



УКРАЇНА

(19) UA (11) 20839 (13) U  
(51) МПК (2006)  
C22C 38/14МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СТАЛЬ ДЛЯ ВАГОНБУДУВАННЯ

1

2

(21) u200609086

(22) 16.08.2006

(24) 15.02.2007

(46) 15.02.2007, Бюл. № 2, 2007 р.

(72) Рабінович Олександр Вольфович, Трегубенко  
Геннадій Миколайович, Пучиков Олександр Воло-(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДА-  
ЛЬНІСТЮ "ФЕРОНІТ"(57) Сталь для вагонубудування, що містить вуг-  
лець, кремній, марганець і залізо, яка відрізня-ється тим, що додатково містить азот, титан і  
алюміній при наступному співвідношенні компонен-  
тів у мас. %:

вуглець	0,15-0,25
кремній	0,20-0,95
марганець	1,00-1,85
азот	0,008-0,03
титан	0,006-0,10
алюміній	0,015-0,10
залізо	решта.

Корисна модель відноситься до металургії, зокрема до сталі для вагонубудування, переважно для виготовлення литих бічних рам, надресорних балок візків залізничних вагонів і автозцепних пристроїв, а також інших виробів рухомого складу.

Відома «Сталь для вантажопідйомних хому-тів» по [патенту України № 73673 С2, МПК C22C 38/02; C22C 38/04, 2005]. Зазначений аналог містить у мас. %: вуглець 0,08-0,22; марганець 0,50-0,85; кремній 0,10-0,40; домішки хрому, нікелю й міді  $\leq 0,3$  кожного; домішки сірки й фосфору  $\leq 0,35$  кожного; бор 0,0005-0,006; титан 0,02-0,10; залізо - інше. Однак сполука цієї сталі не забезпечує підвищення міцності і експлуатаційних характеристик литих економнолегованих сталей, призначених для виготовлення якісних бічних рам, надресорних балок візків залізничних вагонів і автозцепних пристроїв.

Відома сталь 20ГЛ, що призначена для вагонубудування з ОСТу 32.183-2001 «Візки двоосні вантажних вагонів колії 1520мм. Деталі литі. Рама бічна й балка надресорна». Це технічне рішення прийняте за щонайближчий аналог (прототип). Копія прототипу додається. Сталь для вагонубудування 20ГЛ, згідно з прототипом, містить у мас. %:

Вуглець	0,17-0,25
Кремній	0,3-0,5
Марганець	1,1-1,4
Залізо	решта
При цьому дана сталь може містити невелику	

кількість елементів хрому й нікелю, не більше 0,30 мас. %, міді - не більше 0,60 мас. %, сірки й фосфору не більше 0,04 мас. %.

Ознаками прототипу, що збігаються з істотними ознаками корисної моделі, яка заявляється, є: вуглець, кремній, марганець і залізо. Недоліком сталі для вагонубудування, по прототипу, є її відносно низька міцність й експлуатаційні характеристики, які не задовольняють сучасним вимогам швидкісних і вантажопідйомних перевезень залізничного транспорту. Виготовлення бічних рам, надресорних балок для візків вагонів і автозцепних пристроїв з відомої сталі, як і ряду інших виробів рухомого складу, уже не відповідає зростаючим вимогам по надійності й довговічності у вагонубудуванні. Вводити до складу сталі гостродефіцитний нікель або інші дорогі компоненти економічно недоцільно. Цю проблему вирішує сталь, що є предметом даної заявки.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалити сталь для вагонубудування, у яку введення нових додаткових компонентів, як азот, титан і алюміній та їхні вагові співвідношення дозволяють підвищити міцність, експлуатаційну надійність і довговічність бічних рам, надресорних балок візків вагонів і автозцепних пристроїв, а також інших виробів рухомого складу.

