

дорога» (ВАД). При рішенні цієї задачі проблема людського фактору має найбільш важливе значення. Водій є найголовнішим, але й найменш надійним ланцюгом цієї системи. Внаслідок помилок водія трапляється більшість дорожньо-транспортних пригод, які призводять до травм, людських жертв і матеріальних втрат.

1.Гаврилов Э.В., Гридчин А.М., Ряпухин В.Н. Системное проектирование автомобильных дорог. – Москва - Белгород, 1998. – 138 с.

2.Гаврилов Э.В., Дацко Н.В. Долгосрочный прогноз скоростей движения // Вестник ХГАДТУ: Сб. науч. трудов. Вып.9. – Харьков: ХГАДТУ, 1999. – С.30-33.

3.Гаврилов Э.В., Ярещенко Н.В., Мусиенко И.В. Долгосрочное прогнозирование на автомобильном транспорте // Вестник ХГАДТУ: Сб. науч. трудов. Вып.12-13. – Харьков: ХГАДТУ, 2000. – С.23-30.

4.Ротенберг Р.В. Основы надежности системы «водитель - автомобиль - дорога - среда». – М.: Машиностроение, 1986. – 216 с.

5.Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1971. – 283 с.

6.Завадский Ю.В. Планирование эксперимента в задачах автомобильного транспорта. – М.: МАДИ, 1978. – 154 с.

*Отримано 03.11.2009*

УДК 621.785

**Ю.В.РЫЖКОВ**

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет*

## **ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ И ПЛАСТИЧНОСТИ СТАЛИ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ГИДРОМАШИН**

Предложен метод повышения прочности и пластичности стали путем модификации церием. Это позволяет сохранить высокий комплекс свойств при длительном воздействии высокой температуры.

Запропоновано метод підвищення міцності і пластичності сталі шляхом модифікування церієм. Це дозволяє зберегти високий комплекс властивостей при тривалій дії високої температури.

It is proposed the method of the rise of the steel's strength and the plasticity by modification of cerium. It allows preserving the high set of properties at prolonged influence of temperature. It phenomenon can explain by structural factor.

*Ключевые слова:* теплоустойчивая сталь, нормализация, отливка с церием, ударная вязкость, мелкодисперсные карбиды.

Ведущую роль в ускорении научно-технического прогресса Украины играет машиностроение. Темпы его развития в значительной степени зависят от достижений науки и техники в области разработки высокоэффективных технологических процессов повышения надежности работы различных типов деталей машин городского транспорта.

Важным звеном работы в этой области является дальнейшее со-

вершенствование технологии изготовления объемных гидроприводов, занимающих значительное место в машинах различного назначения.

Выбор материалов пар трения представляет собой трудную задачу, несмотря на то, что практика машиностроения располагает большим опытом в этом направлении. Выбор зависит от конструкции и назначения узла, технологии производства, условий эксплуатации, от требований к общей прочности деталей, срока их службы и надежности при учете стоимости материалов и его дефицитности, затрат на изготовление деталей из выбранного материала и эксплуатационных расходов.

На основании опыта отечественных и зарубежных специалистов было обосновано использование для этих целей хромомолибденовой стали. Однако в ряде случаев полученные свойства оказываются ниже требований ТУ. С целью повышения комплекса свойств и сохранения их длительное время в условиях эксплуатации при повышенных температурах и напряжениях в литературе имеется ряд мероприятий, в том числе и модифицирование.

Исходя из анализа публикаций [1-4] целью настоящей работы было установление влияния модифицирования церием на механические свойства хромомолибденованадиевой стали и объяснение физической природы этого явления.

В настоящей работе материалом исследования были две натурные отливки теплоустойчивой стали 15ХЗМ1ФЛ. Первая была без присадки церия, вторая с его присадкой в количестве 0,0047%. Термическая обработка состояла из двух нормализаций: температура первой нормализации – 1050 °С, температура второй нормализации – 950 °С. Скорость охлаждения после нормализации – 400 °С/ч. Температура отпуска составляет 680-720 °С.

