями пластичності ψ_K і розрахунку на її основі емпіричного коефіцієнта запропонований спосіб дозволяє більш інформативно і точно визначати характеристику відносного рівномірного звуження конструкційного титанового сплаву за відсутності її безпосередньої реєстрації при розтягу або уникнути значних похибок, які
- 10 виникають за рахунок значної деформації частин зразка, що не належать до його "робочої" довжини, при безпосередній реєстрації діаграми розтягу у випадках, що унеможливають застосування тензOMETричного обладнання, фіксуючого деформацію в межах "робочої" довжини зразка. Неможливість застосування такого тензOMETричного обладнання виникає, наприклад, при проведенні випробувань в інтервалах занижених та криогенних температур. При цьому автори використовують достатньо велику базу експериментальних даних механічних
- 15 характеристик конструкційних сталей і сплавів з різними рівнями пластичності ψ_K та міцності $\sigma_{0,2}$, отриманих за результатами випробувань в широкому інтервалі температур від 77 К до 293 К, а саме: значень відносного звуження після руйнування зразка ψ_K ; умовної границі текучості $\sigma_{0,2}$; границі міцності σ_B та дійсного напруження руйнування S_K . Це дозволило отримати достатню кількість даних для коректної статистичної обробки отриманих залежностей, що дає
- 20 можливість визначати характеристику відносного рівномірного звуження ψ_p конструкційного титанового сплаву за даними лише базових механічних характеристик $\sigma_{0,2}$, σ_B та ψ_K з точністю, достатньою не тільки для інженерних розрахунків, але й наукових досліджень. Крім того, запропонований спосіб дає можливість здійснювати комплексний аналіз властивостей конструкційних титанових сплавів, у тому числі визначати характеристики крихкої міцності і
- 25 механічної стабільності, тобто оцінювати спроможність цих сплавів чинити опір переходу у крихкий стан.

Запропонований спосіб пояснюється таблицями та графіками, а саме:

- в таблиці 1 наведені значення базових механічних характеристик $\sigma_{0,2}$, σ_B та ψ_K деяких конструкційних титанових сплавів; результати розрахунку характеристики відносного
- 30 рівномірного звуження ψ_p та показника деформаційного зміцнення n , а також оцінка точності її визначення за запропонованим способом у порівнянні з експериментальними даними за діаграмою розтягу при температурі випробувань 293 К; Δ , % - відносна похибка; S , % - вибірковий стандарт; P - вірогідність;

- в таблиці 2 наведені значення вибіркового стандарту S , величини довірчого інтервалу та
- 35 вірогідності P для оцінки точності залежностей: $S_K / \sigma_B = f(\psi_K)$ та $\sigma_i^K / \sigma_B = f(\psi_K)$;

на фіг. 1 зображена схема для визначення характеристик $\sigma_{0,2}$, σ_B , S_K , ψ_K та ψ_p на діаграмі розтягу типового металевого сплаву;

на фіг. 2 зображена експериментальна залежність $S_K / \sigma_B = f(\psi_K)$ для досліджених конструкційних титанових сплавів;

- на фіг. 3 зображена експериментальна залежність $\sigma_i^K / \sigma_B = f(\psi_K)$ для досліджених конструкційних титанових сплавів.

Спосіб реалізується наступним чином.

- 3 метою побудови додаткової експериментальної залежності $\sigma_i^K / \sigma_B = f(\psi_K)$ для досліджених конструкційних титанових сплавів з різними рівнями пластичності ψ_K матеріали
- 45 добирали за принципом максимально широкого охоплення різноманітних комбінацій властивостей міцності та пластичності, при цьому діапазон характеристик міцності складав: від $\sigma_{0,2} = 570 \text{ МПа}$ до $\sigma_{0,2} = 1925 \text{ МПа}$, а діапазон характеристик пластичності складав $1,0\% < \psi_K < 81,0\%$. Крім цього, за об'єкти досліджень вибирали конструкційні титанові сплави, що належать до різних класів за структурою, якістю, складом та призначенням, у тому числі
- 50 особливого призначення, які використовують у криогенній техніці та для створення відповідальних конструкцій. Змінювали також різні режими термічної обробки і температуру

випробувань в інтервалі від 4К до 293К. Всього в цих дослідженнях використовували результати більш ніж 300 вимірів деформаційних характеристик та характеристик міцності, отриманих при випробуванні стандартних гладких циліндричних зразків на одновісний статичний розтяг більш ніж 200 видів конструкційних титанових сплавів.

