



УКРАЇНА

(19) UA (11) 5206 (13) U

(51) 7 G01N3/30

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МЕТАЛУ ЗОНИ ОСЬОВОЇ ЛІКВАЦІЇ ТОВ-  
СТОЛИСТОВОГО ПРОКАТУ

1

(21) 20040806417

(22) 02.08.2004

(24) 15.02.2005

(46) 15.02.2005, Бюл. №2, 2005р.

(72) Бродецький Ігор Леонідович, Троцан Анатолій  
Іванович, Крейденко Фіра Семенівна, Белов Борис  
Федорович, Александров Валерій Димитрович,  
Харчевніков Валерій Павлович, RU, Лепіхов Лео-  
нід Сергійович, Ісаєв Олег Борисович, Полозюк  
Олег Євгенович, Карлікова Яна Петрівна(73) Приазовський державний технічний універси-  
тет(57) Спосіб визначення механічних властивостей  
металу зони осьової ліквації товстолистого про-  
кату, що включає визначення залежності між па-  
раметрами, що характеризують досліджувані ме-  
ханічні властивості, і часткою площі руйнації, яка

2

пройшла через зону осьової ліквації, зразків, які  
піддаються механічним випробуванням, який від-  
різняється тим, що частку площі руйнації, яка  
пройшла по зоні осьової ліквації, визначають ска-  
нуванням поверхні руйнації і наступної обробки  
цифрового зображення в графічному редакторі, а  
значення механічних властивостей розраховують  
відповідно до виразу

$$M = aS^2 - bS + c,$$

де  $M$  - значення механічної властивості в напрямку  
товщини прокату,при  $S = 1$  - для металу зони осьової ліквації і при  $S$   
 $= 0$  - для основного металу, $S$  - частка площі поверхні руйнації, яка пройшла по  
зоні осьової ліквації, $a$ ,  $b$ ,  $c$  - коефіцієнти, які визначають експеримен-  
тальним шляхом для даного конкретного випадку.

Корисна модель відноситься до досліджень  
механічних властивостей металу, зокрема, до ви-  
значення властивостей структурних складових  
поверхні руйнації товстолистого прокату у  $z$ -  
напрямку.

Промислові іспити товстолистого прокату  
передбачають оцінку його властивостей уздовж і  
поперек напрямку прокатки. Проте в ряді випадків  
подібних іспитів виявляється недостатньо, оскіль-  
ки при високих значеннях механічних характе-  
стик на подовжніх і поперечних зразках властивості  
по товщині листу (у  $z$ -напрямку) виявляються ано-  
мально низькими, причому розкид досягає великих  
розмірів.

Різне зниження пластичності у  $z$ -напрямку, що  
виявляється в умовах складнонапруженого стану,  
представляє практичний інтерес, тому що може  
значно знижувати несучу спроможність вузлів і  
деталей конструкції, що відчувають знакозмінні  
навантаження у вертикальному напрямку.

Це особливо характерно для товстолистого  
прокату з безпереренолітої сталі, де умови її кри-  
сталізації викликають утворення зони осьової лік-  
вації, властивості і структура котрої істотно відрі-  
зняються від основного металу. Незначна товщина

цієї області, що має розміри від 10-30 до 200-300  
мікрон, унеможливило безпосереднє визначення в  
ній механічних характеристик, за винятком мікро-  
твердості.

Відомі стандартні методи визначення ударної  
в'язкості (KCV) за іспитами на ударний згин зразків  
із круглим або гострим надрізом і відносним зву-  
женням ( $\psi$ ) за іспитами на статичний розтяг (Ме-  
талловедение и термическая обработка метал-  
лов. - М.: Металлургия, 1983, т.1. - С.119-120).

Застосування цих методів без роздільного  
урахування часток площі руйнації, що проходить  
по осьовій зоні й основному металі, не дозволяє  
визначати значення  $\psi$  і KCV у  $z$ -напрямку з доста-  
тнім ступенем надійності окремо для основного  
металу і металу зони осьової ліквації, що поясню-  
ється високою структурною чутливістю цих ме-  
ханічних властивостей і пов'язані з тим, що руйнація  
зразків поширюється частково по основному ме-  
талі, частково - по зоні осьової ліквації.

