



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **105263** (13) **C2**  
(51) МПК (2014.01)  
**G01N 3/00**  
**G01N 3/08** (2006.01)  
**G01N 3/18** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

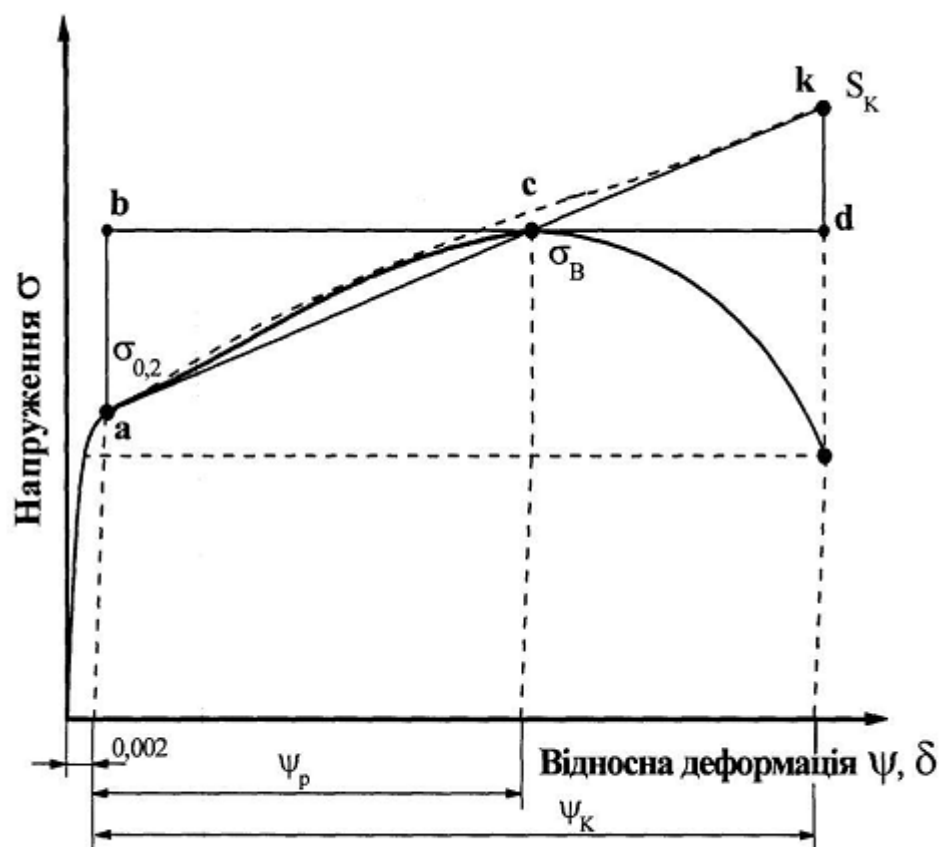
**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>а 2012 08653</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Шиян Артур Віталійович (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>12.07.2012</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>ІНСТИТУТ МЕТАЛОФІЗИКИ ІМ. Г.В. КУРДЮМОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ,</b> бул. Вернадського, 36, м. Київ-142, 03680 (UA)
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>25.04.2014</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 201201749 A; 11.06.2012 UA 97226 C2; 10.01.2012 UA 95870 C2; 12.09.2011 Когаев В.П., Махутов Н.А., Гусенков А.П. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность. – М.: Машиностроение, 1985. - С. 12-21 Мешков Ю.Я., Котречко С.А., Шиян А.В., Стеценко Н.Н. Новые подходы к определению хрупкой прочности и механической стабильности сплавов на основе железа. – К., 2010. - 13 с.
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку: <b>25.12.2012, Бюл.№ 24</b>	
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.04.2014, Бюл.№ 8</b>	

**(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІДНОСНОГО РІВНОМІРНОГО ВИДОВЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНОЇ СТАЛІ****(57) Реферат:**

Винахід належить до галузі дослідження властивостей твердих матеріалів шляхом прикладання статичних навантажень, а саме до визначення характеристики відносного рівномірного видовження конструкційної сталі. Спосіб визначення характеристики відносного рівномірного видовження конструкційної сталі включає операції розтягування стандартних гладких циліндричних зразків повздовж однієї осі при різних температурах в інтервалі від 77 К до 293 К, визначення при цьому базових механічних характеристик та характеристики істинного напруження руйнування  $S_K$ . Після цього розраховують на основі останньої емпіричні коефіцієнти та визначають характеристику відносного рівномірного звуження  $\psi_p$  та характеристику відносного рівномірного видовження  $\delta_p$  за формулами, наведеними в описі винаходу. Винахід дає можливість більш інформативно і точно визначати характеристику відносного рівномірного видовження  $\delta_p$  конструкційних сталей або сплавів з різними рівнями пластичності в діапазоні від  $\psi_K = 86,0\%$  до  $\psi_K = 1,5\%$  за даними лише основних механічних характеристик  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_B$  та  $\psi_K$ , що призводить до можливості здійснювати комплексний аналіз властивостей сплавів та більш точного визначення характеристик крихкої міцності і механічної стабільності, тобто оцінки спроможності цих сплавів чинити опір переходу у крихий стан. При цьому, отримані залежності інваріантні до різних сполучень властивостей міцності і пластичності сплавів, їх видів, режимів термічної обробки та температури випробувань.