Для выявления влияния модифицирования на свойства и структуру отливок были использованы такие методики, как проведение механических испытаний, оптическая и электронная микроскопия.

Из анализа механических свойств следует, что прочностные и пластические свойства отливки с церием для всего диапазона температур отпуска выше, чем отливки без церия. Повышение температуры отпуска с 650 до 700 °С вызывает некоторое снижение  $\sigma_b$  и  $\sigma_{0,2}$  для отливки с церием (на 10%). Дальнейшее повышение температуры отпуска до 720 °С не сказывается на прочностных свойствах отливки с церием.

Что касается отливки без церия, то возрастание температуры отпуска до 720 °С вызывает снижение предела текучести ниже норм, предусмотренных ТУ.

Увеличение температуры отпуска с 650 до 700 °С приводит в отливке с церием к некоторому повышению, а в отливке без церия к некоторому снижению пластических свойств. Дальнейшее повышение температуры отпуска выравнивает значения  $\delta$  и  $\psi$  в обеих плавках. Что касается ударной вязкости, то значения её возрастают с повышением температуры отпуска. При этом в отливке с церием эти значения выше, чем без церия.

Для теплоустойчивой стали 15ХЗМ1ФЛ, работающей при высоких температурах, большую важность приобретает сохранение комплекса механических свойств при длительном воздействии температуры. С этой целью исследовали свойства двух отливок стали, выдержанных при температурах 300, 450 и 565 °С в течение 10000 ч, испытания проводили при температуре 565 °С.

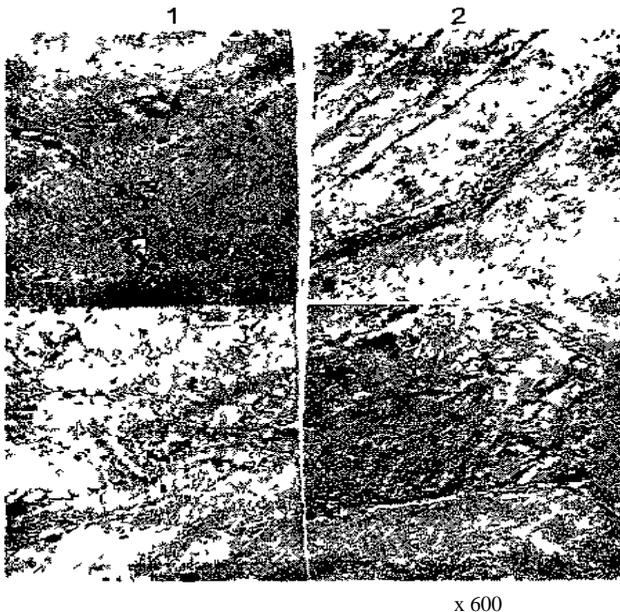
Максимум кривой для металла с церием приходится на 30 мк. Такие зерна составляют 44% всего объема. Максимум зерна для металла без церия – 70 мкм. Зерна этого размера занимают 31%. Минимальный размер зерна – 40 мкм. На такие зерна приходится 15% объема. Для стали с церием это максимальный размер зерна.

Измельчение зерна в металле с церием может быть вызвано двумя причинами. Первая заключается в том, что церий, являясь поверхностно-активным элементом и концентрируясь на границе раздела фаз, снижает межфазное натяжение. Вследствие этого работа образования критического размера зародыша уменьшается, число центров кристаллизации растет. Вторая причина заключается в снижении критической точки  $A_{c1}$ . Проведенное нами определение критических точек методом пробных закалок показало, что в отливке с церием температура  $A_{c1}$  на 10 °С ниже, чем в отливке без церия. Снижение критической температуры  $A_{c1}$  приводит к тому, что при идентичных режимах термической обработки зерно в отливке с церием должно быть мельче, чем без церия.

Следует отметить также отдельные детали в структуре металла, выявленные при электронно-микроскопическом исследовании (рисунк). В отливке с церием карбиды более дисперсные и распределены более равномерно, а также имеют предпочтительно сферическую форму.

