



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **30751** (13) **U**
(51) МПК (2006)
C22C 38/58

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ЦЕМЕНТОВАНА СТАЛЬ

1

2

(21) u200712531

(22) 12.11.2007

(24) 11.03.2008

(72) ШИПИЦІН СЕРГІЙ ЯКОВИЧ, UA,
КОРОЛЕНКО ДМИТРО МИКОЛАЙОВИЧ, UA,
БАБИЧЕНКО МИХАЙЛО ВЛАДИСЛАВОВИЧ, UA,
БАБАСКІН ЮРІЙ ЗАХАРОВИЧ, UA, КОРОЛЕНКО
ВАЛЕНТИНА ПЕТРІВНА, UA, ЗОЛОТАР НІНА
ЯКІВНА, UA, СМОЛЯКОВА ЛАРИСА ГРИГОРІВНА,
UA

(73) ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ НАН УКРАЇНИ, UA

(56)

(57) Сталь, яка містить вуглець, кремній, марганець, хром, ванадій, азот, залізо, яка відрізняється тим, що додатково містить скандій при наступному співвідношенні компонентів, мас. ч., %:

вуглець	0,15-0,30
кремній	0,55-0,90
марганець	1,60-2,50
хром	0,10-1,20
ванадій	0,08-0,15
азот	0,012-0,020
скандій	0,005-0,010
залізо	решта.

Корисна модель, що пропонується, відноситься до металургійного і ливарного та різноманітних видів машинобудування, зокрема до ливарних та деформованих конструкційних сталей, які застосовуються для виготовлення деталей з поверхневим хіміко-термічним зміцненням, зокрема цементуванням.

Відомі конструкційні сталі, які придатні для цементування. Це сталі феритного і ферито-перлітного класів різних систем легування. Наприклад, сталі, які містять, мас. частка, %:

- за авторським свідоцтвом 1684351 (СРСР):
МПК C22C38/58, опубл. 15.10.1991

вуглець	0,21-0,30
марганець	1,65-2,00
кремній	0,60-1,00
хром	0,10-0,49
ванадій	0,04-0,15
азот	0,01-0,03
алюміній	0,01-0,03
кальцій	0,005-0,01
залізо	решта;

- за авторським свідоцтвом 1601181 (СРСР):
МПК C22C38/24; 38/38, опубл. 23.10.1990

вуглець	0,12-0,18
марганець	1,00-1,80
кремній	0,40-0,80
хром	0,40-0,80
мідь	0,10-0,40
ванадій	0,04-0,15

азот	0,01-0,03
алюміній	0,01-0,03
кальцій	0,005-0,01
залізо	решта;
- за авторським свідоцтвом 759614 (СРСР): МПК C22C38/54, опубл. 30.08.1980, бул. № 32	

вуглець	0,20-0,40
марганець	0,50-1,50
кремній	0,50-1,50
нікель	0,10-1,50
молібден	0,10-1,50
хром	0,20-1,50
ванадій	0,03-0,25
азот	0,008-0,025
алюміній	0,03-0,20
кальцій	0,005-0,10
бор	0,001-0,10
залізо	решта;

Недоліками цих сталей є:

- недостатній рівень механічних властивостей матриці за рахунок її низького легування та незбалансованості вмісту ванадію і азоту, які забезпечують дисперсійне зміцнення сталі. Це також призводить у випадку максимального вмісту в сталях ванадію, азоту, титану формування великих, стійких до розчинення при цементуванні і термічній обробці нітрідів ванадію і титану. Вони підвищують температуру початку мартенситного перетворення що призводить до формування грубодисперсного мартенситу з низькою твердістю

(19) **UA** (11) **30751** (13) **U**

в цементованому шарі і зниження його зносоустійкості;

- застосування легування сталей значними кількостями нікелю, молібдену і міді, що дійсно підвищує механічні властивості матриці і експлуатаційні властивості цементованого шару, але суттєво підвищує собівартість виробництва сталей.

Найбільш близькою до запропонованої прототип - є сталь за авторським свідоцтвом 711150 МПК C22C38/32, опубл. 25.01.1980.

Недоліком цієї сталі є відносно низький рівень фізико-механічних властивостей матриці, та нестабільний рівень твердості та зносоустійкості цементованого шару.

В основу корисної моделі закладено задачу - створення сталі для цементування, яка б при низькій собівартості мала фізико-механічні та експлуатаційні властивості на рівні чи вище ніж леговані нікелем, молібденом, міддю.

Поставлена технічна задача вирішується за рахунок того, що в сталь, яка містить вуглець, кремній, марганець, хром, ванадій, азот, згідно корисної моделі, додатково вводять скандій при наступному співвідношенні компонентів, мас. частка, %:

вуглець	0,15-0,30
кремній	0,55-0,90
марганець	1,60-2,50
хром	0,10-1,20
ванадій	0,08-0,15
азот	0,012-0,020
скандій	0,005-0,010
залізо	решта.