**UA 105263 C2**



Фіг. 1

Винахід належить до галузі дослідження властивостей твердих матеріалів шляхом прикладання статичних навантажень в інтервалі температур випробувань гладких зразків від 77 К до 293 К, а саме, до визначення характеристики відносного рівномірного видовження конструкційної сталі.

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

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

де  $\delta_p$  - відносне рівномірне видовження зразка, в частках.

- 10 Недоліками даного способу є: а) відсутність зв'язку показників рівномірної деформації  $\epsilon_p$  та  $\delta_p$  з іншими базовими механічними характеристиками металу, що унеможлиблює їх визначення за відсутності безпосередньої реєстрації при розтягу; б) значні похибки у визначенні показника істинної рівномірної деформації  $\epsilon_p$  для конструкційних сталей з високою пластичністю при безпосередній реєстрації діаграми розтягу без застосування тензометричного обладнання, фіксуючого деформацію в межах "робочої" довжини зразка, наприклад, при проведенні
- 15 випробувань в інтервалах занижених та криогенних температур, за рахунок значної деформації частин зразка, що не належать до його "робочої" довжини.

- Найбільш близьким за технічною суттю та результатом, що досягається, до способу, що заявляється, є спосіб визначення характеристики відносного рівномірного видовження конструкційної сталі, при якому проводять випробування стандартних гладких циліндричних зразків на одновісний розтяг при температурах від 77 К до 293 К, визначення при цьому основних механічних характеристик сплаву та побудову експериментальної залежності

$\frac{S_K}{\sigma_B} = f(\psi_K)$ , після чого визначають характеристику відносного рівномірного звуження  $\psi_p$  за

наступною формулою [2]:  $\psi_p = \psi_K \cdot \frac{1 - \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B}}{\frac{S_K}{\sigma_B} - \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B}}$ , в частках,

- 25 де:

$\psi_K$  - відносне звуження після руйнування зразка, в частках;

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

$\sigma_B$  - границя міцності, МПа;

$S_K$  - істинне напруження руйнування, МПа;

- 30  $\frac{S_K}{\sigma_B} \approx 1 + 1,4 \cdot \psi_K$  - для маловуглецевих та низьколегованих пластичних конструкційних сталей,

а характеристику відносного рівномірного видовження зразка за залежністю:

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

- Разом з тим, спосіб визначення характеристики відносного рівномірного видовження конструкційної сталі за прототипом має наступні недоліки: а) недостатню точність та інформативність щодо визначення характеристики відносного рівномірного видовження для широкого кола конструкційних сталей і сплавів в інтервалі температур випробувань гладких зразків від 77 К до 293 К; б) відсутність залежностей для визначення характеристики відносного рівномірного видовження конструкційних сталей і сплавів з високою пластичністю, у яких величина характеристики відносного звуження після руйнування зразка  $\psi_K$  перевищує 70 % та
- 40 які мають іншу природу деформування; в) відсутність зарахування явища локалізації деформації в "шийці" зразка при визначенні істинного напруження руйнування  $S_K$ .

- В основу винаходу поставлено задачу вдосконалення способу визначення характеристики відносного рівномірного видовження конструкційної сталі тільки за показниками її базових механічних характеристик в широкому інтервалі температур випробувань гладких зразків від 77
- 45 К до 293 К та практично існуючому для конструкційних сталей інтервалі рівнів пластичності від  $\psi_K = 86,0\%$  до  $\psi_K = 1,5\%$  за відсутності їх безпосередньої реєстрації при розтягу. Поставлена задача вирішується шляхом отримання автором достатньої кількості експериментальних даних та встановлення відповідних експериментальних залежностей між характеристиками відносного рівномірного звуження і видовження та базовими механічними характеристиками сплаву,
- 50 такими, як відносне звуження після руйнування зразка  $\psi_K$ , умовна границя текучості  $\sigma_{0,2}$  та границя міцності  $\sigma_B$  з метою знаходження емпіричних коефіцієнтів у формулах, які властиві

