



УКРАЇНА

(19) UA (11) 97080 (13) C2
(51) МПК (2011.01)
G01N 3/18 (2006.01)
G01N 3/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ОЦІНКИ ЯКОСТІ КОНСТРУКЦІЙНОЇ СТАЛІ

1

(21) а201109686
(22) 03.08.2011
(24) 26.12.2011
(46) 26.12.2011, Бюл.№ 24, 2011 р.
(72) ШИЯН АРТУР ВІТАЛІЙОВИЧ, КОТРЕЧКО
СЕРГІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ, МЕШКОВ ЮРІЙ ЯКОВИЧ,
СТЕЦЕНКО НАТАЛІЯ МИКОЛАЇВНА
(73) ІНСТИТУТ МЕТАЛОФІЗИКИ ІМ. Г.В. КУРДЮ-
МОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ
(56) UA 95870 C2, 12.09.2011, заявка UA
a201010678, 06.09.2010.
UA 55930 U, 27.12.2010.
UA a201015576, 10.05.2011.
UA a201013359, 11.04.2011.
UA 62166 U, заявка UA u201102398, 28.02.2011.
UA 49501 U, 26.04.2010.
(57) Спосіб оцінки якості конструкційної сталі при
заданій механічній стабільності, при якому прово-
дять випробування стандартних гладких циліндри-
чних зразків на одновісний розтяг при різних тем-
пературах випробувань, визначають при цьому
основні механічні характеристики та характеристи-

2

ки механічної стабільності K_{ms} , і здійснюють кіль-
кісну оцінку якості сталі, який **відрізняється** тим,
що визначають оптимальну міцність $\sigma_{0,2}^{opt}$ та плас-
тичність ψ_K^{opt} та проводять комплексну оцінку
якості за кількісними параметрами - величинами
мір оптимальності по міцності $\mu_{\sigma}^{K_{ms}}$, пластичності
 $\mu_{\psi}^{K_{ms}}$ і комплексної міри оптимальності $\mu^{K_{ms}}$ при
заданій механічній стабільності, які розраховують
за формулами:

$$\mu_{\sigma}^{K_{ms}} = \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_{0,2}^{opt}}; \mu_{\psi}^{K_{ms}} = \frac{\psi_K}{\psi_K^{opt}}; \mu^{K_{ms}} = \mu_{\sigma}^{K_{ms}} \cdot \mu_{\psi}^{K_{ms}},$$

де $\sigma_{0,2}$ - умовна границя текучості;
 ψ_K - відносне звуження після руйнування зразка;
 $\sigma_{0,2}^{opt}$ - оптимальна міцність;
 ψ_K^{opt} - оптимальна пластичність.

Винахід належить до галузі дослідження влас-
тостей твердих матеріалів шляхом прикладання
статичних навантажень, а саме до оцінки якості
конструкційних сталей при заданій механічній ста-
більності.

Відомий спосіб оцінки якості конструкційної
сталі за загальноприйнятою класифікацією, при
якому оцінка якості сплавів здійснюється згідно з
наступними умовними групами за вмістом шкідли-
вих домішок сірки та фосфору: звичайної якості,
якісні, високоякісні та особливо високоякісні [1].

Недоліками даного способу є умовний прин-
цип класифікації та відсутність кількісного тракту-
вання рівня конструкційної якості металу або
сплаву.

Відомий також спосіб оцінки якості конст-
рукційної сталі, при якому проводять випробування
стандартних гладких циліндричних зразків на од-
новісний розтяг при температурах в інтервалі від 4
K до 293 K, визначення при цьому основних меха-

нічних характеристик сплаву та характеристики
механічної стабільності K_{ms} з наступною побудо-
вою узагальненої діаграми взаємозв'язку властив-
остей «пластичність - міцність - механічна стабі-
льність», яка обмежена кривою оптимізації, що
характеризує оптимальні сполучення властивос-
тей пластичності ψ_K , міцності $\sigma_{0,2}$ і механічної ста-
більності K_{ms} , які, в свою чергу, забезпечують най-
вищий рівень якості сплаву [2].

