

Підвищення механічних характеристик низьковуглецевої сталі шляхом подрібнення зеренної структури

А. С. Опальчук, доктор технічних наук, професор

О. Є. Семеновський, кандидат технічних наук

Національний університет біоресурсів та природокористування України, Київ

Наведено результати досліджень впливу комплексного легування титаном і ніобієм на схильність низьколегованих сталей до росту аустенітного зерна в процесі нагрівання. Досліджено вплив подрібнення зеренної структури на характеристики міцності та в'язкості сталі.

Одночасне підвищення характеристик міцності та в'язкості цементованих сталей можливо лише при максимальному подрібненні зеренної структури сталі за рахунок зменшення її схильності до росту аустенітного зерна під впливом високих температур, що мають місце в процесі хіміко-термічної обробки.

Дослідження проводили на низьковуглецевих сталях, що містять марганець, нікель, хром в межах одного відсотка. Такий базовий склад (сталь типу 15ХГН) був прийнятий, виходячи із аналізу літературних джерел [1 – 4] та досвіду розробки цементованих сталей з підвищеною контактною втомною міцністю [5]. Сталь базового складу додатково легували комплексом титан-ніобій. Хімічний склад досліджуваних сталей наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний склад досліджуваних сталей

Номер плавки	Вміст легуючих елементів, % (по масі)								
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Nb	S	P
1	0,13	0,34	0,89	1,03	0,99	-	-	0,023	0,021
2	0,16	0,34	0,89	0,92	1,03	0,04	-	0,021	0,024
3	0,17	0,35	1,03	1,13	1,12	0,04	0,04	0,023	0,019
4	0,15	0,35	0,99	1,00	1,07	0,05	0,07	0,022	0,022
5	0,16	0,39	0,95	1,03	1,01	0,06	0,10	0,021	0,022
6	0,15	0,36	0,97	1,01	0,91	0,05	0,13	0,023	0,019

Випробування механічних властивостей були проведені за стандартними методиками. Визначали міцність сталі на розрив, характеристики міцності та пластичності, твердість, а також ударну в'язкість після проведення термічної

Технічна інформація

обробки (гартування від 820 °С з низьким відпуском). Отримані результати наведені в табл. 2.

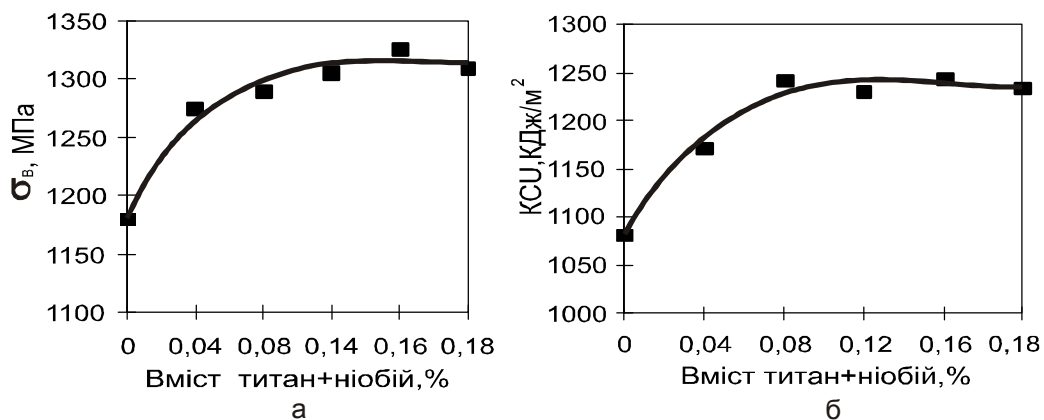
Таблиця 2

Механічні властивості досліджуваних сталей

Номер плавки	Межа плинності σ_t , МПа	Межа міцності σ_b , МПа	Відносне подовження δ , %	Ударна в'язкість КСУ, КДж/м ²	Твердість НРС
1	1070	1180	13	1080	33
2	1130	1260	14	1170	39
3	1140	1270	14	1240	42
4	1170	1298	14	1230	43
5	1180	1310	14	1240	43
6	1170	1290	14	1230	44

Отримані результати свідчить про те, що за рахунок комплексного легування карбідоутворюючими елементами титаном і ніобієм вдалося підвищити міцність сталі на 130 МПа, твердість – на 10 НРС. При цьому одночасно підвищилась на 160 КДж/м² і ударна в'язкість.

На базі обробки результатів досліджень побудовані графічні залежності (рисунок а, б), які характеризують взаємозв'язок механічних властивостей сталей і ступеня легування комплексом титан – ніобій.



Вплив титану та ніобію на міцність (а) та ударну в'язкість (б) сталі.

Аналізуючи отримані результати можна зробити висновок, що оптимальним є вміст комплексу титан – ніобій в межах 0,12 – 0,16 %.

