



УКРАЇНА

(19) UA (11) 66342 (13) U
(51) МПК (2011.01)
G01N 3/00
G01N 3/08 (2006.01)
G01N 3/14 (2006.01)
G01N 3/18 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ В'ЯЗКО-КРИХКОГО ПЕРЕХОДУ КОНСТРУКЦІЙНИХ СТАЛЕЙ

1

2

(21) u201109500

(22) 28.07.2011

(24) 26.12.2011

(46) 26.12.2011, Бюл.№ 24, 2011 р.

(72) ШИЯН АРТУР ВІТАЛІЙОВИЧ, СОРОКА КАТЕРИНА ФЕОДОСІВНА

(73) ІНСТИТУТ МЕТАЛОФІЗИКИ ІМ. Г.В. КУРДЮМОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(57) Спосіб визначення критичної температури в'язко-крихкого переходу гладких зразків конструкційних сталей, при якому проводять випробування стандартних гладких циліндричних зразків на одновісний розтяг, визначення при цьому основних механічних характеристик металу та характеристики механічної стабільності K_{ms} , який відрізня-

ється тим, що випробування гладких циліндричних зразків на одновісний розтяг здійснюють тільки при температурі 293 К, визначають оптимальну механічну стабільність K_{ms}^{opt} , а оцінку якості проводять за кількісним параметром - величиною міри оптимальності по механічній стабільності μ_{Kms}^{σ} при заданій міцності $\sigma_{0,2}$ за відомими залежностями, після чого визначають критичну температуру в'язко-крихкого переходу T_{BK} за формулою:

$$T_{BK} = \frac{\mu_{Kms}^{\sigma} - a}{b},$$

де: $a = 1,048$; $b = -0,005$.

Корисна модель належить до галузі дослідження властивостей твердих матеріалів шляхом прикладання статичних або динамічних навантажень, а саме до визначення критичної температури в'язко-крихкого переходу гладких зразків конструкційних сталей за допомогою випробувань на одновісний розтяг при кімнатній температурі 293 К.

Відомий спосіб визначення критичної температури в'язко-крихкого переходу T_C зразків з надрізами типу Шарпі, що випробовувались шляхом прикладання динамічних навантажень [1].

Недоліком даного способу є відсутність зв'язку критичної температури в'язко-крихкого переходу зразків з надрізами типу Шарпі T_C , що для конструкційних сталей зазвичай визначається за результатами випробувань в діапазоні температур від 273К до 173К, з критичною температурою в'язко-крихкого переходу гладких зразків T_0 при температурі випробувань 293К.

Відомий також спосіб визначення критичної температури в'язко-крихкого переходу T_C зразків з кільцевими надрізами, при якому спочатку визначають характеристику крихкої міцності R_{MC} по ве-

личині середнього номінального напруження руйнування σ_{NF} при значенні залишкової деформації в місці розриву $\psi = 2\%$ за результатами випробувань в діапазоні температур від 293 К до 77 К, а температуру в'язко-крихкого переходу T_C визначають відповідно до виконання умови $\psi = 2\%$ на температурній шкалі [2].

Однак, такий спосіб визначення критичної температури в'язко-крихкого переходу T_C також має наступні недоліки: а) складність, тривалість в часі та вартість виготовлення дослідних зразків з кільцевими надрізами; б) неможливість визначення характеристики крихкої міцності R_{MC} конструкційних сталей з високим рівнем пластичності при кімнатній температурі випробувань 293 К.

Найбільш близьким за технічною суттю та результатом, що досягається, до способу, що заявляється, є спосіб визначення критичної температури в'язко-крихкого переходу гладких зразків T_{BK} конструкційних сталей, при якому проводять випробування стандартних гладких циліндричних зразків на одновісний розтяг при температурах в інтервалі від 77К до 293К та визначають характе-

(13) U

(11) 66342

(19) UA

ристику крихкої міцності R_{MC} при значенні залишкової деформації в місці розриву $\psi=2\%$ та характеристики механічної стабільності K_{ms} , яка при T_{BK} має значення $K_{ms}=1$ [3].