конструкційним сталям. Крім того, автором зараховано явище локалізації деформації в "шийці" зразка при розтягу, що обумовлює необхідність розглядати "шийку" як концентратор напружень, внаслідок чого замість характеристики істинного напруження руйнування  $S_K$ , у винаході використовується характеристика інтенсивності напружень після руйнування зразка  $\sigma_i^K$ . Винахід дає можливість більш інформативно і точно визначати характеристики відносного рівномірного видовження конструкційних сталей і сплавів з різними рівнями пластичності  $\psi_K$  за величинами базових механічних характеристик  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_B$  та  $\psi_K$ , що, в свою чергу, дозволяє здійснювати комплексну оцінку їх властивостей та оцінювати спроможність опиратись переходу в крихкий стан.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі визначення характеристики відносного рівномірного видовження конструкційної сталі, при якому проводять випробування стандартних гладких циліндричних зразків на одновісний розтяг, визначення при цьому базових механічних характеристик та характеристики істинного напруження руйнування  $S_K$ , згідно з винаходом, випробування проводять в інтервалі температур від 77 К до 293 К, розраховують значення інтенсивності напружень після руйнування зразка  $\sigma_i^K$  за відомими формулами та будують експериментальну залежність  $\lg(\sigma_i^K / \sigma_B) = f(\lg \psi_K)$  для конструкційних сталей з різними рівнями пластичності  $\psi_K$ , розраховують на її основі емпіричні коефіцієнти та визначають характеристику відносного рівномірного звуження  $\psi_P$  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: параметр  $\sigma_i^K / \sigma_B = 10^m$ ;  $m = 1 + \frac{a \cdot \lg \psi_K - b}{c - \lg \psi_K}$ ;  $\psi_K, \%$ ;  $a = 1,027$ ,  $b = 2,158$ ,  $c = 2,185$  - емпіричні коефіцієнти;

$\sigma_i^K$  - інтенсивність напружень після руйнування зразка, МПа;

$\psi_K$  - відносне звуження після руйнування зразка, в частках;

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

$\sigma_B$  - границя міцності, МПа,

після чого визначають характеристику відносного рівномірного видовження  $\delta_P$  за формулою:

$$\delta_P = \frac{1}{1 - \psi_P} - 1, \text{ в частках.}$$

За рахунок побудови автором допоміжної  $\lg(S_K / \sigma_B) = f(\lg \psi_K)$  та основної  $\lg(\sigma_i^K / \sigma_B) = f(\lg \psi_K)$  експериментальних залежностей для конструкційних сталей і сплавів з різними рівнями пластичності  $\psi_K$  і розрахунку на їх основі емпіричних коефіцієнтів запропонований спосіб дозволяє більш інформативно і точно визначати характеристику відносного рівномірного видовження конструкційної сталі за відсутності її безпосередньої реєстрації при розтягу або уникнути значних похибок, які 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 автор використовує достатньо велику базу експериментальних даних механічних характеристик конструкційних сталей і сплавів з різними рівнями пластичності  $\psi_K$  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  $\psi_K$ ; умовної границі текучості  $\sigma_{0,2}$ ; границі міцності  $\sigma_B$  та істинного напруження руйнування  $S_K$ . Це дозволило отримати достатню кількість даних для коректної статистичної обробки отриманих залежностей, що дає можливість визначати характеристику відносного рівномірного видовження  $\delta_P$  конструкційних сталей і сплавів за даними лише базових механічних характеристик  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_B$  та  $\psi_K$  з точністю, достатньою не тільки для інженерних розрахунків, але й наукових досліджень, та здійснювати комплексний аналіз їх властивостей, у

тому числі визначати характеристики крихкої міцності і 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  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_B$  та  $\psi_K$  деяких конструкційних сталей і зварних швів; результати розрахунку характеристики відносного рівномірного видовження  $\delta_p$  та оцінка точності визначення  $\delta_p$  за запропонованим способом у порівнянні з її експериментальним визначенням при реєстрації діаграми розтягу та застосуванні тензометричного обладнання при кімнатній температурі випробувань (293 K);

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

на Фіг. 1 зображена схема для визначення характеристик  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_B$ ,  $S_K$ ,  $\psi_K$  та  $\psi_P$  на діаграмі розтягу типової конструкційної сталі;

на Фіг. 2 зображена експериментальна залежність  $\frac{S_K - \sigma_B}{\sigma_B - \sigma_{0,2}} = f\left(\frac{\psi_K - \psi_P}{\psi_P}\right)$  для досліджених

конструкційних сталей і сплавів;

на Фіг. 3 зображена допоміжна експериментальна залежність  $\lg(S_K / \sigma_B) = f(\lg \psi_K)$  для досліджених конструкційних сталей і сплавів;

на Фіг. 4 зображена основна експериментальна залежність  $\lg(\sigma_t^K / \sigma_B) = f(\lg \psi_K)$  для досліджених конструкційних сталей і сплавів.

Спосіб реалізується наступним чином.

