

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ВИСОКОМІЦНА НЕРЖАВІЮЧА СТАЛЬ

(21) 2000105603

(22) 02.10.2000

(24) 15.06.2001

(46) 15.06.2001, Бюл. № 5, 2001 р.

(72) Гаврилюк Валентин Геннадійович, Главацька
Надія Іванівна(73) ГАВРИЛЮК ВАЛЕНТИН ГЕНАДІЙОВИЧ, ГЛА-
ВАЦЬКА НАДІЯ ІВАНІВНА(57) Високоміцна нержавіюча сталь, що містить
хром, нікель, молібден, марганець, азот, вуглець,залізо, яка відрізняється тим, що вона містить
вказані компоненти при такому співвідношенні,
мас. %:

Хром	23,1-27,0
Нікель	4,0-7,0
Молібден	1,7-2,9
Марганець	0,1-1,9
Вуглець	0,11-0,2
Азот	0,1-0,3
Залізо і домішки	решта.

Винахід відноситься до високоміцних сталей
для холоднодеформованих довгомірних виробів,
наприклад для виробництва дроту, стрічки, пружин
та тросів.

Відомо сталь AISI 304 (Стандарт США), що
використовується для виробництва нержавіючих
дроту, пружин тощо. Сталь містить (мас.%) 17-19
Cr, 8-10 Ni, інші елементи присутні як домішки.

Недоліком відомої сталі є те, що при холод-
ній пластичній деформації сталі частково утво-
рюється альфа мартенсит, що погіршує корозійну
стійкість. Її міцність у холоднодеформованому ста-
ні досягає лише 1100-1400 МПа. Сталь має також
низькі втому міцність та пластичність при дефор-
мації крученням та згином.

Відомо сталь, що містить (мас. %) 17-19 Cr,
13-15 Ni, 2-3 Mo, 1-2 Mn, 0.1-0.2 N (Remanit 442,
Thyssen Edelstahl Technische Berichte, Band 14,
Heft 1, ss. 108-117 (1988)). Холоднодеформований
дріт, виготовлений із цієї сталі, має міцність 1400-
1800 МПа.

Її недоліком є низькі числа кручень до руйну-
вання, 2-4, у сильнонагартваному стані, який пот-
рібен для того, щоб отримати міцність вищу за
1400 МПа і який можна досягти лише, якщо де-
формація волочінням при виготовленні дроту пе-
ревищує 50%. Іншим суттєвим недоліком дроту та
тросів із цієї сталі є низька втомна міцність.

Найбільш близькою за технічною сутністю
до винаходу, що заявляється, є високоміцна
сталь, що містить (мас. %) 0.01-0.12 C, 17.0-23.0
Cr, 4.5-8.7 Ni, 1.5-7.0 Mn, 0.01-2.5 Si, 0.1-2.0 Mo,
0.01-2.5 Cu, 0.15-0.5 N (Патент України 25436A
МПК6 C22C 38/44, Бюл. "Промислова власність"

№6, 1998). Сталь характеризується міцністю і ви-
сокою корозійною стійкістю (гранична міцності 1700-
2000 МПа після холодного волочіння з сумарною
деформацією 50-70%).

Недоліком відомої сталі є недостатня міц-
ність та пластичність при механічних випробуван-
нях в умовах коли напружений стан відрізняється
від того, який існував під час волочіння, тобто при
крученні або згині. Причиною недостатньої міцнос-
ті відомого сплаву є однофазність структури, що
призводить до зменшення коефіцієнту деформа-
ційного зміцнення при значних сумарних деформа-
ціях. За тієї ж причини відома сталь має недостат-
ню пластичність при випробуваннях на кручення
та згин. Цей недолік є найбільш відчутним при
втомних випробуваннях тросів, виготовлених із хо-
лоднотягнутого дроту.

В основу винаходу поставлено завдання
розробки високоміцної нержавіючої сталі, що за-
безпечить високу міцність та пластичність при
втомних випробуваннях і крученні при зберіганні
високої корозійної стійкості для холоднодеформо-
ваних довгомірних виробів.

Поставлене завдання вирішується тим, що
сталь містить хром, нікель, молібден, марганець,
кремній і азот при такому співвідношенні компо-
нентів (мас. %):

Хром	23.1-27.0
Нікель	4.0-7.0
Молібден	1.7-2.9
Марганець	0.1-1.9
Вуглець	0.11-0.2
Азот	0.1-0.3
Залізо і домішки	решта

Хімічний склад сталі визначено таким чином, щоб сталь після термообробки (закалка від 1000-1200°C) знаходилась у двофазному феррито-аустенітному стані. Встановлено факт локалізації пластичної деформації при механічних випробуваннях (кручення, згин тощо) холоднотянутих однофазних аустенітних сталей. Причина локалізації деформації полягає у тому, що зміна напруженого стану (кручення або згин після холодного волочіння) призводить до руйнування попередньо створеної дислокаційної структури, яке починається локально і після цього пластична деформація зосереджується у створених бездислокаційних каналах викликаючи передчасне руйнування. При волочінні двофазної сталі, що містить ферит поруч з аустенітом, феритна фаза витягується у вигляді волокон, які запобігають локалізації пластичної деформації і таким чином забезпечать високу пластичність і втомну міцність при будь-якій деформації, що відрізняється за напруженим станом від волочіння.