Однак, такий спосіб оцінки якості конструкцій-
ної сталі також має наступні недоліки: а) відсут-
ність комплексної системи оцінки якості сплавів на
основі заліза за групами по якості, розподілу на
рівні якості всередині цих груп, а також оцінки яко-
сті всередині кожного рівня; б) відсутність кількіс-
ної оцінки якості конструкційної сталі за показни-
ком, що відображає її здатність чинити опір
крихкому руйнуванню.

Найбільш близьким за технічною суттю та ре-
зультатом, що досягається, до способу, що заяв-

(13) C2

(11) 97080

(19) UA

ляється, є спосіб кількісної оцінки якості конструкційної сталі, при якому проводять випробування стандартних гладких циліндричних зразків на одновісний розтяг при температурах в інтервалі від 4 К до 293 К, визначення при цьому основних механічних характеристик металу та механічної стабільності K_{ms} , після чого визначають оптимальну механічну стабільність K_{ms}^{opt} , а оцінку якості проводять за кількісним параметром - величиною міри

оптимальності по механічній стабільності $\mu_{K_{ms}}^{\sigma}$ при заданій міцності $\sigma_{0,2}$, яку розраховують за відомою формулою [3].

Разом з тим, спосіб оцінки якості конструкційної сталі при заданій міцності $\sigma_{0,2}$ за прототипом має наступні недоліки: а) недостатня інформативність і точність щодо оцінки найважливішої властивості металу - величини опірності крихкості; б) відсутність комплексної системи оцінки якості сплаву; в) неможливість оцінки якості сплаву за наперед заданим значенням механічної стабільності, що гарантує його найвищі якісні показники з точки зору опору крихкому руйнуванню.

В основу винаходу поставлено задачу вдосконалення способу оцінки якості конструкційної сталі при заданій міцності $\sigma_{0,2}$ шляхом введення авторами наступних індикаторів якості металу - міри

оптимальності по міцності $\mu_{\sigma}^{K_{ms}}$, міри оптимальності по пластичності $\mu_{\psi}^{K_{ms}}$ та комплексної міри оп-

тимальності $\mu_{K_{ms}}^{K_{ms}}$ при заданій механічній стабільності K_{ms} , що дає можливість більш інформативно і точно здійснювати комплексну кількісну оцінку її якості, використовуючи основні механічні характеристики металу. Крім того, при оцінці якості сплаву, винахід дає можливість наперед задавати значення найважливішої його властивості - опірності крихкості та дозволяє побудувати комплексну систему оцінки якості сплавів на основі заліза, яка гарантує їх найвищі якісні показники з точки зору опору крихкому руйнуванню.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі оцінки якості конструкційної сталі при заданій механічній стабільності, при якому проводять випробування стандартних гладких циліндричних зразків на одновісний розтяг при різних температурах випробувань, визначення при цьому основних механічних характеристик та характеристики механічної стабільності K_{ms} , здійснюють кількісну оцінку якості сталі, згідно з винаходом,

визначають оптимальну міцність $\sigma_{0,2}^{opt}$ та пластичність ψ_K^{opt} та проводять комплексну оцінку якості за кількісними параметрами - величинами мір оптимальності по міцності $\mu_{\sigma}^{K_{ms}}$, пластичності $\mu_{\psi}^{K_{ms}}$ і

комплексної міри оптимальності $\mu_{K_{ms}}^{K_{ms}}$ при заданій механічній стабільності, які розраховують за формулами:

$$\mu_{\sigma}^{K_{ms}} = \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_{0,2}^{opt}}; \mu_{\psi}^{K_{ms}} = \frac{\psi_K}{\psi_K^{opt}}; \mu_{K_{ms}}^{K_{ms}} = \mu_{\sigma}^{K_{ms}} \cdot \mu_{\psi}^{K_{ms}},$$

де $\sigma_{0,2}$ - умовна границя текучості;
 ψ_K - відносне звуження після руйнування зразка;

$\sigma_{0,2}^{opt}$ - оптимальна міцність;

ψ_K^{opt} - оптимальна пластичність.