З метою побудови допоміжної  $\lg(S_K / \sigma_B) = f(\lg \psi_K)$  та основної  $\lg(\sigma_t^K / \sigma_B) = f(\lg \psi_K)$  експериментальних залежностей для досліджених конструкційних сталей і сплавів з різними рівнями пластичності  $\psi_K$  матеріали добирали за принципом максимально широкого охоплення різноманітних комбінацій властивостей міцності та пластичності, при цьому діапазон характеристик міцності складав: від  $\sigma_{0,2} = 138$  МПа до  $\sigma_{0,2} = 2250$  МПа, а діапазон характеристик пластичності складав  $1,5\% \leq \psi_K \leq 86,0\%$ . Крім цього, за об'єкти досліджень вибирали конструкційні сталі, які використовують у криогенній техніці та атомній енергетиці. Змінювали також різні режими термічної обробки, температуру випробувань в інтервалі від 77K до 293K та зварювальні технології при отриманні зварних швів. Всього в цих дослідженнях використовували результати більш ніж 1000 вимірів деформаційних характеристик та характеристик міцності, отриманих при випробуванні стандартних гладких циліндричних зразків на одновісний статичний розтяг більш ніж 400-ти марок конструкційних сталей.

Проводять розтягування повздовж однієї осі стандартних гладких циліндричних зразків та визначають базові механічні характеристики сплаву при різних температурах випробувань в інтервалі  $77\text{ K} \leq T_{\text{вип}} \leq 293\text{ K}$  такі, як:  $\psi_K$  - відносне звуження після руйнування зразка;  $\sigma_{0,2}$  - умовна границя текучості;  $\sigma_B$  - границя міцності, а також характеристику істинного напруження руйнування  $S_K$ .

Методика визначення характеристики відносного рівномірного видовження конструкційної сталі полягає у наступному:

1) на основі властивості подібності трикутників  $abc$  і  $cdk$  на діаграмі розтягу типової конструкційної сталі (Фіг. 1) будують експериментальну залежність  $\frac{S_K - \sigma_B}{\sigma_B - \sigma_{0,2}} = f\left(\frac{\psi_K - \psi_P}{\psi_P}\right)$  для

досліджених конструкційних сталей і сплавів (Фіг. 2), згідно з якою отримують наступні загальні формули для визначення характеристик рівномірної деформації [2], а саме відносного рівномірного звуження зразка  $\psi_P$ :

$$\psi_P = \psi_K \cdot \frac{1 - \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B}}{\frac{S_K}{\sigma_B} - \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B}}, \quad (1)$$

та відносного рівномірного видовження зразка  $\delta_p$ :

$$\delta_p = \frac{1}{1 - \psi_P} - 1. \quad (2)$$

Залежність  $\frac{S_K - \sigma_B}{\sigma_B - \sigma_{0,2}} = f\left(\frac{\psi_K - \psi_P}{\psi_P}\right)$  має однозначний характер, але оцінка її точності дає

наступні результати: вибірковий стандарт  $S=12,8\%$  при надійності  $P\left(\frac{S_K - \sigma_B}{\sigma_B - \sigma_{0,2}} \pm 12,8\%\right) = 0,683$ .

Такі показники точності і надійності залежності  $\frac{S_K - \sigma_B}{\sigma_B - \sigma_{0,2}} = f\left(\frac{\psi_K - \psi_P}{\psi_P}\right)$  недостатні для

практичного використання при визначенні характеристики відносного рівномірного видовження  
 5 конструкційної сталі за формулою (2) з урахуванням (1). 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 показники рівномірної деформації для таких  
 10 конструкційних сталей і сплавів. Враховуючи згадане, для більш точного розрахунку показників  
 рівномірної деформації сплавів важливо мати залежності, що пов'язують параметр  $S_K / \sigma_B$  з  
 базовими механічними характеристиками металу або їх комбінаціями. В [2] наведена наступна  
 залежність для низьковуглецевих та малолегованих пластичних конструкційних сталей:

$$S_K / \sigma_B \approx a + b \cdot \psi_K, \quad (3)$$

де:  $a=1$ ;  $b=1,4$ .

15 Підстановкою (3) в (1), в [2] отримано формулу для визначення відносного рівномірного  
 звуження зразка  $\psi_P$ :

$$\psi_P = \psi_K \cdot \frac{1 - \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B}}{1 + 1,4 \cdot \psi_K - \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B}} \cdot (4)$$

Аналіз показує, що за формулою (4) можна приблизно визначити характеристики рівномірної  
 20 деформації для дуже вузького кола вищезгаданих класів конструкційних сталей і тільки для  
 кімнатних температур випробувань (293 K) в інтервалі їх характеристик пластичності  $\psi_K \leq$   
 70 %, тобто формула (4) є недостатньо інформативною;

