



УКРАЇНА

(19) UA (11) 59803 (13) A

(51) 7 C22C38/58, C22C38/38

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДВидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СТАЛЬ

(21) 20021210307

(22) 19 12 2002

(24) 15 09 2003

(46) 15 09 2003, Бюл. № 9, 2003 р.

(72) Алімов Валерій Іванович, Міщенко Іван Митрофанович, Кримов Віталій Миколайович

(73) ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Сталь, що містить вуглець, марганець, кремній, хром, титан, алюміній, залізо і ванадій, яка відрізняється тим, що вона додатково містить молибден, нікель і мідь при наступному співвідношенні компонентів, мас. %

вуглець	0,72-0,95
марганець	9,50-11,50
кремній	0,55-1,10
хром	1,80-2,40
титан	0,10-0,35
алюміній	0,10-0,60
ванадій	≤ 0,04
молибден	≤ 0,04
нікель	≤ 0,40
мідь	≤ 0,10
залізо	решта,

причому вміст ванадію, молибдену, нікелю і міді зв'язаний співвідношенням  $(Ni+Cu)/(V+Mo) \geq 9$ 

Винахід відноситься до галузі виробництва високомарганцовистих сплавів, а більш конкретно до виробництва сталей типу сталі Гадфілда і може бути використаний для виготовлення деталей дробильно-розмольного, транспортного і вантажно-розвантажувального устаткування, що працюють в умовах комплексного абразивно-корозійного і багаторазового ударно-корозійного впливу.

Відома високомарганцовиста сталь, що містить, мас. % вуглець 0,90 - 1,15, кремній 0,15 - 0,80, марганець 12 - 15, алюміній 2,5 - 3,5, хром 2,1 - 2,3 (А с СРСР № 648647, Кл. С 22 С38/38, опубл. 28 02 79).

Після загартування у воді від температур 1050°C ця сталь має такі властивості: НВ = 218 - 232, коефіцієнт зносостійкості кубиків в барабані, що обертається із сухим піском, - 1,33 - 1,41, з вологим піском із рН 6 - 1,52 - 1,7. Недоліком відомої сталі є її знижена опірність комплексним впливам абразивно-корозійних і ударно-корозійних навантажень.

Відома сталь (Пат. України № 44196 А, Кл. С 22 С38/58, 38/38, опубл. 15 01 2002), що містить, мас. %

вуглець	0,75 - 0,85
марганець	9,50 - 11,00
кремній	0,50 - 1,00
хром	2,00 - 3,50
титан	0,10 - 0,30

ванадій	0,05 - 0,20
алюміній	0,30 - 0,50
залізо	решта,

причому вміст марганцю, вуглецю, титана і ванадію знаходиться в співвідношенні

$$Mn/(C + 0,2(Ti + V)) \geq 10$$

Ця сталь по технічній сутності є найбільш близькою до сталі, що заявляється і тому прийнята як найближчий аналог. Ознаками найближчого аналогу, що збігаються з суттєвими ознаками заявляемого винаходу є вміст вуглецю, марганцю, кремнію, хрому, титану, алюмінію, ванадію та заліза.

Недоліком відомої сталі є знижена опірність комплексним навантажанням, що включають абразивно-корозійний і багаторазовий ударно-корозійний вплив. Причина цього в неоптимальному співвідношенні легуючих елементів та домішок, які не сприяють утворенню достатньої кількості карбідів та легуванню твердого розчину. Це стає причиною росту зерна аустеніту та низької корозійної стійкості.