Підвищення рівня фізико-механічних властивостей матриці, твердості і зносоустійкості цементованого шару досягається за рахунок підвищення в сталі вмісту кремнію і марганцю, усунення складу бору і церію, збалансування вмісту ванадію і азоту і додаткового введення скандію.

Підвищення вмісту кремнію і марганцю забезпечує необхідний рівень твердорозчинного зміцнення феритної і ферито-перлітної матриці, а також зниження температури початку мартенситного перетворення Мп, що приводить до диспергування мартенситу в цементованому шарі, а відповідно до підвищення як його міцності, так і пластичності.

При вмісті кремнію і марганцю нижче 0,55 і 1,6 мас. частки, %, відповідно, наведений ефект не досягається, а більше як 0,9 і 2,5 мас. частки, %, відповідно, суттєво знижується в'язкість і пластичність феритної і ферито-перлітної матриці.

Усунення із складу сталі церію пов'язано з нестабільністю їх засвоєння в рідкому металі, особливо в умовах металопорційної плави в ливарному виробництві. Ця нестабільність призводить чи до відсутності ефекту модифікування, чи до суттєвого забруднення сталі неметалевими включеннями і різкого зниження всього комплексу фізико-механічних властивостей матриці і цементованого шару.

Збалансування вмісту ванадію і азоту в сталі забезпечує стабільний ефект дисперсійного

зміцнення феритної і ферито-перлітної матриці без зниження її пластичності, диспергування мартенситу в цементованому шарі і підвищення його твердості, міцності і зносоустійкості.

При вмісті ванадію і азоту менше ніж 0,08 і 0,012 мас. частки, %, відповідно, вказаний ефект відсутній, а при вмісті більш ніж 0,15 і 0,02 мас. частки, % відповідно, ефект дисперсійного зміцнення знижується, метал матриці окрихується, зменшується дисперсність мартенситу цементованого шару, а відповідно його твердість і зносоустійкість. Це пов'язано з тим, що зростає температура рівноважного виділення-розчинення нітридів ванадію і при температурах цементування чи наступному гартуванні в металі зберігаються значна кількість великих, розміром до десятка мікрон часток нітридів ванадію. За рахунок цього зменшується кількість твердорозчинних ванадію і азоту, які забезпечать дисперсійне виділення зміцнюючих часток в феритній і ферито-перлітній матриці, а великі нітридні частки, які є концентраторами напруги, зменшують пластичність і в'язкість матриці.

Великі частки нітридів ванадію підвищують температуру Мп, що призводить до укрупнення мартенситу в цементованому шарі.

Скандій у порівнянні з бором та церієм є більш ефективним модифікуючим елементом при більш стабільному ступені засвоєння його розплавом. При його вмісті менш ніж 0,005 мас. частки, % ефект модифікування відсутній, а при вмісті більш ніж 0,010 мас. частки, % - можливо забруднення металу неметалевими включеннями, що веде до зменшення рівня фізико - механічних властивостей металу матриці і цементованого шару. Позитивний ефект впливу

Механічні властивості, поверхнева твердість і зносоустійкість зразків п

№ п/п	Сталь	σ	σ	δ	ψ	КСУ, Дж/см ²	матр
		МПа		%			
1	прототип	650	390	15	25	45	200
2	запропонована	660	410	17	28	49	220
3		720	395	9	17	21	230
4		910	660	18	31	61	2
5		937	671	15	26	57	3
6		930	690	16	27	58	3

скандію пов'язаний з диспергуванням дендритної, первинної і вторинних мікроструктур, зменшенням мікрохімічної і структурної неоднорідності, в т.ч. зернограничної, диспергуванням зерна феритної і ферито-перлітної матриці і мартенситу в цементованому шарі.

Хімічний склад досліджених марок сталей (2-6) і відомої (1) наведений у таблиці. Сталі 2 і 3

містять легуючі елементи за межами заявлених формулою корисної моделі, сталі 4 і 5 містять елементи згідно складу формули корисної моделі, сталь 6 із середнім значенням вмісту елементів, який визначений формулою корисної моделі.

Приведені сталі виплавляли в лабораторній індукційній печі. З одержаних виливків (ливарні трефи) виготовляли зразки для дослідження фізико-механічних властивостей, твердості та зносостійкості цементованого шару. Твердофазне цементування проводили при температурі 960°C протягом 8 годин з охолодженням зразків в карбюризаторі. Наступна термообробка зразків складалася з гартування від 860°C в воді і відпуску при 180°C.

Зносостійкість визначали при сухому терті ковзанням за втратою маси зразка на 1 кілометр шляху тертя на базі 2,900 км. Як контр тіло використовували сталь У8 з твердістю 62 НРС.

Як видно з таблиці, сталь з хімічним складом в межах формули корисної моделі суттєво переважає відому сталь, та сталь з хімічним складом не в межах формули корисної моделі як за міцністю, пластичністю і в'язкістю, так і за твердістю цементованого шару і його зносостійкістю.