2) з метою усунення недосконалостей залежностей (3) і (4), будують допоміжну  
 експериментальну залежність  $\lg(S_K / \sigma_B) = f(\lg \psi_K)$  для різних рівнів пластичності  $\psi_K$   
 досліджених конструкційних сталей і сплавів (Фіг. 3), згідно з якою отримують наступну формулу  
 25 для визначення параметра  $S_K / \sigma_B$ :

$$S_K / \sigma_B = 10^m, \quad (5)$$

$$\text{де: } m = 1 + \frac{a \cdot \lg \psi_K - b}{c - \lg \psi_K},$$

$a=1,048$ ;  $b=2,148$ ;  $c=2,159$  - емпіричні коефіцієнти;

3) формула (1) з урахуванням (5) являє собою більш точний варіант для розрахунку  
 30 характеристики відносного рівномірного видовження  $\delta_P$  за формулою (2) та може бути  
 використана для порівняльної експрес-оцінки конструкційних сталей з рівнем пластичності  $\psi_K \leq$   
 50 %. Однак, для більш точного визначення характеристики  $\delta_P$ , враховують існування явища  
 локалізації пластичної деформації в області "шийки" зразка при розтягу, що обумовлює  
 необхідність розглядати "шийку" як концентратор напружень і використовувати для розрахунків  
 35 замість характеристики істинного напруження руйнування  $S_K$  характеристику інтенсивності  
 напружень після руйнування зразка  $\sigma_i^K$ .

В роботі [3] запропонована залежність для розрахунку характеристики  $\sigma_i^K$  в "шийці" зразка  
 при одновісному розтягу:

$$\sigma_i^K = \frac{S_K}{(1 + 2/\eta) \cdot \ln(1 + \eta/2)}, \quad (6)$$

40 де параметр  $\eta = f(\psi_K)$ :

$$\eta = 0,92 \cdot \left[ \ln\left(\frac{1}{1 - \psi_K}\right) - 0,1 \right]. \quad (7)$$

Таким чином, характеристику інтенсивності напружень після руйнування зразка  $\sigma_i^K$  розраховують за формулою (6) з урахуванням (7), використовуючи базову механічну характеристику пластичності  $\psi_K$  і характеристику істинного напруження руйнування  $S_K$ , при цьому формула (1) після заміни параметра  $S_K / \sigma_B$  на  $\sigma_i^K / \sigma_B$  прийме вигляд:

$$\psi_P = \psi_K \cdot \frac{1 - \sigma_{0,2} / \sigma_B}{\sigma_i^K / \sigma_B - \sigma_{0,2} / \sigma_B},$$

4) з метою усунення недоліків, які має характеристика істинного напруження руйнування  $S_K$  (див. п. 1), будують основну експериментальну залежність  $\lg(\sigma_i^K / \sigma_B) = f(\lg \psi_K)$  для різних рівнів пластичності  $\psi_K$  досліджених конструкційних сталей і сплавів (Фіг. 4), згідно з якою отримують наступну формулу для визначення параметра  $\sigma_i^K / \sigma_B$ :

$$\sigma_i^K / \sigma_B = 10^m; (9)$$

$$\text{де: } m = 1 + \frac{a \cdot \lg \psi_K - b}{c - \lg \psi_K},$$

$a = 1,027$ ;  $b = 2,158$ ;  $c = 2,185$  - емпіричні коефіцієнти.

Відповідно, величина характеристики відносного рівномірного видовження  $\delta_P$  може бути визначена через характеристику відносного рівномірного звуження  $\psi_P$  за формулою (2) з урахуванням формул (8) і (9).

Значення базових механічних характеристик  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_B$  та  $\psi_K$  деяких конструкційних сталей і зварних швів, результати розрахунку характеристики відносного рівномірного видовження  $\delta_P$  та оцінка точності визначення  $\delta_P$  за запропонованим способом наведені в таблиці 1, а результати оцінки точності допоміжної і основної залежностей (5) та (9), за якими проводили розрахунки, наведені в таблиці 2.

Отже, за допомогою запропонованого способу, можна визначати характеристику відносного рівномірного видовження  $\delta_P$  конструкційних сталей або сплавів з різними рівнями пластичності в діапазоні від  $\psi_K = 86,0\%$  до  $\psi_K = 1,5\%$  за даними лише основних механічних характеристик  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_B$  та  $\psi_K$  більш точно і інформативно. При цьому, отримані залежності для розрахунку відносного рівномірного звуження зразка  $\psi_P$  та відносного рівномірного видовження зразка  $\delta_P$  інваріантні до різних сполучень властивостей міцності і пластичності сплавів, їх видів, режимів термічної обробки та температури випробувань. Оцінка точності розрахунку характеристики відносного рівномірного видовження зразка за запропонованим способом цілком достатня як для інженерних розрахунків, так і для наукових досліджень, а саме, вибіркового стандарт складає  $S = 5,12\%$  при вірогідності  $P(\delta_P \pm 9,0\%) = 0,92$ , що дає можливість здійснювати комплексний аналіз властивостей конструкційних сталей і сплавів та більш точно визначати характеристики крихкої міцності і механічної стабільності, тобто оцінювати спроможність цих сплавів чинити опір переходу у крихкий стан.