За рахунок визначення характеристик оптимальної міцності $\sigma_{0,2}^{opt}$ і пластичності ψ_K^{opt} та введених авторами кількісних параметрів - міри оптимальності по міцності $\mu_{\sigma}^{K_{ms}}$, міри оптимальності по пластичності $\mu_{\psi}^{K_{ms}}$ та комплексної міри оптималь-

ності $\mu_{K_{ms}}^{K_{ms}}$, запропонований спосіб дозволяє більш інформативно і точно провести кількісну оцінку якості конструкційних сталей при заданій механічній стабільності K_{ms} . При цьому використовують експериментальні значення основних механічних 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 . Крім того, у запропонованому способі для оцінки якості конструкційних сталей використовують комплексний підхід, згідно з яким індикаторами якості металу є - міри оптимальності по міцності $\mu_{\sigma}^{K_{ms}}$, пластичності $\mu_{\psi}^{K_{ms}}$ та комплексної $\mu_{K_{ms}}^{K_{ms}}$ при заданій механічній стабільності K_{ms} , що дає можливість при оцінці якості наперед задавати значення найважливішої властивості сплаву - опірності крихкості, що, в свою чергу, дозволяє розробити комплексну систему оцінки якості сплавів на основі заліза, яка гарантує їх найвищі показники з точки зору опору крихкому руйнуванню.

Винахід пояснюється таблицями та графіками, а саме:

в таблиці 1 наведені результати розрахунку мір оптимальності $\mu_{\sigma}^{K_{ms}}$; $\mu_{\psi}^{K_{ms}}$ та $\mu_{K_{ms}}^{K_{ms}}$ для сталей і сплавів при заданих значеннях механічної стабільності K_{ms} ;

в таблиці 2 наведена загальноприйнята класифікація по якості сталей і сплавів на основі заліза без термічної обробки при $T_{вип} = 293 \text{ K}$;

в таблиці 3 наведені умовні межі рівнів якості сталей і сплавів при заданій механічній стабільності K_{ms} ;

в таблиці 4 наведені результати кількісної оцінки якості деяких сталей і сплавів при заданій механічній стабільності K_{ms} (значення комплексної міри оптимальності $\mu_{K_{ms}}^{K_{ms}}$ наведені у міру зменшення);

на фіг. 1 зображена узагальнена діаграма взаємозв'язку властивостей «пластичність - міцність - механічна стабільність»;

на фіг. 2 зображені крива оптимізації 1, що характеризує оптимальне сполучення властивостей пластичності ψ_K , міцності $\sigma_{0,2}$, і механічної стабіль-

ності K_{ms} та схема оцінки якості конструкційних сталей при заданій механічній стабільності K_{ms} .

Спосіб реалізується наступним чином.

З метою побудови узагальненої діаграми взаємозв'язку властивостей «пластичність - міцність - механічна стабільність» матеріали для досліджень добирали за принципом максимально широкого охоплення різноманітних комбінацій властивостей міцності та пластичності конструкційних сталей, при цьому діапазон характеристик міцності складав: від $\sigma_{0,2} = 138$ МПа до $\sigma_{0,2} = 2250$ МПа, а діапазон характеристик пластичності складав $83,6 \% \leq \psi_K \leq 1,5 \%$. Крім цього, за об'єкти досліджень вибирали зварні шви, виконані із застосуванням різних технологій зварювання, спеціальні конструкційні сталі, що використовують в ядерній енергетиці, а також конструкційні сталі, що використовують у криогенній техніці. В деяких випадках змінювали також і різні режими термічної обробки конструкційних сталей. Всього в цих дослідженнях використовували результати випробувань стандартних гладких циліндричних зразків на одновісний статичний розтяг більш ніж 70-ти видів сплавів на основі заліза.

Проводили розтягування вздовж однієї осі стандартних гладких циліндричних зразків та визначали основні механічні характеристики та характеристики крихкого руйнування металу при різних температурах випробувань в інтервалі $4 K \leq T_{вип} \leq 623 K$ 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} , оптимальної міцності $\sigma_{0,2}^{opt}$ та пластичності ψ_K^{opt} розраховували за відомими залежностями при відповідній температурі випробувань в інтервалі $4 K \leq T_{вип} \leq 623 K$, після чого визначали міру оптимальності по міцності $\mu_{\sigma}^{K_{ms}}$, міру оптимальності по пластичності $\mu_{\psi}^{K_{ms}}$ та комплексну міру оптимальності $\mu^{K_{ms}}$ при заданій механічній стабільності K_{ms} .