Щоб пояснити отримані результати, коли одночасно з характеристиками міцності підвищується і в'язкість сталі, було проведено дослідження мікроструктури сталей. Визначали середній діаметр аустенітного зерна [6] і довжину границь зерен [7] сталей при нагріванні і витримці в інтервалі температур від 800 °С до 1100 °С. Отримані результати наведені в табл. 3.

Технічна інформація

Таблиця 3

Зміна середнього діаметра аустенітного зерна і довжини границь зерен
у процесі нагрівання під аустенітизацію

Номер плавки	Параметр	Температура аустенітизації, °С					
		800	860	920	980	1040	1100
1	Діаметр зерна, мкм	9,1	15,2	21,7	24,3	28,1	38,8
	Протяжність границь, мм/мм ²	302	158	97	66	59	46
2	Діаметр зерна, мкм	7,2	11,3	17,5	26,9	38,7	54,9
	Протяжність границь, мм/мм ²	284	182	115	79	49	25
5	Діаметр зерна, мкм	5,5	6,9	8,7	11,2	12,7	13,6
	Протяжність границь, мм/мм ²	405	259	186	151	140	136

Встановлено, що при легуванні титаном та ніобієм в межах 0,12 – 0,16 % (рисунок а, б) значно знижується схильність сталі до росту аустенітного зерна. Так, при вмісті титану 0,04 % і температурі аустенітизації 920 °С, розмір зерна зменшується на 25 %. А при оптимальному з точки зору механічних властивостей вмісті комплексу титан – ніобій розмір зерна зменшується більше, ніж вдвічі. Це явище пояснюється тим, що такі легуючі елементи, як титан та ніобій, спричиняють утворення карбідної фази, яка не розпадається при заданих температурах аустенітизації, так як стійкість карбідів титану перевищує 950 °С, а ніобію 1050 °С.

Таким чином встановлено, що комплексне легування низьковуглецевих сталей титаном та ніобієм в сумарній кількості 0,12 – 0,16 % приводить до зменшення розміру зерна більше, ніж вдвічі порівняно з нелегованою сталлю і забезпечує підвищення міцності сталі на 130 МПа, твердості на 10 HRC та ударної в'язкості на 160 МПа.

Література

1. Приходько Э.В. Эффективность комплексного легирования сталей и сплавов. – Киев: Наук. думка, 1995. – С. 3 – 111.
2. Геллер А.Л. Развитие научных основ керування фазово-структурним станом та властивостями комплексно-легованих машинобудівних сталей з використанням створеної металостабільності: Автореф. дис... д-ра техн. наук / Донецьк, 1997. – С. 3 – 11.
3. Ершов Г.С., Позняк Л.А. Структурообразование и формирование свойств сталей и сплавов. – Киев: Наук. думка, 1993. – 391с.
4. Винокур Б.Б., Касаткин О.Г., Кондратюк С.Е. Расчетные модели для определения механических свойств конструкционных сталей. // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1989. – № 7. – С. 2 – 6.
5. Семеновський О.Є. Утворення та ріст тріщин під час контактної втоми сталей. // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2000. – № 4. – С.120 – 121.
6. ГОСТ 5639-82 Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна. Черные металлы.
7. Блантер М.Е. Металловедение и термическая обработка. – М.: Машгиз, 1963. – 416 с.

Одержано 28.09.12

А. С. Опальчук, А. Е. Семеновский

**Повышение механических характеристик низкоуглеродистой стали путем
измельчения структуры зерна**

Резюме

Приведены результаты исследований влияния комплексного легирования титаном и ниобием на склонность низкоуглеродистых сталей к росту аустенитного зерна в процессе нагрева. Исследовано влияние измельчения зеренной структуры на характеристики прочности и вязкости стали.

A. S. Opalchuk, O.E. Semenovskiy

**Increasing mechanical properties of low carbon steels
with reducing grains size**

Summary

The results of research on complex alloying with Ti and Nb influence on inclination low carbon steels to austenite grain growth are presented. Influence of grains reducing to the strength and toughness of steel is studied.

УДК 669.721.5

*Відновлення корпусного авіаційного литва зі
сплаву МЛ10*

В. А. Шаломєєв, доктор технічних наук

Запорізький національний технічний університет, Запоріжжя

Проведено аналіз післяексплуатаційних дефектів авіаційного корпусного литва з магнієвих сплавів. Розроблено і випробувано присадочний матеріал для заварки дефектів корпусних виливків, що забезпечує високу якість відновлюваних виробів.

Одним з перспективних напрямків розвитку сучасного авіадвигунобудування є можливість повторного використання литих деталей агрегатів при їх плановому технічному обслуговуванні, що дозволяє знизити витрати на виробництво нового литва і підвищити конкурентоспроможність авіаційної техніки [1, 2].

На підприємстві АТ «Мотор Січ» авіаційні двигуни, що пройшли гарантовані терміни експлуатації, при їх плановому технічному обслуговуванні розбирають і оцінюють якісні показники більшості деталей і вузлів. У деяких випадках на поверхні литих деталей, виготовлених з магнієвих сплавів МЛ5 і МЛ10, виявлять наступні невідповідності до вимог нормативно-технічної