Найбільше близьким за технічною суттю і до-  
сягаємим результатам є спосіб визначення ме-  
ханічних властивостей сталі і сплавів, за яким зразки  
з V-образним надрізом навантажували ударним  
згинном, вимірювали ударну в'язкість, робили

(13) U

(11) 5206

(19) UA

фотознімок поверхні руйнації зразка, на фотознімок накладали міліметрову сітку і визначали площу руйнації, що проходить через зону осьової ліквідації з точністю порядку  $1\text{мм}^2$ . За отриманими результатами будували графічну залежність ударної в'язкості від частки площі руйнації, що пройшли по ліквідаційній зоні. Екстраполюючи цю залежність до перетинання з осями ординат, визначали значення ударної в'язкості металу в зоні осьової ліквідації й основного металу (а.с. СРСР №1647350, МКІ 5 G01N3/30, 1991р.).

Цей спосіб дає можливість визначити значення ударної в'язкості для окремих структурних складових поверхні руйнації, проте визначення частки площі руйнації, що пройшла по зоні осьової ліквідації, за допомогою міліметрової сітки і використання графічної екстраполяції призводять до втрати точності і великих витрат часу.

У основу корисної моделі поставлена задача створити такий спосіб визначення механічних властивостей металу зони осьової ліквідації товстолистого прокату, у якому за рахунок введення нових умов здійснення дій забезпечувалось збільшення точності, надійності і швидкості розрахунків цих механічних властивостей.

Рішення поставленої задачі досягається тим, що в спосіб визначення механічних властивостей металу зони осьової ліквідації товстолистого прокату, що включає визначення залежності між параметрами, що характеризують досліджувані механічні властивості, і часткою площі руйнації, яка пройшла через зону осьової ліквідації, зразків, що піддаються механічним випробуванням, відповідно до корисної моделі, частку площі руйнації, яка пройшла по зоні осьової ліквідації, визначають скануванням поверхні руйнації і наступної обробки цифрового зображення в графічному редакторі, а значення механічних властивостей розраховують у відповідності до виразу

$$M=aS^2-bS+c,$$

де  $M$  - значення механічної властивості в напрямку товщини прокату; при  $S=1$  - для металу зони осьової ліквідації, і при  $S=0$  - для основного металу,  $S$  - частка площі руйнації, яка пройшла по зоні осьової ліквідації,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  - коефіцієнти, визначальні експериментальним шляхом для даного конкретного випадку.

Для одержання зображення поверхні руйнації використовують скануючий прилад (сканер), з'єднаний із комп'ютером. Отримане цифрове зображення обробляють у графічному редакторі з подальшим визначенням частки площі руйнації, яка пройшла через зону осьової ліквідації. Використання сканера дозволяє одержати якісне зображення поверхні руйнації, а обробка цифрового зображення в графічному редакторі - здійснити масштабування зображення в процесі обробки, поворот зображення на довільний кут, автоматичне поліпшення різкості і контрастності, виділення характерних ділянок руйнації й обрахування їхньої площі, роздрукування як цілих зображень поверхонь руйнації, так і їхніх окремих фрагментів.

Використання комп'ютера і пакетів прикладних програм, зокрема електронних таблиць Excel, дозволяє провести математичну обробку

отриманих даних і з великим рівнем достовірності встановити залежність між визначуваними механічними характеристиками і часткою площі руйнації, яка пройшла через зону осьової ліквідації.

На типових поверхнях руйнації ударних (Fig.1) і розривних (Fig.2) зразків, зображення яких отримані скануванням, легко відрізнити за зовнішнім виглядом області руйнації, що пройшли через зону осьової ліквідації (суцільні світлі ділянки), від областей руйнації по основному металі.

Спосіб здійснюють таким образом: проводять сканування поверхні руйнації; у графічному редакторі отримане цифрове зображення масштабують, проводять автоматичне поліпшення різкості і контрастності, виділяють характерні ділянки поверхні руйнації і визначають площу цих ділянок. Далі за допомогою прикладних математичних програм встановлюють аналітичну залежність між часткою площі руйнації, яка пройшла по зоні осьової ліквідації, і механічними характеристиками.