Поставлена задача вирішується тим, що в сталь для вагонубудування, що містить вуглець, кремній, марганець і залізо, відповідно до винаходу, додатково введені азот, титан і алюміній при наступному співвідношенні компонентів у мас. %:

(13) U

(11) 20839

(19) UA

Вуглець-ОД	0,15-0,25
Кремній	0,20-0,95
Марганець	1,00-1,85
Азот	0,008-0,03
Титан	0,006-0,10
Алюміній	0,015-0,10
Залізо	решта

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю суттєвих ознак корисної моделі й технічним результатом, що досягається, забезпечується наступним. Мікролегування сталей для вагонобудування азотом, титаном і алюмінієм значно подрібнює зерно, поліпшуючи цим механічні й експлуатаційні властивості металів. Створюється можливість підвищити зміст кремнію до 0,95 мас. %. При цьому кремній, який підвищує коефіцієнт активності азоту і його дифузійну рухливість, сприяє поліпшенню термодинамічних і кінетичних умов утворення нітридів титану й алюмінію. Нижній рівень кремнію в сталі 0,20 мас. обраний з умов забезпечення достатньої міцності металу, а також одержання глибоко розкисленої сталі й формування щільної (безпористої) структури виливків.

Легування вуглецем і марганцем також забезпечує підвищення міцності сталі. При цьому нижній рівень змісту вуглецю 0,15 мас. і марганцю 1,00 мас. обумовлений необхідною міцністю металу. Максимальний зміст вуглецю 0,25 мас. і марганцю 1,85 мас. обмежені їхнім негативним впливом на пластичні властивості сталі та її зварюваність. Слід зазначити, що максимальний рівень змісту марганцю в пропонованій сталі 1,85 мас. вище, ніж у прототипі, завдяки її мікролегуванню азотом, титаном і алюмінієм, що приводить до здрібнювання зерна й поліпшенню пластичних властивостей металу.

Спільне введення до складу сталі азоту й титану в пропонованих співвідношеннях забезпечує зменшення розміру зерна литій сталі за рахунок її модифікування нітридами титану, що підвищує міцність й експлуатаційні властивості виробів. При цьому мінімальний зміст у сталі азоту 0,008 мас. і титану 0,006 мас. обумовлено тим, що при їхньому введенні в метал нижче зазначених величин не відбувається утворення в достатній кількості карбонідів титану й не забезпечується здрібнювання первинної структури литої сталі. Крім того, мінімальний зміст титану повинен забезпечувати зв'язування всього вільного азоту, щоб не допустити утворення газової пористості у виливках. Максимальний зміст азоту 0,03 мас. і титану 0,10 мас. пов'язане з різким погіршенням ударної в'язкості та пластичних характеристик металу.

Введення до складу сталі алюмінію в пропонованих співвідношеннях забезпечує підвищення

механічних і експлуатаційних властивостей сталі за рахунок додаткового здрібнювання зерна, пов'язаного з утворенням нітридів алюмінію при охолодженні виливків і нормалізації. Мінімальний зміст алюмінію в сталі 0,015 мас. обумовлено тим, що при його введенні в метал нижче зазначеної величини не відбувається додаткове зв'язування азоту твердого розчину в нітриди алюмінію. Максимальний зміст алюмінію в сталі 0,10 мас. пов'язане з погіршенням плинності рідини, зменшенням пластичних властивостей і ударної в'язкості сталі.

З метою оцінки властивостей сталі, яка заявляється для вагонобудування й порівняння з позамежними сполуками та її прототипом, були виплавлені в індукційній печі опитні плавки, хімічний склад компонентів яких приведений у таблиці 1. Розкислення сталі проводили алюмінієм. Розливання металу здійснювали в проби-трефри, з яких, після нормалізації, виготовлялися зразки для оцінки механічних і експлуатаційних властивостей. Результати випробувань які приведені в таблиці 2, показали, що сталь, яка заявляється, має більш високу міцність, чим сталь у прототипі.

Порівняння комплексу механічних властивостей плавки №1 і №3, а також №2 і №4, що мають близький хімічний склад по базових елементах, показало, що спільне мікролегування сталі азотом, титаном і алюмінієм у пропонованих співвідношеннях забезпечує здрібнювання зерна на 1 бал, підвищення границі текучості на 30-35 МПа, межі міцності на 40 МПа при збереженні пластичних характеристик й ударної в'язкості практично на тім же рівні. На підставі результатів випробувань зразків від плавки №№13-27 (поза-межні сполуки), визначено, що вони мають значно гірший комплекс механічних властивостей, чим пропонована сталь. Так, сполуки №№13,15,16,21,23,25 мають більше низький рівень міцності. Сполуки №№14-18, 21, 24 не мають необхідний рівень ударної в'язкості, а сполуки №№14,17, 18, 21, 24, 26, 27 мають недостатньо високе значення пластичних характеристик. Литі сталі для вагонобудування повинні мати, крім усього, і досить великий запас по циклічній довговічності. Результати випробувань показали, що значення циклічної довговічності в 1,5-2,5 рази більше, ніж у прототипу.