Разом з тим, спосіб визначення критичної температури в'язко-крихкого переходу гладких зразків T_{BK} конструкційних сталей шляхом визначення характеристики крихкої міцності R_{MC} при значенні залишкової деформації в місці розриву $\psi=2\%$ та характеристики механічної стабільності K_{ms} , яка при T_{BK} має значення $K_{ms}=1$, за найближчим аналогом має наступні недоліки: а) недостатня точність визначення характеристик крихкої міцності R_{MC} та механічної стабільності K_{ms} , які для більшості конструкційних сталей визначаються шляхом графічної або математичної екстраполяції в область температур, нижчих 77 К; б) необхідність проведення випробувань великої кількості зразків при температурах в інтервалі від 77 К до 293 К.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення способу визначення критичної температури в'язко-крихкого переходу гладких зразків T_{BK} конструкційних сталей за допомогою випробувань на одновісний розтяг при кімнатній температурі 293 К шляхом отримання достатньої кількості експериментальних даних для побудови залежності показника якості сталей - міри оптимальності по механічній стабільності $\mu = \frac{\sigma}{K_{ms}}$ при за-

даний міцності $\sigma_{0,2}$ від критичної температури в'язко-крихкого переходу гладких зразків T_{BK} , що дає змогу з достатньою точністю визначати T_{BK} за отриманою авторами залежністю.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі визначення критичної температури в'язко-крихкого переходу, при якому проводять випробування стандартних гладких циліндричних зразків на одновісний розтяг, визначення при цьому основних механічних характеристик металу та характеристики механічної стабільності K_{ms} , згідно з корисною моделлю, випробування гладких циліндричних зразків на одновісний розтяг здійснюють тільки при температурі 293 К, визначають оптимальну механічну стабільність K_{ms}^{OPT} , а оцінку якості проводять за кількісним параметром - величиною міри оптимальності по механічній стабільності μ_{Kms}^{σ} при заданій міцності $\sigma_{0,2}$ за відомими залежностями, після чого визначають критичну температуру в'язко-крихкого переходу T_{BK} за формулою:

$$T_{BK} = \frac{\mu_{Kms}^{\sigma} - a}{b},$$

де: $a=1,048$; $b=-0,005$.

За рахунок визначення характеристики оптимальної механічної стабільності K_{ms}^{OPT} та міри оптимальності по механічній стабільності $\mu = \frac{\sigma}{K_{ms}}$ при температурі 293 К, запропонований спосіб дозволяє з більш високою і достатньою для інженерних розрахунків точністю визначити критичну температуру в'язко-крихкого переходу гладких зразків конструкційних сталей. При цьому використовували експериментальні значення основних механі-

чних характеристик металу, а саме: умовної границі текучості $\sigma_{0,2}$; відносного звуження після руйнування зразка ψ_K ; характеристики механічної стабільності гладкого зразка K_{ms} ; показника деформаційного зміцнення n , отримані тільки при кімнатній температурі 293 К. Після чого визначають критичну температуру в'язко-крихкого переходу гладких зразків конструкційних сталей T_{BK} за отриманою авторами залежністю між мірою оптимальності по механічній стабільності $\mu = \frac{\sigma}{K_{ms}}$ при заданій міцнос-

ті $\sigma_{0,2}$ та критичною температурою в'язко-крихкого переходу гладких зразків T_{BK} . Інформація про значення критичної температури в'язко-крихкого переходу гладких зразків K_{ms}^{OPT} є важливою при виборі конструкційних сталей середньої та високої міцності для створення особливо відповідальних конструкцій з гарантованим подовженням терміном експлуатаційної надійності.

Корисна модель пояснюється таблицею та графіками, а саме:

в таблиці наведені результати визначення критичних температур в'язко-крихкого переходу гладких зразків деяких конструкційних сталей і сплавів різних заданих рівнів міцності $\sigma_{0,2}$: експериментальним шляхом $T_{BK}^{експ.}$ та шляхом розрахунку за отриманою у запропонованому способі залежністю $T_{BK}^{розрах.}$; абсолютні відхилення Δ значень

$T_{BK}^{розрах.}$ від $T_{BK}^{експ.}$ та середня квадратична похибка v при застосуванні запропонованого способу.

на Фіг.1 зображена схема визначення критичних температур в'язко-крихкого переходу гладких зразків T_{BK} та зразків з надрізами T_C при проведенні випробувань в низькотемпературному інтервалі, де: T_K - кімнатна температура випробувань (293 К); S_K - істинне напруження руйнування; R_{MC} - характеристика крихкої міцності; K_{ms} - характеристика механічної стабільності гладкого зразка; E_m - міра силового еквівалента окрихуючої сили надрізу; σ_2 - міцність металу при критичному ступені деформації 2 %; σ_{2C} - міцність металу при критичному ступені деформації 2 % при температурі в'язко-крихкого переходу T_C зразка з надрізом; P_{ms} - характеристика механічної стабільності зразка з надрізом.

