

Формирование структурного состояния высокопрочных сталей для инновационного железнодорожного подвижного состава

В статье рассмотрены особенности формирования структурного состояния и комплекса свойств стали типа СтЗсп модифицированной Al+Ti+N. Приведен высокий комплекс механических и эксплуатационных свойств данной стали со структурой игольчатого феррита. Показана возможность применения данной стали для производства инновационного подвижного состава. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 5 назв.

Ключевые слова: бейнитное превращение, игольчатый феррит, структура, инновационный подвижной состав

The article describes the features of formation of the structural condition of the complex properties of steel and the type of modified St3sp Al + Ti + N. Is a complex of high mechanical and performance properties of the steel structure of acicular ferrite . The possibility of using this steel for the production of innovative vehicles.

Keywords: bainitic transformation , acicular ferrite , structure , innovative rolling stock

Нестабильная ситуация на внешних рынках металлопродукции заставляет украинских металлургов искать эффективные ниши для своей продукции внутри страны. В это же время в украинском машиностроении (вагоностроении) остро востребован высокопрочный прокат для грузового железнодорожного подвижного состава. Такой прокат с одной стороны должен отвечать жестким требованиям РЖД по механическим и эксплуатационным свойствам и, одновременно, обладать низкой ценой по сравнению с аналогами. Это позволит украинским вагоностроителям не только выпускать инновационный подвижной состав, но и конкурировать с российскими производителями за счет более низкой себестоимости производства грузовых вагонов. С учетом этих положений были выполнены работы [1-3] по созданию высокопрочного листового, сортового и фасонного проката с использованием низкоуглеродистых сталей (типа СтЗсп), микролегированных карбонитридом титана и нитридом алюминия с получением высоких значений прочностных и вязких характеристик (таблица).

Таблица. Свойства сталей для вагоностроения

Марки Сталей	σ_s , Н/мм ²	δ_s , %	КСУ, Дж/см ²			
			+20 °С	-20 °С	-40 °С	-70 °С
Применяемая сегодня 09Г2Д	295	21,0	98,0	-	29,0	-
10ХСНД	390	18,0	-	-	34,0	29,0
Новая термически упрочненная на базе СтЗсп	550-600	21,0	-	-	-	75,0-85,0

Выполненными к настоящему времени работами показано, что получение бейнитной структуры в стали позволяет существенно повысить прочностные и вязкие характеристики стали без значительного снижения пластических характеристик, присущего мартенситной структуре [4]. Введение в жидкую сталь ферросплавов содержащих алюминий, титан и азот

приводит к формированию в структуре комплексных соединений как представлено на рис. 1.

Наличие подобных частиц в структуре стали при последующих переделах в твердом состоянии приводит к формированию сравнительно мелкого аустенитного зерна (6-8 балл по ГОСТ 5639-82). В случае реализации распада переохлажденного аустенита по бейнитному механизму при охлаждении стали с частицами Ti(C,N) и AlN происходит формирование структуры «интрагранулярного» игольчатого феррита, характеризующегося высокой степенью разориентировки бейнитных реек, в результате чего распространение в ней магистральной трещины в практически любом направлении будет затруднено (рис. 2). Этим и объясняется повышение ударной вязкости сталей со структурой «интрагранулярного» игольчатого феррита по сравнению с аналогичными сталями со структурой бейнита или отпущенного мартенсита.

Были проведены испытания на усталостную прочность – очень важную характеристику для металла вагонов, работающего в условиях знакопеременных нагрузок (рис. 3). Показано, что новая микролегированная сталь в термически упрочненном состоянии существенно превышает по своим характеристикам усталостной прочности используемый в настоящее время металлопрокат для вагоностроения.

Проведение широкого комплекса механических испытаний микролегированных сталей со структурой игольчатого феррита необходимо было для оценки влияния структуры игольчатого феррита и частиц нитридов и карбонитридов на характеристики свойств сталей. Механические испытания проводились по стандартным методикам в соответствии с действующими ДСТУ и ГОСТ. Выбор для оценки ударной вязкости образцов с U-образным надрезом (тип I по ГОСТ 9454-78) связан с тем, что в требованиях ГОСТ 19281-89 и ГОСТ 27772-88 к ударной вязкости для температур испытания ниже минус 40 °С приводятся требуемые уровни ударной вязкости только для образцов с U-образным надрезом, а также тем, что в