Сталь для вагонобудування, за даною заявою, забезпечує підвищення міцності і експлуатаційних властивостей литих економнолегованих сталей, призначених для виготовлення рам бічних, балок надресорних для візків залізничних вагонів і автозчепних пристроїв, а також інших виробів рухомого складу.

Таблиця 1

Номер сполуки сталі	Зміст елементів, мас. %					
	C	Si	Mn	N	Ti	Al
Відома сталь (прототип)						
1	0.23	0.45	1.32	0.006*	-	0.025*
2	0.2	0.25	1.37	0.006*	-	0.024*
Пропонована сталь						
3**	0.24	0.47	1.34	0.015	0.015	0.038
4	0.2	0.26	1.39	0.015	0.013	0.05
5	0.21	0.52	1.5	0.016	0.021	0.019
6	0.16	0.53	1.21	0.018	0.046	0.072
7	0.25	0.42	1.3	0.017	0.025	0.021
8	0.17	0.33	1.0	0.03	0.1	0.015
9	0.2	0.41	1.33	0.014	0.02	0.052
10	0.15	0.95	1.37	0.013	0.012	0.049
11	0.19	0.78	1.35	0.008	0.006	0.043
12	0.21	0.2	1.85	0.015	0.021	0.1
Поза межні сполуки						
13	0.2	0.29	1.3	0.013	0.005	0.031
14	0.19	0.47	1.36	0.02	0.11	0.052
15	0.24	0.68	1.81	0.007	0.016	0.062
16	0.22	0.38	1.39	0.007	0.002	0.023
17	0.18	0.24	1.06	0.031	0.071	0.085
18	0.21	0.39	1.24	0.031	0.11	0.024
19	0.2	0.34	1.36	0.015	0.042	0.014
20	0.19	0.38	1.42	0.017	0.023	0.11
21	0.21	0.47	1.32	0.019	0.015	0.035
22	0.22	0.43	1.37	0.018	0.022	0.016
23	0.2	0.19	1.29	0.013	0.018	0.025
24	0.23	0.96	1.45	0.014	0.026	0.037
25	0.14	0.36	0.99	0.015	0.017	0.042
26	0.26	0.48	1.53	0.012	0.029	0.024
27	0.22	0.53	1.86	0.015	0.032	0.044

Примітка: \* мікролегування спеціально не проводилось.

\*\* плавка проводилась в дослідницько-промислових умовах

Таблиця 2

Номер сполуки сталі	Характеристики міцності		Пластичні характеристики		Ударна в'язкість КСУ при -60°C. Дж/см <sup>2</sup>	Бал зерна за ДСТ 5639-82
	межа плинності $\sigma_T$	тимчасов. опір $\sigma_B$	Відносне подовж. $\sigma_s$	Відносне зву- ження $\psi$		
	МПа	МПа	%	%		
1	2	3	4	5	6	7
Відома сталь (прототип)						
1	360	570	31	62	92	7-8
2	360	540	25	51	51	7-8
Пропонована сталь						
3	395	610	28	53	86	8-9
4	390	580	27	52	85	8-9
5	440	620	24	41	48	8-9
6	385	580	26	49	60	8-9
7	440	630	22	38	31	8-9
8	385	610	21	39	31	8-9
9	400	600	28	53	72	8-9
10	440	620	22	37	53	8-9
11	425	640	25	42	42	8-9

Продовження табл.2

1	2	3	4	5	6	7
12	415	620	22	45	83	8-9
Поза межні сполуки						
13	355	560	30	52	89	8
14	375	610	14	34	20	8-9
15	360	560	18	37	23	8
16	360	570	20	49	14	7-8
17	460	670	15	30	14	7-8
18	465	680	16	33	20	8-9
19	395	610	19	38	32	8
20	400	600	18	36	31	8-9
21	205	390	11	22	11	8-9
22	405	610	18	39	29	8
23	340	550	34	65	96	8-9
24	475	650	15	29	22	8-9
25	335	540	31	58	93	8-9
26	415	630	17	34	38	8-9
27	425	630	16	33	40	8-9