В основу передбачуваного винаходу поставлена задача такого удосконалення хімічного складу високомарганцовистої сталі, що дозволило б підвищити її опірність комплексним навантажанням, що включають абразивно-корозійний і багаторазовий ударно-корозійний вплив, за рахунок оптимального сполучення некарбідоутворюючих і

(13) A

(11) 59803

(19) UA

карбідоутворюючих елементів

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що сталь, що містить вуглець, марганець, кремній, хром, титан, алюміній, ванадій і залізо, згідно вимогам, вона додатково містить молибден, нікель і мідь при наступному співвідношенні компонентів, мас %

вуглець	0,72 - 0,95
марганець	9,50 - 11,50
кремній	0,55 - 1,10
хром	1,80 - 2,40
титан	0,10 - 0,35
алюміній	0,10 - 0,60
ванадій	≤ 0,04
молибден	≤ 0,04
нікель	≤ 0,40
мідь	≤ 0,10
залізо	решта,

причому вміст ванадію, молибдену, нікелю і міді зв'язаний співвідношенням

$$(Ni + Cu)/(V + Mo) \geq 9$$

Таке співвідношення компонентів у межах, що заявляються, забезпечує високу опірність сталі комплексним навантаженням, що включають абразивно-корозійний і багаторазовий ударно-корозійний вплив, який зростає за рахунок дрібнодисперсних карбідів, легування твердого розчину, здрибнювання зерна аустеніту і за рахунок зсуву корозійних потенціалів у позитивну сторону

При вмісті вуглецю менш 0,72 мас % у сталі зростає кількість немартенситних складових структури, що знижує її абразивно-корозійну опірність. При вмісті вуглецю більш 0,95 мас % помітно знижується пластичність і стійкість до навантажень через підвищену кількість надлишкових фаз

Марганець разом з вуглецем розширює область стабілізації аустеніту і підвищує розчинність вуглецю в аустеніті. При вмісті марганцю в сталі менш 9,50 мас % знижується міцність і пластичність, а також стійкість аустеніту. При вмісті марганцю більш 11,50 мас % росте схильність до транс-кристалізації, утворення гарячих тріщин, а після лиття і термообробки збільшується кількість карбідів несприятливої форми й особливо стійких нерозчинних карбідів, усе це знижує її абразивно-корозійну й ударно-корозійну стійкість

Кремній уводиться в сталь, що заявляється, для кращого розкислення і поліпшення ливарних характеристик. При вмісті кремнію менш 0,55 мас % ступінь розкислення сталі не є достатнім й у ній міститься підвищена кількість неметалічних включень, що знижують ударну в'язкість сталі. При вмісті кремнію більш 1,10 мас % у впливах утворюється крупнодендритна структура, збільшується розмір зерна, помітно знижується пластичність сталі

Хром призначений для додаткового легування сталі. При вмісті хрому менш 1,8 мас % аустеніт стає менш стійким при нагріванні і наклеп, а це знижує зносостійкість. При вмісті хрому більш 2,40 мас % і при нагріванні під загартування до підвищених температур практично не зберігаються мелкодисперсні карбіди хрому, що знижує опірність сталі комплексним впливам за участю корозійних навантажень

Титан у цій сталі призначений для додаткового мікролегуювання і модифікування, здрибнювання структурних складових при кристалізації, усунення зон стовпчастої будівлі і підвищення зносостійкості. При вмісті титана менш 0,1 мас % ці ефекти не досягаються, тому що різко зменшується кількість мелкодисперсних тугоплавких нітридів і карбонітридів титана. При вмісті титана більш 0,35 мас % стає можливим утворення карбідів титана у вигляді сітки по границях зерен, а це роз'єднує їх і знижує рівень механічних властивостей, особливо ударну в'язкість, крім цього створюються додаткові корозійні пари

Алюміній уводиться в сталь, що заявляється, для розкислення і модифікування, він регулює залишковий вміст кисню в металі, розмір зерна, склад, форму і характер неметалічних включень. При вмісті алюмінію менш 0,1 мас % у сталі зростає кількість залишкового кисню, а розмір зерна збільшується, це знижує стійкість сталі до ударно-абразивних і корозійних навантажень. При вмісті алюмінію більш 0,60 мас % зростає роль вторинного окислювання при зниженні температури сталі на випуску і розливанні, а продукти окислювання, що утворюються, негативно впливають на властивості сталі, у тому числі при комплексному характері навантажень