Оцінка якості конструкційних сталей при заданій механічній стабільності K_{ms} полягала у наступному:

- з метою визначення характеристик оптимальної міцності $\sigma_{0,2}^{opt}$ та пластичності $\mu_{\psi}^{K_{ms}}$ за базову криву приймали криву 1 на узагальненій діаграмі властивостей у взаємозв'язку «пластичність - міцність - механічна стабільність» (фіг. 1), зміст якої полягає в тому, що вона є геометричним місцем точок, що обмежують таке граничне сполучення властивостей металу, при якому будь-яке підвищення його міцності призводить до неминучого узгодженого падіння пластичності ψ_K і механічної стабільності K_{ms} . Крива 1 на фіг. 1 є кривою оптимізації, бо по своїй суті вона характеризує оптимальне сполучення властивостей пластичності ψ_K , міцності $\sigma_{0,2}$ і механічної стабільності K_{ms} сплавів на основі заліза з підвищеною міцністю. Такі оптимальні сполучення характеристик забез-

печують найвищий рівень якості металу, а вказана властивість кривої оптимізації на узагальненій діаграмі взаємозв'язку властивостей «пластичність - міцність - механічна стабільність» є фізичною основою для введення в інженерну практику кількісно інтерпретованої категорії якості конструкційних металів;

- на базовій кривій оптимізації схематично представлений метод кількісної оцінки якості як міри близькості до оптимального значення сполучення властивостей сталей і сплавів у взаємозв'язку «пластичність - міцність - механічна стабільність», позначений на фіг. 2 точками b і b'. Точка b на кривій оптимізації 1 позначає оптимальне спо-

лучення властивостей міцності $\sigma_{0,2}^{opt}$ і пластичності ψ_K^{opt} , а точка b'- сполучення цих властивостей ($\sigma_{0,2}$, ψ_K) у вибраному сплаві при заданому значенні механічної стабільності K_{ms} . Таким чином розраховували: міру оптимальності по міцності $\mu_{\sigma}^{K_{ms}}$, міру оптимальності по пластичності $\mu_{\psi}^{K_{ms}}$ та комплексну міру оптимальності $\mu^{K_{ms}}$ при заданій механічній стабільності K_{ms} для вибраного сплаву, схематично позначеного точкою b' на фіг. 2 за формулами:

$$\mu_{\sigma}^{K_{ms}} = \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_{0,2}^{opt}}, \quad \mu_{\psi}^{K_{ms}} = \frac{\psi_K}{\psi_K^{opt}}, \quad \mu^{K_{ms}} = \mu_{\sigma}^{K_{ms}} \cdot \mu_{\psi}^{K_{ms}},$$

де значення оптимальної міцності $\sigma_{0,2}^{opt}$ і пластичності ψ_K^{opt} в точці b на кривій оптимізації (див. фіг. 2) при температурі випробувань в інтервалі $4 K \leq T_{вип} \leq 623 K$ розраховували за відомими формулами [2]:

$$\psi_K^{opt} = \frac{a \cdot (K_{ms} - 1) - 1}{K_{ms} - c},$$

де $a = 89,478$; $b = 1,310$; $c = 0,914$;

$$\sigma_{0,2}^{opt} = a \cdot \left[\left(\frac{b}{c - \psi_K^{opt}} \right)^d - 1 \right],$$

де $a = 10^4$ [МПа]; $b = 1,42$; $c = 84,52$; $d = -0,051$;

- значення характеристики механічної стабільності K_{ms} при відповідній температурі випробувань в інтервалі $4 K \leq T_{вип} \leq 623 K$ визначали експериментальним шляхом за відомою залежністю [4]:

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

або розраховували за відомою формулою [5]:

$$K_{ms} = 10^p, \quad p = \frac{a \cdot \lg \psi_K - b}{c - \lg \psi_K},$$

де: $a = 0,164$; $b = 0,15$; $c = 1,95$.