5 Проводять розтягування повздовж однієї вісі стандартних гладких циліндричних зразків та визначають базові механічні характеристики сплаву при різних температурах випробувань в інтервалі $4\text{ K} < T_{\text{вип}} < 293\text{ K}$ такі, як: ψ_K - відносне звуження після руйнування зразка; $\sigma_{0.2}$ - умовна границя текучості; σ_B - границя міцності, а також характеристику дійсного напруження руйнування S_K .

10 Методика визначення характеристики відносного рівномірного звуження конструкційного титанового сплаву полягає у наступному:

1) проводять випробування стандартних гладких циліндричних зразків на одновісний розтяг при температурі 293 К, визначення при цьому базових механічних характеристик та характеристики дійсного напруження руйнування S_K . Після цього, враховуючи властивість подібності трикутників abc і cdk на діаграмі розтягу типового металевих сплаву (фіг. 1), отримують наступну загальну формулу для визначення характеристики рівномірного звуження зразка ψ_p [2]:

$$\psi_p = \psi_K \cdot \frac{1 - \frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_B}}{\frac{S_K}{\sigma_B} - \frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_B}}, \text{ в частках (1)}$$

де: ψ_K - відносне звуження після руйнування зразка, в частках;

20 $\sigma_{0.2}$ - умовна границя текучості, МПа;

σ_B - границя міцності, МПа;

S_K - дійсне напруження руйнування, МПа;

$S_K / \sigma_B \approx 1 + a \cdot \psi_K$, де: $a = 1,4$ - емпіричний коефіцієнт.

Аналіз показує, що за формулою (1) можна приблизно визначити характеристику

25 рівномірного звуження зразка ψ_p для дуже вузького кола металевих сплавів при температурі випробувань 293 К в інтервалі змін їх характеристик пластичності $\psi_K \leq 70\%$, тобто формула (1) є недостатньо точною і інформативною. Крім того, Істинне напруження руйнування S_K , що входить до формули (1) не є базовою механічною характеристикою металу, тому її значення майже ніколи не наводиться у довідкових та спеціалізованих джерелах інформації, що не дає змогу розраховувати значення характеристики рівномірного звуження для таких конструкційних титанових сплавів. Враховуючи згадане, для більш точного розрахунку характеристики

30 рівномірного звуження ψ_p конструкційних титанових сплавів важливо мати залежності, що пов'язують параметр S_K / σ_B з базовими механічними характеристиками металу або їх комбінаціями;

35 2) з метою усунення недосконалостей залежності (1), проводять випробування стандартних гладких циліндричних зразків на одновісний розтяг в інтервалі температур від 4 К до 293 К, визначення при цьому базових механічних характеристик та характеристики дійсного напруження руйнування S_K , будують експериментальну залежність $S_K / \sigma_B = f(\psi_K)$ для конструкційних титанових сплавів (фіг. 2), розраховують на її основі емпіричний коефіцієнт та

40 визначають відносне рівномірне звуження ψ_p за формулою [3]:

$$\psi_p = \psi_K \cdot \frac{1 - \frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_B}}{\frac{S_K}{\sigma_B} - \frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_B}}, \text{ в частках, (2)}$$

де: ψ_K - відносне звуження після руйнування зразка, в частках;

$\sigma_{0.2}$ - умовна границя текучості, МПа;

σ_B - границя міцності, МПа;

45 S_K - дійсне напруження руйнування, МПа;

$S_K / \sigma_B \approx 1 + a \cdot \psi_K$, де: $a = 0,934$ - емпіричний коефіцієнт (3).