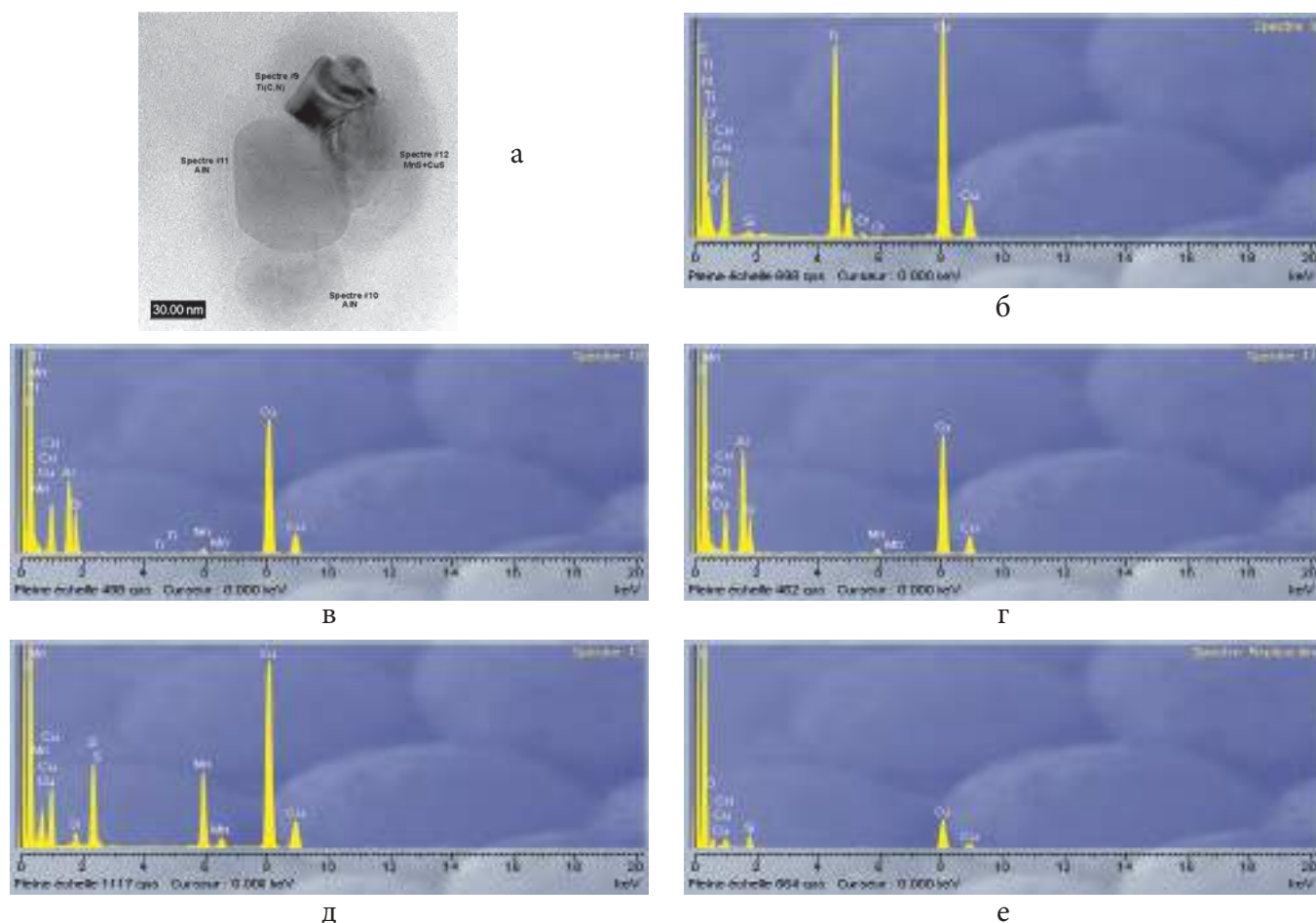


Рис. 1.: а) - конгломерат частиц, наблюдаемый в исследованной конструкционной стали, микролегированной нитридообразующими элементами (плавка № 166908, горячекатаное состояние), экстракционная реплика, просвечивающий электронный микроскоп, x300000; б) - EDX спектр частицы карбонитрида титана Ti(C,N); в), г) - EDX спектр частицы нитрида алюминия AlN; д) - EDX спектр частицы сульфида MnS+CuS; е) - EDX спектр углеродной реплики



Рис. 2. Структура «интрагранулярного» игольчатого феррита в конструкционной стали микролегированной нитридообразующими элементами после термической обработки, x 800

литературе имеется более широкая база данных по значениям ударной вязкости сталей при пониженных температурах (до минус 80 °С) именно для образцов с U-образным надрезом [5].