Результати розрахунків оптимальних значень міцності $\sigma_{0,2}^{opt}$ і пластичності ψ_K^{opt} , мір оптимальності по міцності $\mu_{\sigma}^{K_{ms}}$, пластичності $\mu_{\psi}^{K_{ms}}$, а також

комплексної міри оптимальності $\mu_{K_{ms}}^{K_{ms}}$ наведені в таблиці 1, а в таблиці 4 наведені результати комплексної кількісної оцінки якості деяких сталей і сплавів. Критерій оцінки рівня якості при заданій механічній стабільності K_{ms} має свої відмінності в порівнянні з критерієм при заданій міцності $\sigma_{0,2}$ [3]. Ці відмінності полягають у тому, що значення мір

оптимальності $\mu_{\sigma}^{K_{ms}}$, $\mu_{\psi}^{K_{ms}}$ та $\mu_{K_{ms}}^{K_{ms}}$ при заданій механічній стабільності K_{ms} можуть як перевищувати одиницю, так і бути менше одиниці. Якщо

міри оптимальності $\mu_{\sigma}^{K_{ms}}$ та $\mu_{\psi}^{K_{ms}}$ дорівнюють одиниці, це означає досягнення оптимального значення відповідної характеристики - міцності $\sigma_{0,2}$ та пластичності ψ_k , при цьому комплексна міра

оптимальності $\mu_{K_{ms}}^{K_{ms}}$ також дорівнює 1, а це означає досягнення даним сплавом найвищої якості по обох показниках $\sigma_{0,2}$ і ψ_k при заданій механічній стабільності K_{ms} . У міру зменшення або збільшення ступеня близькості показників оптимальності

$\mu_{\sigma}^{K_{ms}}$ та $\mu_{\psi}^{K_{ms}}$ від значення 1, зменшується або збільшується вклад відповідної властивості сплаву (міцності $\sigma_{0,2}$ та/або пластичності ψ_k) по відношенню до оптимального сполучення цих показників. Відмінність величини комплексної міри оптимальності $\mu_{K_{ms}}^{K_{ms}}$ від одиниці вказує на падіння якості, при цьому, чим більша ця відмінність, тим нижча якість сплаву. Однак, іноді можливі випадки близькості показника $\mu_{K_{ms}}^{K_{ms}}$ до 1 при $\mu_{\sigma}^{K_{ms}} > 1$ і $\mu_{\psi}^{K_{ms}} < 1$

(або навпаки), таким чином оцінку якості конструкційних сталей бажано проводити за комплексною системою, враховуючи значення всіх мір оптима-

льності - $\mu_{\sigma}^{K_{ms}}$, $\mu_{\psi}^{K_{ms}}$ та $\mu_{K_{ms}}^{K_{ms}}$ при заданій механічній стабільності K_{ms} . Таку комплексну систему оцінки якості сплавів на основі заліза, яка гарантує їх найвищі якісні показники з точки зору опору крихкому руйнуванню, дає можливість побудувати запропонований спосіб оцінки якості конструкційних сталей при заданій механічній стабільності K_{ms} .

Отже, за допомогою запропонованого способу оцінки якості сплавів можна не лише умовно класифікувати їх на групи по якості (див. таблицю 2) і проводити розподіл на рівні якості всередині цих груп (див. таблицю 3), але також здійснити кількісну оцінку всередині кожного рівня по величині

комплексної міри оптимальності $\mu_{K_{ms}}^{K_{ms}}$, яка відображає найвищі якісні показники конструкційних сталей і сплавів з точки зору властивості опірності крихкості (див. таблицю 4). Додатковий контроль за недостатністю вкладу властивостей міцності $\sigma_{0,2}$ та/або пластичності ψ_k в їх оптимальне сполучення можна здійснювати за величиною мір опти-

мальності по міцності $\mu_{\sigma}^{K_{ms}}$ і пластичності $\mu_{\psi}^{K_{ms}}$ (див. таблицю 1). Слід також зазначити, що комплексна система оцінки якості конструкційних сталей із застосуванням запропонованого способу гарантовано забезпечує дієздатність металу в конструкції, особливо в екстремальних умовах експлуатації.