на Фіг.2 - зображена залежність між мірою оптимальності по механічній стабільності $\mu = \frac{\sigma}{K_{ms}}$ при

заданому значенні міцності $\sigma_{0,2}$ і критичною температурою в'язко-крихкого переходу для гладкого зразка T_{BK} при розтягу; • - експериментальні дані випробувань конструкційних сталей різних рівнів міцності $\sigma_{0,2}$.

Спосіб реалізується наступним чином.

Матеріали для досліджень добирали за принципом широкого охоплення різноманітних комбінацій властивостей міцності та пластичності конструкційних сталей, при цьому діапазон характеристик міцності складав: від $\sigma_{0,2}=300$ МПа до $\sigma_{0,2}=1200$ МПа, а діапазон характеристик пластичності складав $80,0\% \leq \psi_K \leq 10,0\%$. Крім цього, як об'єкти досліджень використовували зварні шви,

виконані із застосуванням різних технологій зварювання, спеціальні конструкційні сталі, що використовуються в ядерній енергетиці, а також конструкційні сталі, що використовуються в криогенній техніці. У деяких випадках змінювали також і режими термічної обробки сталей та температури випробувань в діапазоні $77 \text{ K} \leq T_{\text{вип}} \leq 293 \text{ K}$. Всього в цих дослідженнях використовували результати випробувань стандартних гладких циліндричних зразків на одновісний статичний розтяг 30-ти видів сталей та сплавів.

Проводять розтяг вздовж однієї осі стандартних гладких циліндричних зразків та визначають основні механічні характеристики та характеристики крихкого руйнування металу при різних температурах випробувань в інтервалі $77 \text{ K} \leq T_{\text{вип}} \leq 293 \text{ K}$ такі, як: ψ_K - відносне звуження після руйнування зразка; $\sigma_{0,2}$ - умовна границя текучості; n - показник деформаційного зміцнення. Характеристики крихкої міцності R_{MC} механічної стабільності K_{ms} і оптимальної механічної стабільності $K_{ms}^{\text{опт}}$ розраховували за відомими залежностями при $T_{\text{вип}}=293 \text{ K}$, після чого визначали міру оптимальності по механічній стабільності $\mu = \frac{\sigma}{K_{ms}}$ при заданій міцності $\sigma_{0,2}$.

Методика визначення критичної температури в'язко-крихкого переходу гладких зразків конструкційних сталей T_{BK} полягала у наступному:

- значення характеристики механічної стабільності K_{ms} при $T_{\text{вип}}=293 \text{ K}$ визначають експериментальним шляхом за відомою залежністю [3]:

$$K_{ms} = \frac{R_{MC}}{\sigma_{0,2} \cdot 10^n},$$

або розраховують за відомою формулою [4]:

$$K_{ms} = 10^p,$$

$$p = \frac{a \cdot \lg \psi_K - b}{c - \lg \psi_K} \cdot n,$$

де: $a=0,164$; $b=0,15$; $c=1,95$.

- значення характеристики оптимальної механічної стабільності $K_{ms}^{\text{опт}}$ при $T_{\text{вип}}=293 \text{ K}$ розраховують за відомою формулою [5]:

$$K_{ms}^{\text{опт}} = 1 - \frac{a \cdot \psi_K^{\text{опт}} + b}{\psi_K^{\text{опт}} - c},$$

де: $a=0,086$; $b=1,310$; $c=89,478$;

$$\psi_K^{\text{опт}} = a - \frac{b}{(1 + c \cdot \sigma_{0,2})^d},$$

де: $a=84,52$; $b=1,42$; $c=0,0001 \text{ [1/МПа]}$; $d=19,58$.

- значення міри оптимальності по механічній стабільності $\mu = \frac{\sigma}{K_{ms}}$ при заданій міцності $\sigma_{0,2}$ визначають згідно [5] з формулою:

$$\mu = \frac{\sigma}{K_{ms}} = \frac{K_{ms}}{K_{ms}^{\text{опт}}}$$

- визначення критичної температури в'язко-крихкого переходу T_{BK} гладких зразків конструкційних сталей (Фіг.1) здійснюють відповідно до отриманої залежності (Фіг.2):

$$T_{BK} = \frac{\mu_{ms}^{\sigma} - a}{b},$$

де: $a=1,048$; $b=-0,005$.