На основании вышеприведенных данных можно заключить, что термическое упрочнение малоуглеродистых и низколегированных сталей с комплексным карбонитридным упрочнением, формируя преиму-

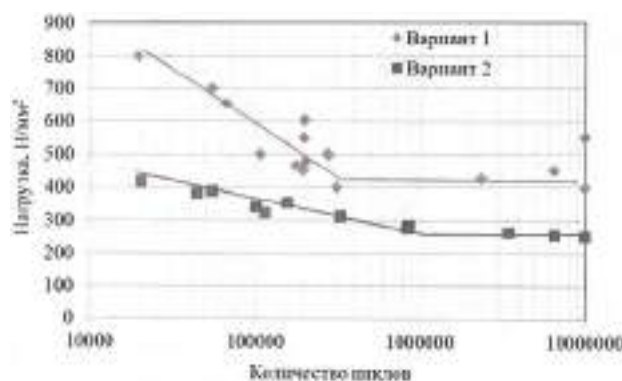


Рис. 3. Кривые усталости фасонного проката для: вариант 1 – новая микролегированная сталь на базе СтЗсп со структурой игольчатого феррита; вариант 2 – традиционно применяемая в вагоностроении сталь с феррито-перлитной структурой

ущественно бейнитные структуры с повышенной степенью разориентировки реек, обеспечивает возможность получения высокопрочного фасонного проката с уровнем предела текучести до 630 Н/мм², гарантией ударной вязкости вплоть до температуры минус 80 °С $KCU^{-80} \geq 75$ Дж/см² и высокими показателями сопротивления усталостному разрушению ($\sigma_{-1} = 400$ Н/мм²), а также необходимый уровень других эксплуатационных характеристик.

Предварительные исследования свариваемости термоупрочненной стали, выполненные Институтом электросварки им. Е.О. Патона НАНУ, показали, что

она не склонна к изменению свойств под воздействием ожога, хорошо сопротивляется образованию холодных трещин при ограниченном содержании диффузионного водорода в наплавленном металле, способна обеспечить требуемую ударную вязкость в диапазоне скоростей охлаждения $5 \leq W_{6/5} \leq 15$ °C/с и может быть принята в качестве базовой при разработке высокопрочного проката для грузовых вагонов нового поколения.

Выводы

1. Исследована сталь со структурой игольчатого феррита обладающая высоким комплексом механических и эксплуатационных свойств.
2. По мнению ОАО «РЖД» наиболее важным путем повышения эффективности грузовых железнодорожных перевозок является снижение коэффициента тары вагона (отношение веса вагона к весу перевозимого груза). Таким образом, разработанный металлопрокат класса прочности 550-600 со структурой игольчатого феррита позволяет существенно снизить коэффициент тары для инновационных грузовых вагонов.

Библиографический список

1. Большаков В.И., Узлов О.В., Зотов Д.С. Возможность использования альтернативных систем ле-

гирования высокопрочного проката строительного и транспортного назначения. Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. научн. тр. вып. 47. - Днепропетровск: ПГАСА, 2008. - С. 151-160.

2. Большаков В.И., Узлов О.В., Зотов Д.С., Коваленко А.О. Исследование влияния частиц $Ti(C_x, N_{1-x})$ на свойства строительных сталей // *Металлург. и горноруд. пром-сть.* - 2011. - № 5 (270). - С. 40-42.

3. Kovtun N., Bolshakov V., Uzlov O., Puchikov A., Zotov D., Scheller P.R., Hagemann R. // *Proceedings «ISDM-2012», Germany, 2012, p. 29-34.*

4. Большаков В.И., Стародубов К.Ф., Тылкин М.А. Термическая обработка строительной стали повышенной прочности. - М.: Металлургия, 1977. - С. 93-98.

5. Матросов Ю.И., Литвиненко Д.А., Голованенко С.А. Сталь для магистральных трубопроводов. - М.: Металлургия, 1989. - 287 с.

Поступила 30.07.2013



Уважаемые читатели!

У Вас есть возможность оформить подписку изданий
ООО «Укрметаллургинформ «НТА» на 2014 г.:

Индекс: 74311

- журнал «Металлургическая и горнорудная промышленность» на русском языке;

Индекс: 49501

- журнал «Металлургическая и горнорудная промышленность» на русском языке, CD-ROM;

через каталог «Изданий Украины», каталог России «Газеты. Журналы»

и через редакцию журнала.

Редакция:

ул. Дзержинского, 23, г. Днепропетровск, Украина, 49027,
к/т 056-744-81-66; т/ф 0562-46-12-95.