

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения  
Российской академии наук

## **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**Перспективные материалы  
с иерархической структурой  
для новых технологий  
и надежных конструкций**

**21 - 25 сентября 2015 г.**

**Томск, Россия**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

защитной эмали) происходит изменение характера распределения – кривые пиковых значений не имеют (подтверждает перераспределение внутренней энергии в зоне соединения и снятие остаточных напряжений). Автовакуумный нагрев позволят сохранить значение микротвердости в диапазоне от 320-330 HV (микротвердость основного металла в исходном состоянии – 255 HV);

4) Результаты радиографической и капиллярной дефектоскопии не выявили наличия внутренних дефектов в диффузионных соединениях, что говорит об их высокой плотности и герметичности.

### **ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФЕРРИТНО-МАРТЕНСИТНОЙ СТАЛИ ЭК-181**

Полехина Н.А.<sup>1,2</sup>, Литовченко И.Ю.<sup>1,2</sup>, Тюменцев А.Н.<sup>1,2</sup>,

Астафурова Е.Г.<sup>1</sup>, Чернов В.М.<sup>3</sup>, Леонтьева-Смирнова М.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия,

<sup>3</sup>ОАО «ВНИИНМ им. академика А.А. Бочвара», Москва, Россия

*Nadejda89tsk@yandex.ru*

Потенциальные резервы жаропрочности российской малоактивируемой ферритно-мартенситной стали ЭК-181 (16X12B2ФТaP) связаны с возможностью управления ее структурно-фазовым состоянием с помощью подбора оптимальных термо-(механических) обработок.

В настоящей работе проведено исследование влияния высокотемпературной термомеханической обработки (ВТМО) на особенности микроструктуры и механические свойства рассматриваемой стали. ВТМО включала пластическую деформацию прокаткой ( $\epsilon = 25\%$ ) в аустенитной области ( $T = 1000\text{ }^\circ\text{C}$ ) с последующей закалкой в воду. После ВТМО проводили отпуск при  $T = 720\text{ }^\circ\text{C}$ , 3ч., а также ступенчатый отпуск при  $T = 620\text{ }^\circ\text{C}$ , 1ч. +  $T = 720\text{ }^\circ\text{C}$ , 1ч. Традиционная термическая обработка (ТТО) этой стали включает в себя закалку от  $1100\text{ }^\circ\text{C}$  + отпуск при  $T = 720\text{ }^\circ\text{C}$ , 3ч.

Наиболее важным результатом применения ВТМО является формирование повышенной (в несколько раз), по сравнению с состоянием после закалки от  $T = 1100\text{ }^\circ\text{C}$ , плотности дислокаций и интенсивное выделение на них наноразмерных термически стабильных частиц V(CN).

Характерным отличием дефектной микроструктуры стали после ВТМО и отпуска (при  $T = 720\text{ }^\circ\text{C}$ , 1ч. и при  $T = 620\text{ }^\circ\text{C}$ , 1ч. +  $T = 720\text{ }^\circ\text{C}$ , 1ч.) от ТТО является снижение плотности грубодисперсных карбидов  $M_{23}C_6$ , а также их преимущественное выделение в теле зерна, а не по

## 1. Научные основы разработки материалов с многоуровневой иерархической структурой

---

границам зерен. При этом плотность наноразмерных выделений  $V(\text{CN})$  сравнима с таковой после ТТО.

Непосредственно после ВТМО (без отпуска) получены наибольшие значения предела текучести стали ЭК-181 как при комнатной температуре ( $\approx 1450$  МПа), так и при  $T = 650$  °С ( $\approx 430$  МПа). Однако, эти значения снижаются в результате отпусков по предложенным режимам и становятся сравнимы, или несколько ниже, чем в случае ТТО ( $\sigma_{0,1} = 827$  МПа,  $\delta = 8$  % при  $T = 20$  °С;  $\sigma_{0,1} = 390$  МПа,  $\delta = 8$  % при  $T = 650$  °С). Несмотря на значительное увеличение плотности наноразмерных частиц  $V(\text{CN})$  в состоянии после ВТМО, дальнейшего увеличения плотности этих частиц в процессе отпуска не происходит. Более того, поскольку после ВТМО материал находится в более напряженном состоянии, чем после традиционной закалки, процессы отпуска могут протекать с большими скоростями и за аналогичное время приводить к более интенсивным изменениям структуры.

Таким образом, помимо факторов, определяющих дисперсионное упрочнение (размеры, плотность, объемная доля частиц), необходимо рассматривать также факторы субструктурного упрочнения от большеугловых и малоугловых границ и дислокационной субструктуры. Существенное влияние на прочностные характеристики материала (помимо плотности наноразмерных частиц) оказывает относительная доля отпущенного мартенсита в ферритно-мартенситной структуре. Отношение структурных составляющих отпущенный мартенсит/феррит, имеющих различные прочностные свойства, определяется режимами ВТМО и отпуска стали.

Настоящая работа выполнена при поддержке Программы повышения международной конкурентоспособности ТГУ на 2013-2020 гг.

### **СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ КАРБИД ТИТАНА – БОРИД ТИТАНА – ТИТАНОВАЯ МАТРИЦА**

Ленивцева О.Г., Самойленко В.В., Поляков И.А., Чучкова Л.В.

*Новосибирский государственный технический университет, Россия*

*lenivtseva\_olga@mail.ru*

Титановые сплавы находят широкое применение в различных отраслях промышленности благодаря высокой удельной прочности и коррозионной стойкости. Однако сплавы на основе титана значительно уступают железуглеродистым сплавам по показателям твердости и износостойкости. Эффективным способом улучшения триботехнических свойств титана является формирование поверхностно-легированных слоев, содержащих частицы упрочняющей фазы, распределенные в вязкой титановой матрице. В качестве технологии формирования таких слоев в данной работе использовалась электронно-лучевая наплавка порошковых смесей ( $\text{Ti} + \text{B}_4\text{C}$ ) на заготовки из титанового сплава ВТ1-0. Обработка