На відміну від відомих дулексних сталей, сталь містить значну кількість вуглецю, що у холоднотермоформованих сталях не викликає крихкості (температура в'язко-крихкого переходу значно знижується холодною деформацією) і не перешкоджає зварюванню, яке для дроту виконується у твердому стані. Назпаки, сумісне легування азотом і вуглецем сприяє високій стабільності аустенітної структури і дозволяє отримати значну долю аустеніту при економному легуванні нікелем. Вміст вуглецю вище 0.2% призводить до виділення важкорозчинних карбідів хрому, що погіршує корозійну стійкість і пластичність. Вміст вуглецю менш за 0.11% призводить до зниження міцності.

Вміст азоту у сталі, що заявляється, є рівноважним і може бути отриманим при звичайних плавках без застосування високого тиску. Вміст азоту вище 0.3% супроводжується виділенням нітрідів у фериті і перешкоджає отриманню достатньої пластичності. При вмісті азоту менше за 0.1% не можна отримати достатню міцність.

Вміст хрому менше за 23.1 % не дозволяє мати в структурі сталі достатню долю фериту, потрібну для високої пластичності і втомної міцності. Легування хромом у кількості вище за 27 % робить ферит переважальною фазою, що зменшує розчинність азоту і вуглецю в сталі і знижує міцність.

Нікель у межах 4-7% забезпечує оптимальне співвідношення між долями фериту і аустеніту. Вміст нікелю менше 4% робить ферит переважальною фазою, що погіршує міцність. У кількості більше за 7% нікель зменшує розчинність азоту, що також заважає отримати достатню міцність.

Марганець у сталі сприяє розчинності азоту в аустеніті. Вміст марганцю більше за 1.9% знижує корозійну стійкість сталі. Марганець менше 0.1% не дозволяє ввести в сталь потрібну кількість азоту, тобто знижує міцність.

Молібден забезпечує високу стійкість проти локальної корозії пітінгом і підвищує розчинність азоту. Вміст молібдену менше 1.7 % недостатній для встановлення високого потенціалу пітінга. Більше за 2.9% молібдену погіршують пластичність холоднотермоформованої сталі.

Дослідні плавки виконано в лабораторних умовах. Виплавку проведено у дуговій печі у атмосфері аргону. Азот вводиться через азотований хром, що містить азот у кількості відповідно до бажаного вмісту азоту у сталі. Шихта, що складається із заліза - 65.7%, хрому - 25% з вмістом азоту 1.25%, нікелю - 5%, молібдену - 2.1%, марганцю - 1.8%, вуглецю - 0.15%, загрузали до охолоджуваного водою мідного тиглю, що розміщено у дуговій печі. Нагрівання здійснюється до температури плавлення шихтових компонентів. Кристалізація відбувається у тиглі. Хімічний склад плавок наведено у Таблиці 1.

Зливки вальцюють до діаметру 8 мм. після чого холодним волочінням з проміжними термообробками отримують заготовку діаметром 3 мм. Після заключної термообробки при 1100°C з охолодженням у воді у волочіння до 1.5 мм (сумарна деформація 75 %). Механічні і корозійні властивості сталі наведені у Таблиці 2. Границю міцності вимірюють при випробуванні на розтяг. Кількість скручень до розриву визначають при випробуванні на скручення під механічною напругою 0.2σ_в. Потенціал пітінгу визначають із потенціодинамічних кривих, які вимірюються у 3% водному розчині NaCl при швидкості зміни напруги dU/dt = 600 mV/год.

Високоміцна нержавіюча сталь може бути виплавлена як у лабораторних умовах, так і на промислових підприємствах.

Таблиця 1

Хімічний склад

Сталь	C	N	Cr	Ni	Mo	Mn
1	0.11	0.3	27.0	4.0	1.7	1.3
2	0.2	0.1	23.1	7.0	2.9	0.1
3	0.15	0.2	24.0	5.0	2.7	1.9
4	0.23	0.37	26.5	4.4	1.5	2.6
5	0.06	0.08	21.7	8.1	3.4	1.7
6	0.14	0.17	29.3	3.6	2.1	0.06
Прототип	0.01	0.15	17.0	8.7	0.1	7.0

Таблиця 2

Механічні та корозійні властивості холоднодеформованого дроту (діаметр 3.0 мм, деформація 75 %)

Сталь	Границя міцності, МПа	Відносне звуження, %	Кількість скручень до розриву	Кількість атомних циклів до розриву, $\sigma_a / \sigma = 0.95$	Потенціал пітінгу, mV
1	2310	42	14	2113	1310
2	2070	51	18	2410	1050
3	2180	47	16	2217	1180
4	2450	31	7	1560	720
5	1760	54	19	2610	840
6	2210	36	9	1624	1240
Прототип	1690	48	4	1250	1170

Тираж 50 екз.

Відкрите акціонерне товариство «Патент»

Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101

(03122) 3 - 72 - 89 (03122) 2 - 57 - 03