Вміст ванадію і молибдену не перевищують 0,04 мас % кожного, нікелю - не перевищує 0,4 мас %, а міді - не перевищує 0,10 мас %. Причому, вони зв'язані співвідношенням

$$(Ni + Cu)/(V + Mo) \geq 9$$

Ванадій і молибден є карбідоутворюючими елементами і зв'язують вуглець у карбіди і карбонітриди і збіднюють твердий розчин по вуглецю. Нікель, мідь і некарбідоутворюючі елементи і їхня кількість компенсують зазначену дію ванадію і молибдену при зазначеному співвідношенні. При співвідношенні  $(Ni + Cu)/(V + Mo) < 9$  така компенсація буде неповною. Крім того, мідь у твердому розчині сприяє підвищенню корозійного опору при комплексному впливі навантажень, нікель сприяє підвищенню ударної в'язкості сталі, карбіди і карбонітриди ванадію і молибдену підвищують зносостійкість на початку експлуатації, поки під ударним впливом почнеться мартенситне перетворення і наклеп метастабільного аустеніту

Приклад. Сталь, що заявляється, позначену відповідно до прийнятої системи маркування як 83Г105Х2ТЮЛ РД (де РД - регламентовані домішки), виплавляли в лабораторній індукційній печі з ємністю тигля 0,5 кг за технологією, що прийнята при виплавці високомарганцовистої сталі. Проби відливали у вигляді прутків перетином 20 x 20 мм, з яких виготовляли спеціальні зразки з хвостовиком для іспитів на знос в установці спеціальної конструкції, у якій одночасно два зразки обертаються на коромислі зі швидкістю 100 об/хв у суміші великого річкового піску, щебеневого каменю розміром 6 - 10 мм із розчином 5%  $H_2SO_4$  і 3%  $NaCl$  у водопровідній воді. Зразки періодично вдаряються об загострені виступи з твердого сплаву, установлені по шляху їхнього переміщення. Це забезпечує комплексний абразивно-корозійний і ударно-корозійний вплив. Зразки зважували до і після іспитів і оцінювали відносну зносостійкість у порів-

нянні з базовою сталлю по найближчому аналогу. Одночасно оглядали й оцінювали якість поверхні зразків. Зносостійкість сталі по найближчому ана-

логу умовно приймали за одиницю. Отримані результати наведені в таблиці.

Таблиця

Склад сталі	Вміст елементів											Ni + Cu V + Mo	Відносна зносостійкість	Примітки
	C	Mn	Si	Cr	Ti	Al	V	Mo	Ni	Cu	Fe			
Сталь, що заявляється														
1	0,83	10,5	0,82	2,10	0,25	0,35	0,015	0,026	0,37	0,03	Решт	9,57	1,31	
2	0,74	9,60	0,59	1,91	0,14	0,13	0,010	0,010	0,14	0,06	Решт	10	1,25	
3	0,93	11,35	1,05	2,38	0,31	0,55	0,013	0,009	0,20	0,05	Решт	11,36	1,43	
4	0,68	8,5	0,41	1,54	0,06	0,07	0,025	0,015	0,30	0,03	Решт	8,25	1,08	Корр Осередки
5	0,99	12,6	1,28	2,80	0,47	0,69	0,013	0,031	0,29	0,06	Решт	7,95	1,12	- " -
По пат. № 44198 А														
6	0,82	10,8	0,91	3,15	0,29	0,41	0,18	-	-	-	Решт	-	1,00	

З таблиці видно, що найбільш високу зносостійкість показали зразки складів 1 - 3, що відповідають сталі 83Г105Х2ТЮЛ РД. Її зносостійкість більш ніж на 25% вище, ніж у сталі по найближчому аналогу. Інші склади менш кращі, тому що показали гірші результати і, крім того, на них спосте-

рігаються корозійні осередки на поверхні (склади 4, 5).

Таким чином, винахід, що заявляється забезпечує високу опірність комплексним навантаженням, що включають абразивно-корозійний і багаторазовий ударно-корозійний вплив.