Такое расположение карбидов является причиной более высоких значений микротвердости ферритной и бейнитной составляющей в стали с церием. Так, в отливке без церия микротвердость ферритных участков составляет  $H_{\mu 100} = 151-153$ , бейнитных  $H_{\mu 100} = 193-195$ , а в отливке с церием после идентичной термической обработки микротвердость ферритных и бейнитных участков соответственно составляет

$H_{\mu 100} = 175-177$  и  $H_{\mu 100} = 216-218$ . Предел прочности с повышением температуры выдержки снижается в обеих плавках, но при этом в отливке с церием он сохраняется на более высоком уровне.



Электронно-микроскопическая фотография структуры стали:  
1 – отливка без церия; 2 – отливка с церием.

Что касается относительного сужения, то с повышением температуры испытания  $\psi$  возрастает и в отливке с церием для температур выдержки 450 и 565 °С эти значения выше, чем в отливке без церия. Показатели же ударной вязкости для всего исследуемого диапазона температур в отливке с церием находятся на более высоком уровне, чем в отливке без церия.

Для объяснения влияния церия на свойства стали было изучено структурное состояние отливок. Основными структурами отливок являются феррит и бейнит.

Подробный металлографический анализ отметил интересную особенность металла с церием: зерно как ферритной, так и бейнитной составляющей в отливке с церием мельче, чем в отливке без церия.

Таким образом, повышение прочностных и пластических свойств в отливке с церием можно объяснить измельчением зерна, равномерным распределением мелкодисперсных карбидов и, по всей вероятно-

сти, благоприятным перераспределением легирующих элементов.

Модифицирование стали 15ХЗМ1ФЛ церием повышает комплекс механических свойств как в исходном состоянии, так и после продолжительных выдержек при температурах 300, 450 и 565 °С.

Присадка церия способствует измельчению зерна и формированию дисперсной карбидной фазы.

1.Крещановский Н.С., Сидоренко М.Ф. Модифицирование стали. – М.: Металлургия, 2000. – 210 с.

2.Переверзев Е.С. Спектральный анализ случайных процессов в задачах точности и надежности // Техническая механика. – 2007. – № 2. – С.80-91.

3.Бурлаченко О.В. Концептуальная модель управления эксплуатационными свойствами машин и технологического оборудования // Изв. вузов. Машиностроение. – 2003. – №7. – С.30-32.

4.Любченко А.П. и др. Учет условий эксплуатации машин при решении задачи унификации технологических комплексов // Проблемы техники. – 2003. – №1. – С.77-81.

*Получено 11.11.2009*

УДК 539.3 : 624.21

В.С.ШМУКЛЕР, д-р техн. наук, А.А.ЧУПРЫНИН, канд. техн. наук,  
Р.АББАСИ

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **МЕТОД НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПЛИТ И ОБОЛОЧЕК**

Рассматриваются методология проведения и устройство нагружения, реализующие экспериментальные испытания оболочечных конструкций при действии кратковременных и длительных нагрузок. Особо отмечено, что разработанные алгоритмы последовательности экспериментов могут применяться непосредственно на строительной площадке без остановки основного производства. Учитывая следящий характер нагружения, предлагаются способы вычисления приведенных и корректирующих возмущений. Предложенный метод испытаний защищен патентом Украины [1].

Розглядаються методологія проведення й устрій навантаження, що реалізують експериментальні випробування оболочкових конструкцій при дії короткочасних і тривалих навантажень. Особливо відзначено, що розроблені алгоритми послідовності експериментів можуть бути застосовано безпосередньо на будівельному майданчику без зупинки основного виробництва. З огляду на особливості навантаження, пропонуються способи обчислення наведених і коригувальних збуджень. Запропонований метод випробувань захищений патентом України [1].

We consider the methodology of the device and loading, a pilot test of shell structures under the action of short-and long-term loads. Emphasized that the algorithms developed sequence of experiments can be applied directly to the construction site without stopping the main production. Given the nature of the load tracking, proposed methods for calculating and correcting the above perturbations. The proposed test method has been patented in Ukraine [1].

*Ключевые слова:* железобетонная плита, системы измерения и нагружения, натурные испытания, экспериментальные исследования.