Таблиця 1

Сталі і сплави	K _{ms}	σ _{0,2} ^{опт} , МПа	ψ _K ^{опт} , %	T _{вип.} , К	σ _{0,2} , МПа	ψ _k , %	μ _σ ^{K_{ms}}	μ _ψ ^{K_{ms}}	μ ^{K_{ms}}
15Х2МФА ¹	1,95	503	80,8	623	545	70,4	1,083	0,871	0,944
12ХН3МФА ²	1,74	755	78,6	293	750	80,5	0,993	1,024	1,017
12ХН3МФА ³	±2 %			233	755	78,5	1,000	0,999	0,999
10Г2ФБ ³				153	770	52,0	1,020	0,662	0,675
12ХН3МФА ⁴	1,43 ±1 %	1174	72,0	153	855	76,0	0,728	1,056	0,768
15Х2МФА ⁵				623	880	65,2	0,750	0,906	0,680
12ХН3МФА ³				93	930	73,0	0,792	1,014	0,803
07Х16Н6				77	1332	57,2	1,135	0,794	0,901
12ХН3МФА ⁶	1,37 ±4 %	1271	69,7	93	955	74,0	0,751	1,062	0,797
АК-35				233	1065	71,4	0,838	1,024	0,858
АК-37				293	1443	55,9	1,135	0,802	0,910
07Х16Н6	1,28	1453	64,2	4	1552	40,5	1,068	0,631	0,674
15Х2МФА ⁵	1,23 ±1 %	1539	61,0	373	1040	65,8	0,676	1,079	0,729
АК-35				68	1430	61,5	0,929	1,008	0,936
АК-37				113	1636	53,8	1,063	0,882	0,938
15Х2МФА ⁵	1,18 ±3 %	1662	55,6	293	1100	62,2	0,662	1,119	0,741
40С2Х ⁷				293	1560	56,0	0,939	1,007	0,946
АК-37				83	1744	50,1	1,049	0,901	0,945

Примітки:

1. Нагрів 1273 К, 4 год. + охол., масло + відпуск 973К, 14 год. + дод. відпуск 943 К, 84 год.

2. Температура нагріву під гартування 1123 К, відпуск 933 К.

3. Напрямок вирізки: вздовж на ребрі смуги, температура нагріву під гартування 1253 К.

4. Температура нагріву під гартування 1273 К, відпуск 923 К.

5. Нагрів 1273 К, 4 год. + охол., масло + відпуск 893 К, 6 год.

6. Температура нагріву під гартування 1143 К,
відпуск 923 К.

7. ВТМО, відпуск 473 К.

Таблиця 2

Група якості сталі [1]	Ознаки класифікації			Відповідність іншим видам класифікації	
	Вміст S P, %	$\sigma_{0.2}$, МПа	K_{ms}	По складу	По призначенню
звичайної якості (ЗЯ)	0,050	≤ 300	$\leq 2,2$ $> 2,1$	вуглецеві	широкого застосування, констру- кційні
якісна (Я)	$\leq 0,035$	$> 300 < 800$	$\leq 2,1$ $> 1,7$	вуглецеві, низько- і сере- дньолеговані	конструкційні, інструментальні
високоякісна (ВЯ)	$\leq 0,025$	≥ 800	$\leq 1,7$ $\geq 1,05$	вуглецеві і леговані, ви- соколеговані	конструкційні, інструментальні, з підвищеними вимогами
особливо високоя- кісна (ОВЯ)	$\leq 0,015$	≥ 800	$\leq 1,7$ $\geq 1,05$	леговані, високо- і склад- нолеговані	конструкційні з особливими влас- тивостями

Таблиця 3

Рівень якості	Умовні межі рівнів якості при заданій механічній стабільності K_{ms}
оптимізованої якості (ОЯ)	$0,9975 < \mu^{K_{ms}} < 1,0025$
високої оптимізації якості (ВОЯ)	$0,8975 < \mu^{K_{ms}} < 0,9975$
	$1,0025 < \mu^{K_{ms}} < 1,1025$
задовільної оптимізації якості (ЗОЯ)	$0,7975 < \mu^{K_{ms}} < 0,8975$
	$1,1025 < \mu^{K_{ms}} < 1,2025$
незадовільної оптимізації якості (НОЯ)	$\mu^{K_{ms}} < 0,7975$
	$\mu^{K_{ms}} > 1,2025$