Однак, формула (2) також є недостатньо точною та інформативною щодо визначення характеристики відносного рівномірного звуження ψ_p для широкого кола конструкційних титанових сплавів, у яких величина характеристики відносного звуження після руйнування зразка ψ_K перевищує 20%. Крім того, у формулах (2) і (3) не враховано явище локалізації деформації в "шийці" зразка при визначенні дійсного напруження руйнування S_K ;

3) з метою вдосконалення залежностей (2) і (3) авторами враховано явище локалізації пластичної деформації в області "шийки" зразка при розтягу, що обумовлює необхідність розглядати "шийку" як концентратор напружень і використовувати для розрахунків замість характеристики істинного напруження руйнування S_K характеристику інтенсивності напружень після руйнування зразка σ_i^K , яку розраховують за відомою залежністю [4]:

$$\sigma_i^K = \frac{S_K}{(1 + 2/\eta) \cdot \ln(1 + \eta/2)}, \quad (4)$$

де параметр $\eta = f(\psi_K)$:

$$\eta = 0,92 \cdot \left[\ln \left(\frac{1}{1 - \psi_K} \right) - 0,1 \right]. \quad (5)$$

Таким чином, характеристику інтенсивності напружень після руйнування зразка σ_i^K розраховують за формулою (4) з урахуванням (5), використовуючи базову механічну характеристику пластичності ψ_K і характеристику дійсного напруження руйнування S_K , при цьому формула (2) після заміни параметра S_K / σ_B на σ_i^K / σ_B буде мати наступний вигляд:

$$\psi_p = \psi_K \cdot \frac{1 - \sigma_{0,2} / \sigma_B}{\sigma_i^K / \sigma_B - \sigma_{0,2} / \sigma_B}, \quad \text{в частках}; \quad (6)$$

4) далі додатково будують експериментальну залежність $\sigma_i^K / \sigma_B = f(\psi_K)$ для конструкційних титанових сплавів з рівнями пластичності від $\psi_K = 81,0\%$ до $\psi_K = 1,0\%$ (фіг. 3), розраховують на її основі емпіричний коефіцієнт та визначають характеристику відносного рівномірного звуження ψ_p за формулою:

$$\psi_p = \psi_K \cdot \frac{1 - \sigma_{0,2} / \sigma_B}{\sigma_i^K / \sigma_B - \sigma_{0,2} / \sigma_B}, \quad \text{в частках}, \quad (7)$$

де: ψ_K - відносне звуження після руйнування зразка, в частках;

$\sigma_{0,2}$ - умовна границя текучості, МПа;

σ_B - границя міцності, МПа;

σ_i^K - інтенсивність напружень після руйнування зразка, МПа;

$\sigma_i^K / \sigma_B \approx 1 + a \cdot \psi_K$, де: $a = 0,684$ - емпіричний коефіцієнт. (8)

За запропонованим способом можна більш точно визначити показник деформаційного зміцнення n для конструкційних титанових сплавів [1], використовуючи залежність (7):

$$n = \frac{\lg \left(\frac{S_B}{\sigma_{0,2}} \right)}{\lg \left(\frac{e_p}{0,002} \right)} = \frac{\lg \left[\frac{\sigma_B}{\sigma_{0,2} \cdot (1 - \psi_p)} \right]}{\lg [-500 \cdot \ln(1 - \psi_p)]} \quad (9)$$

В таблиці 1 наведені значення базових механічних характеристик $\sigma_{0,2}$, σ_B та ψ_K деяких конструкційних титанових сплавів, результати розрахунку характеристики відносного рівномірного звуження ψ_p та показника деформаційного зміцнення n , а також оцінка точності їх визначення за запропонованим способом у порівнянні з експериментальними даними за діаграмою розтягу при температурі випробувань 293 К. Результати оцінки точності залежностей (3) та (8), за якими проводили розрахунки, наведені в таблиці 2.

- Отже, за допомогою запропонованого способу, можна визначати характеристику відносного рівномірного звуження Ψ_p конструкційних титанових сплавів з різними рівнями пластичності в діапазоні від $\Psi_K = 81,0\%$ до $\Psi_K = 1,0\%$ за даними лише основних механічних характеристик $\sigma_{0.2}$, σ_B та Ψ_K більш точно і інформативно. При цьому отримані залежності для розрахунку
- 5 відносного рівномірного звуження зразка Ψ_p інваріантні до різних сполучень властивостей міцності і пластичності сплавів, їх видам, режимам термічної обробки та температури випробувань. Оцінка точності розрахунку характеристики відносного рівномірного звуження зразка Ψ_p за запропонованим способом цілком достатня як для інженерних розрахунків, так і для наукових досліджень, а саме вибірковий стандарт складає $S=5,41\%$ з вірогідністю
- 10 $P(\Psi_p \pm 10,0\%) = 0,93$, що дає можливість здійснювати комплексну оцінку властивостей конструкційних титанових сплавів та визначати показник деформаційного зміцнення n з точністю, при якій вибірковий стандарт складає $S=2,66\%$ з вірогідністю $P(n \pm 5\%) = 0,94$, що достатньо для практичного використання цього показника з метою оцінки спроможності сплавів опиратись переходу в крихкий стан.
- 15 Джерела інформації:
1. Ю.Я. Мешков, С.А. Котречко, А.В. Шиян, Н.Н. Стеценко Физические основы методики определения хрупкой прочности и механической стабильности сплавов на основе железа при комнатной температуре // Металлофизика и новейшие технологии. 2011. - Т. 33. - № 4. - С. 550.
 2. Когаев В.П., Махутов Н.А., Гусенков А.П. Расчеты деталей машин и конструкций на
 - 20 прочность и долговечность. - М.: Машиностроение, 1985. - С. 12-21.
 3. Патент України на винахід № 97226, МПК G 01N 3/08, 3/18, 3/00, 2012.
 4. Мешков Ю.Я., Сердитова Т.Н. Разрушение деформированной стали // К.: Наук, думка, 1989. - С. 67-72.