За допомогою статистичного аналізу великого масиву даних (більш 500 вимірів для 5 марок сталі) встановлено, що отримана аналітична залежність значення структурно-чутливої характеристики (KCV,  $\psi$ ) від частки площі руйнації, яка пройшла по зоні осьової ліквідації з високим ступенем достовірності ( $>0,9$ ) описується рівнянням типу

$$M=aS^2-bS+c,$$

де  $M$  - значення механічної властивості в напрямку товщини прокату; при  $S=1$  - для металу зони осьової ліквідації, і при  $S=0$  - для основного металу,  $S$  - частка площі руйнації, яка пройшла по зоні осьової ліквідації,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  - коефіцієнти, визначені на основі отриманих експериментальних даних для конкретного випадку за допомогою прикладних математичних програм.

Запропонований спосіб визначення механічних властивостей був випробуваний в умовах ВАТ «МК «Азовсталь» на сталі 09Г2С, обробленої в процесі безупинного розливання порошковим дротом із SiCa і P3M. Для порівняння відбирали метал від тих же плавок, що розливається за звичною технологією.

Зразки для механічних іспитів вирізували з листів дослідної і порівняльної сталі в напрямку товщини прокату. Надріз на ударних зразках (ГОСТ 9454-78, тип 11) наносили по попередньо виявленою (травленням у розчині  $\text{HNO}_3$ ) осьовій зоні; розривні зразки (ГОСТ 1497-73) вирізували таким чином, щоб зона ліквідації розташовувалася у центрі.

Отримані поверхні руйнації випробуваних зразків сканувались і оброблялись у графічному редакторі. Математичний обробіток даних у електронних таблицях Excel дозволив одержати такі вирази:

Для ударної в'язкості при  $-20^\circ\text{C}$

$$M=1,10S^2-2,11S+1,17 \text{ (дослідна сталь)}$$

$$a=1,10; b=2,11; c=1,17$$

$$\text{і } M=1,01S^2-1,79S+0,86 \text{ (порівняльна сталь);}$$

$$a=1,01; b=1,79; c=0,86$$

Для відносного звуження

$$M=30,46S^2-68,63S+68,05 \text{ (дослідна сталь)}$$

$$a=30,46; b=68,63; c=68,05$$

$$\text{і } M=44,37S^2-79,06S+41,55 \text{ (порівняльна сталь);}$$

$a=44,37$ ;  $b=79,06$ ;  $c=68,05$ .

Рівень достовірності апроксимації  $R^2$  у усіх випадках  $\geq 0,9$ .

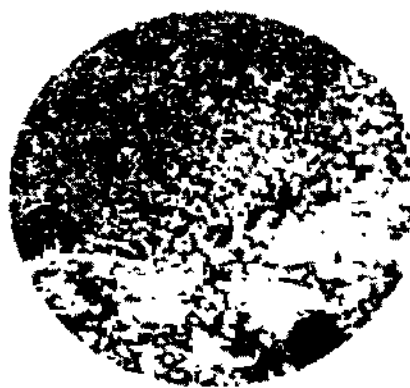
Значення ударної в'язкості при  $-20^\circ\text{C}$  для металу зони осьової ліквіації ( $S=1$ ) склало  $0,16\text{МДж/м}^2$  для дослідної сталі і  $0,07\text{МДж/м}^2$  для порівняльної сталі; значення ударної в'язкості для

основного металу ( $S=0$ ) дослідної сталі склало  $1,17\text{МДж/м}^2$  і  $0,86\text{МДж/м}^2$  - для порівняльної.

Значення відносного звуження для металу зони осьової ліквіації ( $S=1$ ) склало 29,9% для дослідної сталі і 6,9% для порівняльної; значення відносного звуження основного металу ( $S=0$ ) для дослідної сталі склало 68,1% і 41,5% - для порівняльної.



Фіг. 1



Фіг. 2