Джерела інформації:

1. Мешков Ю.Я., Котречко С.А., Шиян А.В., Стеценко Н.Н. 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 прочность и долговечность. - М.: Машиностроение, 1985. - С. 12-21.
3. Мешков Ю.Я., Сердитова Т.Н. Разрушение деформированной стали - Киев: Наук. думка, 1989. - С. 67-72.

Таблиця 1

№ п/п	Сталі, сплави	Обробка, технологічний засіб	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\psi_K$ , %	$\delta_p^{\text{еккс.}}$	$\delta_p^{\text{розр.}}$	$\Delta$ , %
1	$\alpha$ - Fe	Гарт. 1323 К; 2 г., ох. з піччю, вакуум	138	307	83,8	0,414	0,419	-5,6
2	Ст. 3сп.	Гарт. 1373 К; 2,75 г., ох. з піччю, вакуум	160	340	71,7	0,330	0,337	-6,3
3	У8	Гарт. 1123 К; 1 г., ох. з піччю, вакуум	341	807	12,8	0,085	0,087	+2,3
4	Ст. 55	Состояние поставки	630	980	43,0	0,280	0,279	+0,4
5	10ХСНД	Гарт. 1373 К; 2 г., ох. з піччю, вакуум	312	454	72,0	0,324	0,327	+0,9
6	АК-35	Стан постачання	1027	1141	75,0	0,134	0,125	-6,7
7	Х75	ЗШ (ПД-АН30) - 1 шар	430	636	67,5	0,178	0,192	+7,9
8		ЗШ(ПД-АН30) - 2 шари	361	662	61,7	0,204	0,224	+1,0
9		ЗШ (ПД-АН30) - 3 шари	404	730	51,9	0,187	0,177	-5,3
10	12ХН2МДФ	ЗШ (флюс 48-АНК-54, дріт Св.-10) В = 0,0 віс. %	622	781	59,9	0,141	0,149	+5,7
11		ЗШ (флюс 48-АНК-54, дріт Св.-10) В = 0,001 віс. %	623	769	52,6	0,138	0,137	-0,7
12		ЗШ (флюс 48-АНК-54, дріт Св.-10) В = 0,0022 віс. %	628	780	68,1	0,195	0,185	-5,1
13		ЗШ (флюс 48-АНК-54, дріт Св.-10) В = 0,004 віс. %	642	783	67,9	0,184	0,172	-6,5
S =								5,12
P( $\delta_p \pm 9,0$ %) =								0,92

Примітки:

- 5  $\Delta$  - абсолютне відхилення розрахункових значень характеристики відносного рівномірного видовження  $\delta_p^{\text{розр.}}$  від експериментальних  $\delta_p^{\text{еккс.}}$ ; ЗШ - зварний шов; ПД - порошковий дріт; В - вміст бору у зварному шві.

Таблиця 2

№ залежності	Залежність	Стандарт S	Параметр для обчислення вірогідності	Довірчий інтервал	Вірогідність Р
(5)	$\lg(S_K / \sigma_B) = f(\lg \psi_K)$	0,029	$\lg(S_K / \sigma_B)$	$\pm 0,05$	0,915
(9)	$\lg(\sigma_i^K / \sigma_B) = f(\lg \psi_K)$	0,028	$\lg(\sigma_i^K / \sigma_B)$	$\pm 0,05$	0,927

# ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

10

Спосіб визначення характеристики відносного рівномірного видовження конструкційної сталі, при якому проводять випробування стандартних гладких циліндричних зразків з неї на одновісний розтяг, визначають при цьому базові механічні характеристики та характеристики істинного напруження руйнування  $S_K$ , який **відрізняється** тим, що випробування проводять в інтервалі температур від 77 К до 293 К, розраховують значення інтенсивності напружень після руйнування зразка  $\sigma_i^K$  та будують експериментальну залежність  $\lg(\sigma_i^K / \sigma_B) = f(\lg \psi_K)$  для конструкційних сталей з різними рівнями пластичності  $\psi_K$ , розраховують на її основі емпіричні коефіцієнти та визначають характеристику відносного рівномірного звуження  $\psi_p$  за формулою:

15

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

де: параметр  $\sigma_i^K / \sigma_B = 10^m$ ;  $m = 1 + \frac{a \cdot \lg \psi_K - b}{c - \lg \psi_K}$ ;  $\psi_K, \%$ ;  $a = 1,027$ ,  $b = 2,158$ ,  $c = 2,185$  - емпіричні

коефіцієнти;

$\sigma_i^K$  - інтенсивність напружень після руйнування зразка, МПа;