Таблиця 1

№ п/п	Титанові сплави	Обробка	$\sigma_{0.2}$, МПа	σ_B , МПа	ψ_K	$\psi_{p \text{ експ.}}$	$\psi_{p \text{ розр.}}$ (7)	Δ , %	$n_{\text{експ.}}$	$n_{\text{розр.}}$ (9)	Δ , %
1	BT16	50 К·с ⁻¹ , 920°C; + 700°C, 6 год.	930	970	0,640	0,059	0,055	-7,9	0,030	0,030	0,0
2	Beta-21S	20К·с ⁻¹ , 780°C+2К·хв ⁻¹ , 520°C, 8 год.	1585	1616	0,275	0,026	0,025	-3,7	0,018	0,018	0,0
3	Ti-6Al-4V	Порошковий зпеч. 1260°C, 4 год.	945	1023	0,198	0,067	0,071	+6,9	0,041	0,042	+2,4
4	Beta-21S	20 К·с ⁻¹ , 815°C + 520°C, 23 год.	1478	1533	0,477	0,049	0,048	-3,8	0,027	0,027	0,0
5	Beta-21S	10 К·с ⁻¹ , 820°C + 540°C, 8 год.	1347	1412	0,183	0,053	0,049	-7,1	0,031	0,030	-3,2
6	Beta-21S	CD80%+RR+538°C, 8 год.	1339	1383	0,422	0,044	0,042	-4,3	0,025	0,025	0,0
7	Ti-15-3	CD70% + 538°C, 16 год.	1271	1312	0,141	0,036	0,035	-2,7	0,024	0,023	-4,2
8	Ti-6Al-4V+1.55B	Кування 1000°C	1053	1140	0,136	0,058	0,061	+4,8	0,040	0,041	+2,5
9	Ti-6Al-4V+1.55B	Литий	1260	1334	0,086	0,046	0,042	-8,3	0,034	0,033	-2,9
10	Ti-3Al-4.5Fe-7.2Cr	10 К·с ⁻¹ до 820°C+300°C, 90 хв. + 450°C, 6,5 год.	1448	1679	0,101	0,071	0,067	-5,3	0,064	0,061	-4,7
11	Ti-3Al-4.5Fe-7.2Cr	10К·с ⁻¹ до 840°C+300°C, 90 хв. + 450°C, 6,5 год.	1444	1586	0,079	0,050	0,049	+2,0	0,044	0,045	+2,3
12	Ti-3Al-4.5Fe-7.2Cr	780°C, 30 хв.	1470	1499	0,051	0,018	0,019	+5,6	0,017	0,017	0,0
13	Timetal-LCB	20К·с ⁻¹ , 815°C + 520°C, 8 год.	1382	1550	0,176	0,079	0,083	+5,8	0,051	0,053	+3,9
14	AT2	Стан постачання	570	660	0,662	0,148	0,151	+2,3	0,068	0,070	+2,9
15	BT5-1кт.	Стан постачання	770	835	0,264	0,080	0,079	-1,1	0,044	0,044	0,0
S=								5,41	S=		2,66
P($\psi_p \pm 10,0\%$) =								0,93	P(n $\pm 5\%$) =		0,94