Таблиця 4

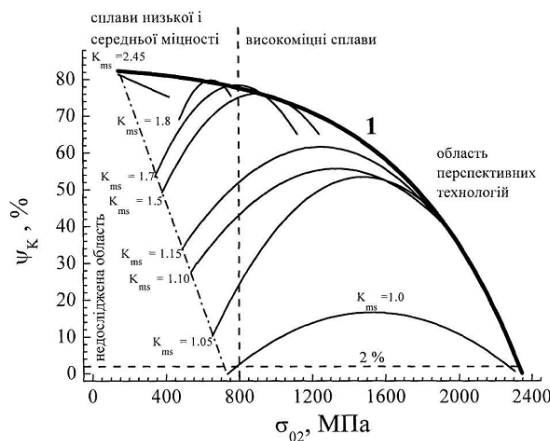
$T_{вип}$, К	Сталі і сплави	Група якості [1]	Рівень якості	$\mu^{K_{ms}}$
$K_{ms} = 1,95$				
623	15X2МФА ¹	ВЯ	ВОЯ	0,944
$K_{ms} = 1,74 \pm 2 \%$				
293	12ХНЗМФА ²	ВЯ	ВОЯ	1,017
233	12ХНЗМФА ³	ВЯ	ОЯ	0,999
153	10Г2ФБ ⁴	Я	НОЯ	0,675
$K_{ms} = 1,43 \pm 1 \%$				
77	07Х16Н6	ОВЯ	ВОЯ	0,901
93	12ХНЗМФА ³	ВЯ	ЗОЯ	0,803
153	12ХНЗМФА ⁴	ВЯ	НОЯ	0,768
623	15Х2МФА ⁵	ВЯ	НОЯ	0,680
$K_{ms} = 1,37 \pm 4 \%$				
293	АК-37	ОВЯ	ВОЯ	0,910
233	АК-35	ОВЯ	ЗОЯ	0,858
93	12ХНЗМФА ⁶	ВЯ	НОЯ	0,797
$K_{ms} = 1,28$				
4	07Х16Н6	ОВЯ	НОЯ	0,674
$K_{ms} = 1,23 \pm 1 \%$				
113	АК-37	ОВЯ	ВОЯ	0,938
68	АК-35	ОВЯ	ВОЯ	0,936
373	15Х2МФА ⁵	ВЯ	НОЯ	0,729
$K_{ms} = 1,18 \pm 3 \%$				
293	40С2 ⁷	ВЯ	ВОЯ	0,946
83	АК-37	ОВЯ	ВОЯ	0,945
293	15Х2МФА ⁵	ВЯ	НОЯ	0,741

Примітки:

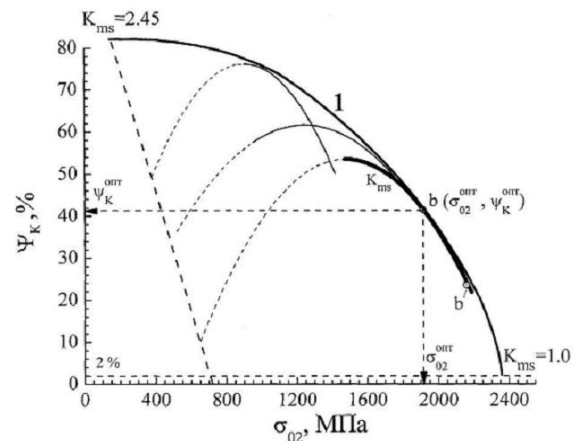
1. Нагрів 1273 K, 4 год. + охол., масло + відпуск 973 K, 14 год. + доп. відпуск 943 K, 84 год.
2. Температура нагріву під гартування 1123 K, відпуск 933 K.
3. Напрямок вирізки: вздовж на ребрі смуги, температура нагріву під гартування 1253 K.
4. Температура нагріву під гартування 1273 K, відпуск 923K.
5. Нагрів 1273 K, 4 год. + охол., масло + відпуск 893 K, 6 год.
6. Температура нагріву під гартування 1143K, відпуск 923K.
7. ВТМО, відпуск 473 K.

Джерела інформації:

1. Тылкин М. А. // Справочник термиста ремонтной службы. - М: Металлургия, 1981. - С. 118-119.
2. Науковий твір «Оптимизация свойств пластичности, прочности и механической стабильности сталей и сплавов в виде обобщенной диа-



Фіг. 1



Фіг. 2

граммы», авторы: Мешков Ю. Я., Котречко С. О., Шиян А. В., Стеценко Н. М. Свидетство про реєстрацію авторського права № 39291 від 22.07.2011 / Україна /. Оubl. бюл. № 25. - С. 6, 10-14.

3. 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 реєстрацію авторського права № 39290 від 22.07.2011 / Україна /. Оubl. бюл. № 25. - С. 9-11.

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

5. 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.