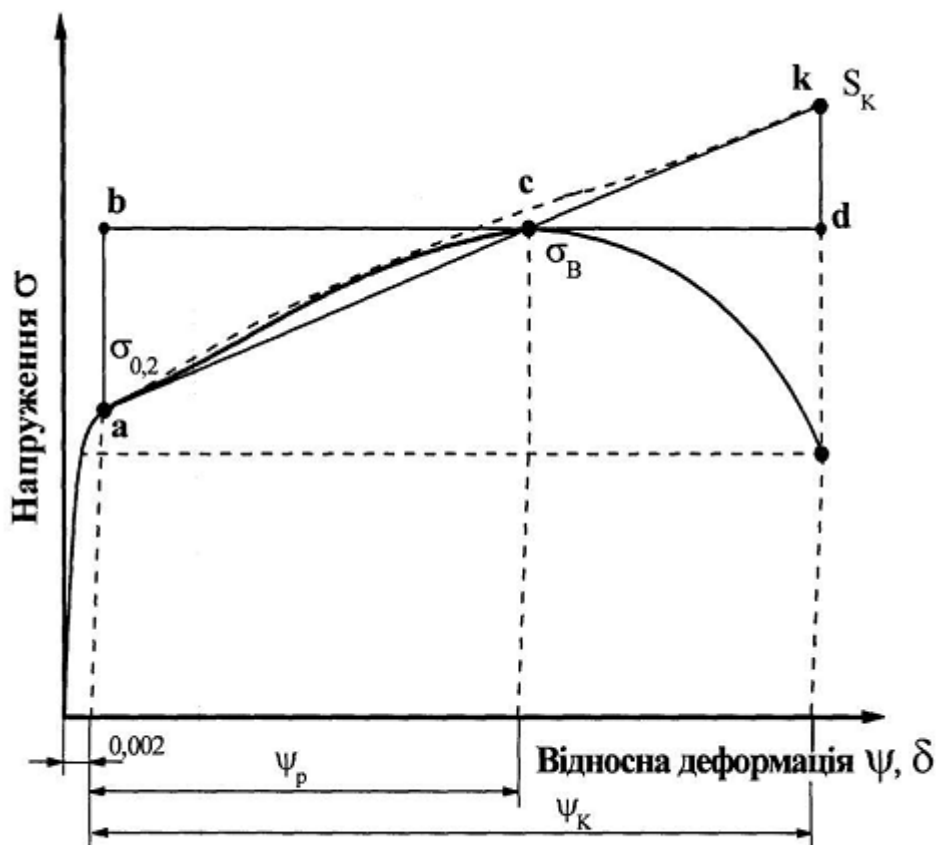
$\psi_K$  - відносне звуження після руйнування зразка, в частках;

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

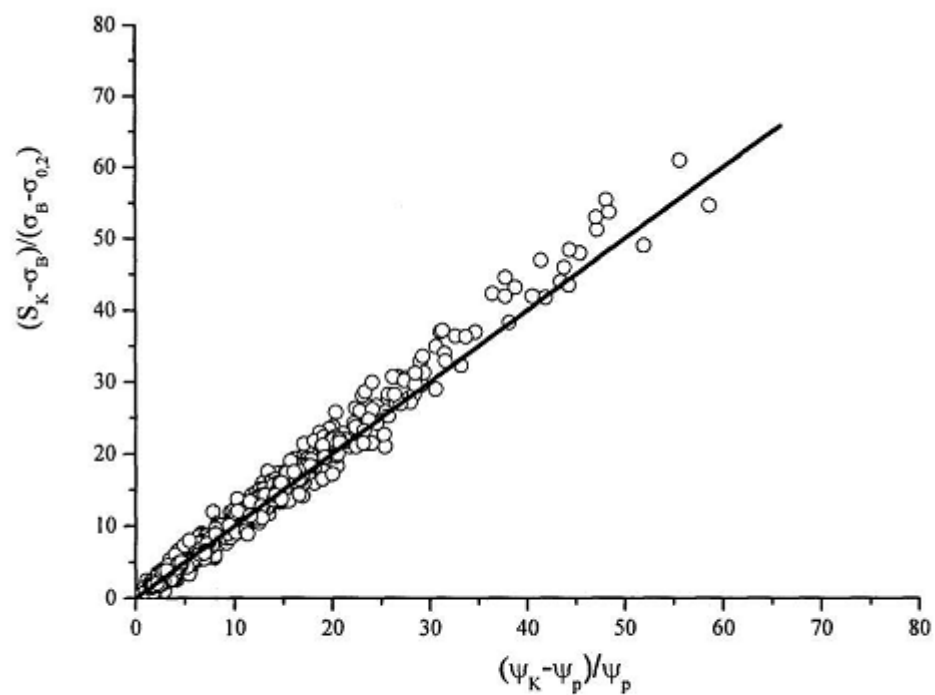
$\sigma_B$  - границя міцності, МПа,

після чого визначають характеристику відносного рівномірного видовження  $\delta_p$  за формулою:

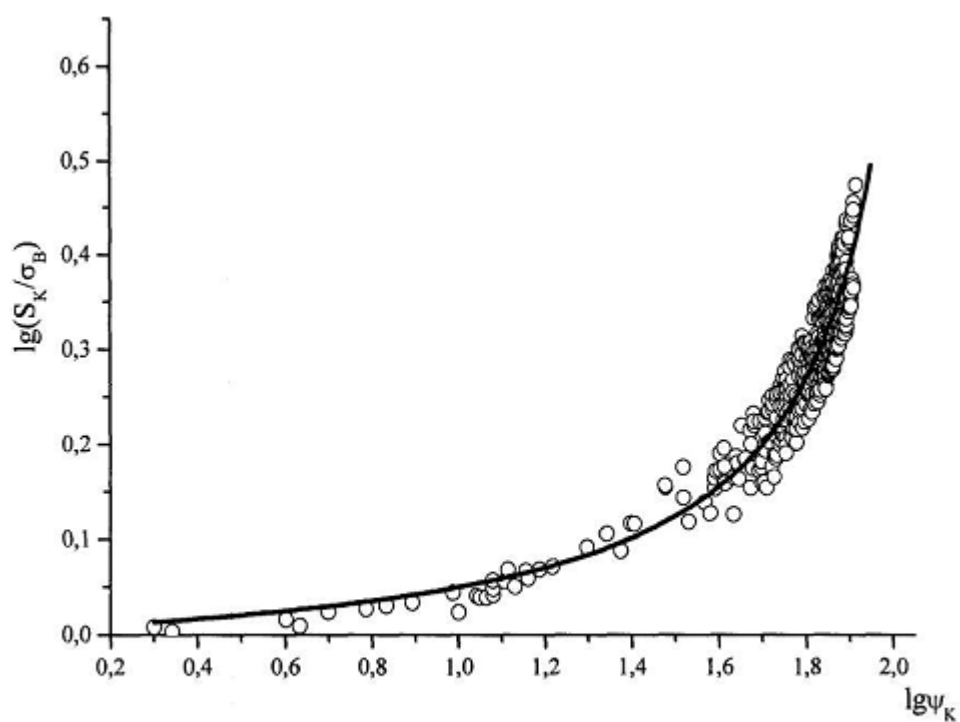
$$\delta_p = \frac{1}{1 - \psi_p} - 1, \text{ в частках.}$$



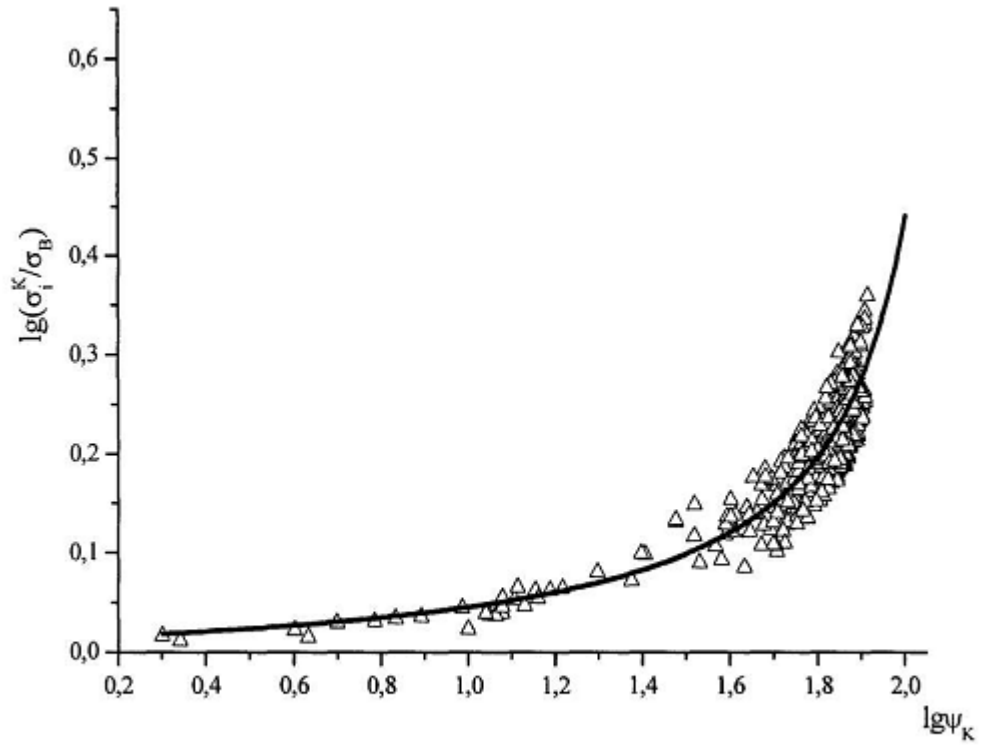
Фіг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

---

Комп'ютерна верстка О. Рябко

---

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