Таблиця 2

№ залежності	Залежність	Вибірковий стандарт S	Параметр для обчислення вірогідності	Довірчий інтервал	Вірогідність P
(3)	$S_K / \sigma_B = f(\psi_K)$	0,028	S_K / σ_B	$\pm 0,05$	0,925
(8)	$\sigma_i^K / \sigma_B = f(\psi_K)$	0,027	σ_i^K / σ_B	$\pm 0,05$	0,936

5

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

10

Спосіб визначення характеристики відносного рівномірного звуження конструкційного титанового сплаву, при якому проводять випробування стандартних гладких циліндричних зразків на одновісний розтяг в інтервалі температур від 4 К до 293 К, здійснюють визначення при цьому базових механічних характеристик та характеристики дійсного напруження руйнування S_K , будують експериментальну залежність $S_K / \sigma_B = f(\psi_K)$, який **відрізняється** тим, що розраховують значення інтенсивності напружень після руйнування зразка σ_i^K , додатково будують експериментальну залежність $\sigma_i^K / \sigma_B = f(\psi_K)$ для конструкційних титанових сплавів з

різними рівнями пластичності ψ_K , розраховують на її основі емпіричний коефіцієнт та визначають характеристику відносного рівномірного звуження ψ_p за формулою:

$$\psi_p = \psi_K \cdot \frac{1 - \sigma_{0,2} / \sigma_B}{\sigma_i^K / \sigma_B - \sigma_{0,2} / \sigma_B}, \text{ в частках,}$$

де: ψ_K - відносне звуження після руйнування зразка, в частках;

5 $\sigma_{0,2}$ - умовна границя текучості, МПа;

σ_B - границя міцності, МПа;

σ_i^K - інтенсивність напружень після руйнування зразка, МПа;

$\sigma_i^K / \sigma_B \approx 1 + a \cdot \psi_K$, де: $a = 0,684$ - емпіричний коефіцієнт.