Отримана залежність дає можливість визначати критичну температуру в'язко-крихкого переходу T_{BK} гладких зразків конструкційних сталей з точністю, при якій середня квадратична похибка ν при застосуванні запропонованого способу дорівнює 5,2 K (див. таблицю 1), що цілком достатньо для інженерних розрахунків.

Джерела інформації:

1. Котречко С.А., Мешков Ю.Я., Шиян А.В. Пластичность и хладостойкость конструкционных сталей // Проблемы прочности, 2010, №1, С. 112-119.

2. Патент України на корисну модель №49501, МПК G01N 3/08, 2009.

3. Котречко С.А., Мешков Ю.Я. Предельная прочность. Кристаллы, металлы, конструкции - Киев: Наук, думка, 2008, С. 142-144; 232-239.

4. 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. 1001-1017.

5. Науковий твір "Метод оценки качества конструкционных сталей по заданной прочности", авторы: Мешков Ю.Я., Котречко С.О., Шиян А.В., Стеценко Н.М., Большаков В.И., Носенко О.П. Свидетство про регистрацию авторского права №39290 від 22.07.2011 /Україна/. Оpubл. бюл. №25, С. 9-10.

Таблиця

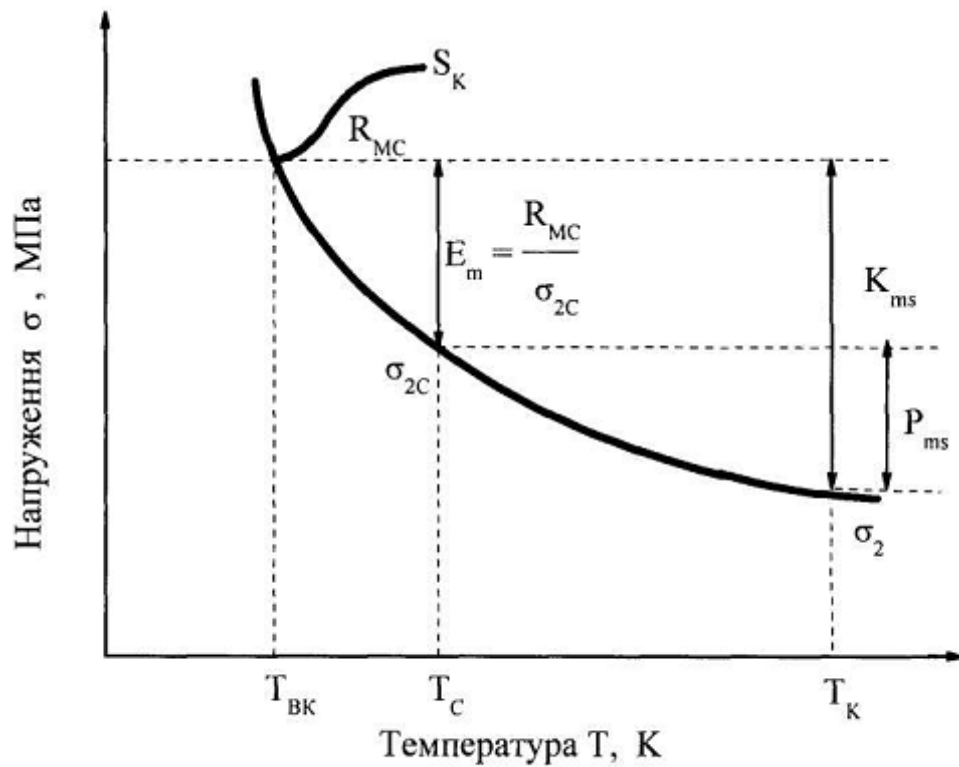
$T_{\text{вип.}}, \text{ K}$	Сталі і сплави	$\mu = \frac{\sigma}{K_{ms}}$	$T_{BK}^{\text{експ.}}, \text{ K}$	$T_{BK}^{\text{розр.}}, \text{ K}$	$\Delta, \text{ K}$
1	2	3	4	5	6
Рівень міцності $\sigma_{0,2}=370 \pm 4 \text{ \% МПа}$					
293	15ГБ ¹	0,924	39	31	-8
293	X75 (СШ) ²	0,707	57	61	+4
293	12СГАФ	0,676	68	76	+8
293	09Г2	0,651	77	80	+3
293	15ГБ	0,628	84	85	+1
Рівень міцності $\sigma_{0,2}=560 \pm 4 \text{ \% МПа}$					
233	15ГБ ³	0,924	28	22	-6
233	10Г2ФБ	0,898	26	22	-4

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6
153	09Г2 ⁴	0,842	43	41	-2
203	10ГН2МФА	0,672	75	72	-3
193	20ХГС2 ⁵	0,654	60	69	+9
Рівень міцності $\sigma_{0,2}=1130\pm3$ % МПа					
173	АК-35	0,905	36	37	+1
293	15 × 2МФА ⁶	0,806	57	52	-5
77	15 × 2НФМА	0,749	38	42	+4
293	20 × ⁷	0,732	67	63	-4
v, K					5,2

Примітки:

1. Електронагрів 1173 К;
2. Зварний шов (порошковий дріт АН30-2 шари);
3. Температура нагріву під гартування 1253 К;
4. Температура нагріву під гартування 1173 К;
5. Гарячекатаний;
6. Нагрів 1273 К, 4 год. + охол., масло + відпуск 893 К, 6 год.;
7. Відпуск 473 К.



Фиг. 1

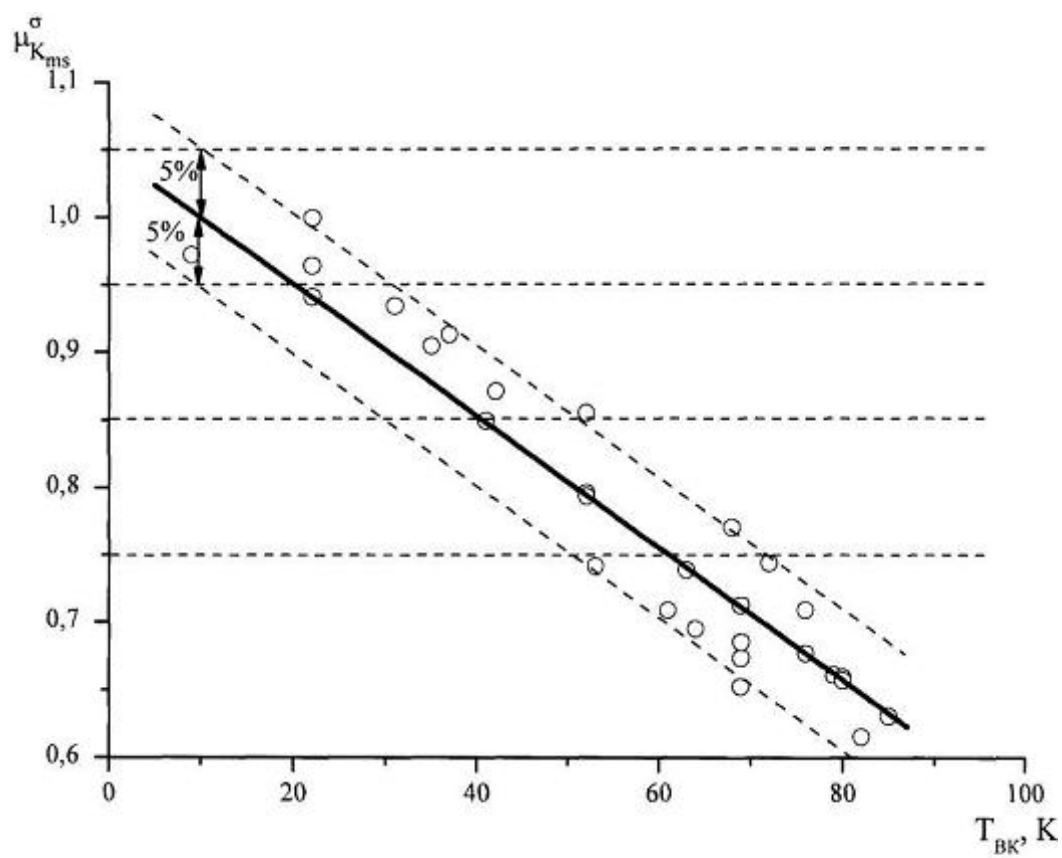


Fig. 2