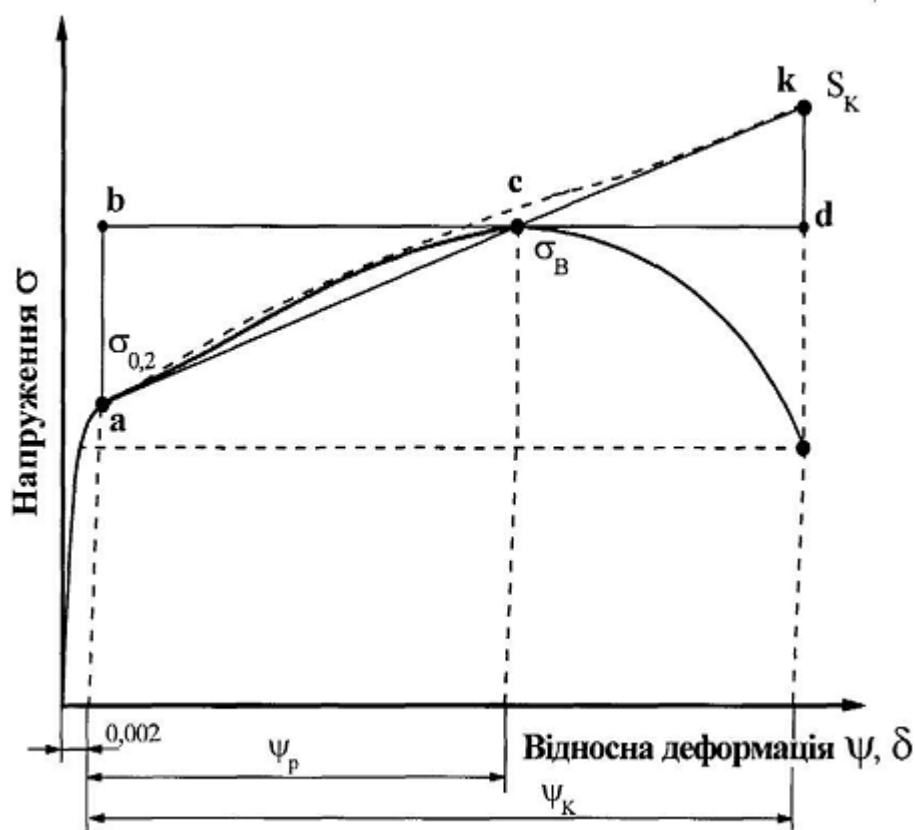


Fig. 1

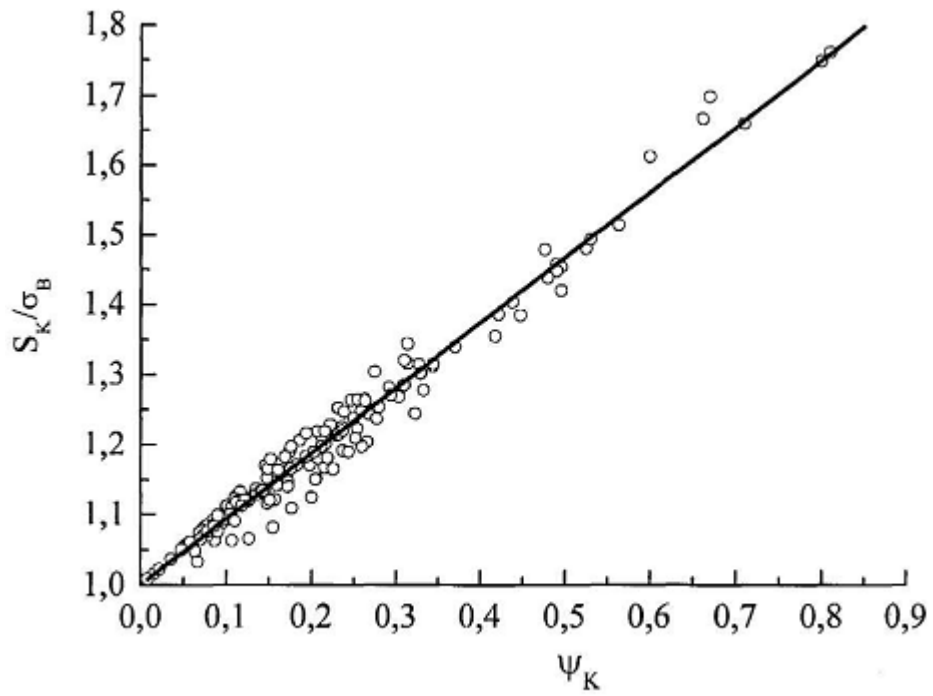


Fig. 2

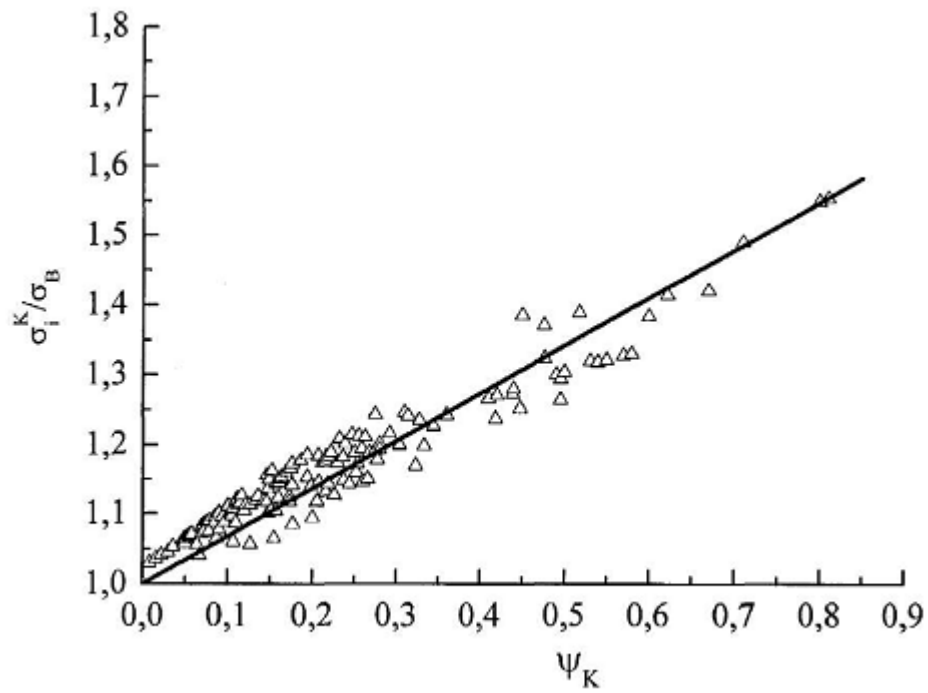


Fig. 3

Комп'ютерна верстка С. Чулій

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601