Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

В. М. Миронов, Механические свойства сплавов на основе железа после облучения в гелий-водородной плазме, *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки*, 2003, выпуск 19, 118–121

DOI: <https://doi.org/10.14498/vsgtu150>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 54.205.225.156

26 апреля 2023 г., 17:41:40

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ В ГЕЛИЙ-ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМЕ

Рассматриваются результаты экспериментальных исследований влияния тлеющего разряда в смеси гелия и водорода на комплекс механических свойств малоуглеродистых и легированных высокохромистых сталей. Показано, что облучение гелиевоводородной плазмой тлеющего разряда оказывает существенное воздействие на физико-механические свойства исследованных сталей. Наибольшую устойчивость при этом проявляют сталь 08кп и экспериментальный сплав 15%Cr-3%Al.

Основные повреждения металлов, подвергнутых воздействию плазмы тлеющего разряда, сосредоточены в тонком поверхностном слое [1-3], однако оказывают заметное влияние на объемные, в том числе и физико-механические свойства материала.

В настоящей работе исследовано влияние тлеющего разряда в смеси гелия и водорода на комплекс механических свойств малоуглеродистых и легированных высокохромистых сталей. Обработку сплавов в тлеющем разряде производили по методике, описанной в [4]. Оказалось, что изменения их свойств происходят различным образом и имеют ряд интересных особенностей. В первую очередь это относится к отсутствию зуба текучести на кривых растяжения образцов сплава Fe – 0,06 % С вплоть до температуры испытаний 123 К. По-разному ведут себя и температурные зависимости характеристик пластичности и прочности, полученные в интервале от комнатной температуры до температуры жидкого азота, что иллюстрируется рис. 1 и таблицей. Так, для сплава Fe – 0,06 % С при комнатной температуре обнаруживается резкое (на ~ 50 %) по сравнению с 77 К уменьшение предела текучести $S_{0,2}$ и увеличение относительного сужения шейки (~ 10 %) как для дозы облучения 1.10^{23} ион/м², так и для дозы 1.10^{24} ион/м². Предел прочности снижается на 20 – 30 %. При понижении температуры испытаний все характеристики постепенно

Р и с. 1. Температурные зависимости характеристик прочности и пластичности облученных сплавов при различных дозах: Fe – 0,06 % С при 0 (1), 1.10^{23} (2), 1.10^{24} (3) (а) и Fe – 0,21 % С при 0 (1), 5.10^{23} (2), 1.10^{24} ион/м² (3) (б)

шейки $\psi = 5 - 7 \%$ и квазихрупкий характер фрактограмм разрушения (рис. 2). В то же время для сплава Fe – 0,21 % С облучение до дозы 1.10^{23} ион/м² не вызывает никаких изменений. За-

Р и с. 2. Поверхность разрушения при растяжении ($T = 77$ К) исходного (а) и облученного до дозы $\Phi = 1.10^{24}$ ион/м² (б) сплава Fe – 0,06 % С, х 450

тем с увеличением дозы условный предел текучести $S_{0,2}$ растет на 50 – 55 %, а предел прочности S_B - на 20 % при дозе $\Phi = 5.10^{23}$ ион/м² и на 33 % - при $\Phi = 1.10^{24}$ ион/м². При снижении температуры испытаний до 190 К предел текучести облученного до дозы 5.10^{23} ион/м² сплава становится ниже, а отно-

сительного сужения шейки приближаются к значениям, соответствующим исходному состоянию сплава (см. рис. 1), т.е. имеют более резкую температурную зависимость. Тем не менее наблюдается некоторая тенденция к смещению (до 10 К) температуры хрупковязкого перехода в сторону низких температур. При $T = 77$ К эффект пластификации не пропадает полностью, о чем свидетельствует величина относительного сужения

сительное сужение шейки $У$ выше, чем их значение для исходного состояния. Аналогичное явление имеет место при $T = 100$ К для дозы $1 \cdot 10^{24}$ ион/м². При этой же температуре предел прочности облученного до большей дозы сплава становится меньше исходного значения предела прочности.

Изменение свойств облученных сплавов железа с ростом флюэнса

Состав сплава	Φ , ион/мм ²	$\Delta У$, %	$\Delta S_{0,2}$, %	ΔS_B , %	ΔH_m , %	$\Delta V/V$, %
0,06 % С	$1 \cdot 10^{23}$	+ 8,0	- 50	- 20	+ 22	0,36
	$1 \cdot 10^{24}$	+ 10,0	- 56	- 30	+ 29	0,49
0,21 % С	$1 \cdot 10^{23}$	н.и.	н.и.	н.и.	-	0,32
	$5 \cdot 10^{23}$	- 9,0	+ 50	+ 20	-	0,37
	$1 \cdot 10^{24}$	- 12,0	+ 55	+ 33	-	0,43
15 % Cr - 3% Al	$1 \cdot 10^{23}$		н.и.	+ 17	+ 21	0,10
	$1 \cdot 10^{24}$		+ 10	+ 58	+ 85	0,18
27 % Cr- 3 % Al- 1 % Ti	$1 \cdot 10^{23}$		н.и.	+ 20	+ 14	0,12
	$1 \cdot 10^{24}$		+ 12	+ 57	+ 67	0,17
45 % Cr - 3 % Al	$1 \cdot 10^{23}$		+ 10	+ 26	+ 11	0,13
	$1 \cdot 10^{24}$		+ 31	+ 54	+ 30	0,16

* н.и. – нет изменений

Рассмотрим поведение механических свойств высокохромистых сплавов железа (Fe-Cr-Al) в широких интервалах доз облучения низкоэнергетической гелий-водородной плазмой от $5 \cdot 10^{21}$ до $1 \cdot 10^{24}$ ион/м² и температур послерадиационного отжига от 573 до 973 К. Дозовая зависимость температуры хладноломкости исследованных сплавов приведена на рис. 3. Она заметно повышается на 75° для сплава Fe – 15 % Cr – 3 % Al и на 95° – для сплава Fe – 27 % Cr – 3 % Al – 1 % Ti при дозе $\Phi = 5 \cdot 10^{23}$ ион/м² и достигает величины 265 и 305 К соответственно при максимальной дозе облучения. Для сплава Fe – 45 % Cr – 3 % Al температура хладноломкости резко повышается на 110° уже при минимальной дозе $\Phi = 5 \cdot 10^{21}$ ион/м², а при достижении наибольшей дозы $\Phi = 1 \cdot 10^{24}$ ион/м² значительно превышает комнатную температуру ($T_x = 405$ К).

Р и с. 3. Зависимость температуры хладноломкости сплавов системы Fe-Cr-Al от дозы облучения: Fe-15%Cr-3%Al (1), Fe-27%Cr-3%Al-1%Ti (2), Fe-45%Cr-3%Al (3)

Предел текучести $S_{0,2}$ остается практически неизменным и только при максимальной дозе облучения $\Phi = 1 \cdot 10^{24}$ ион/м² немного возрастает (на 10 – 12 %). В то же время у сплава с большим содержанием хрома Fe – 45 % Cr – 3 % Al помимо столь же незначительного повышения предела текучести при дозе $5 \cdot 10^{23}$ ион/м² при наибольшем значении Φ наблюдается заметное увеличение $S_{0,2}$ на 30 % (рис. 4). Ощутимый рост предела прочности S_B , твердости H_V и микротвердости H_m для всех сплавов начинается преимущественно при достижении величины дозы $1 \cdot 10^{23}$ ион/м² (рис. 4 и 5).

Таким образом, облучение гелиево-водородной плазмой тлеющего разряда оказывает существенное влияние на комплекс механических свойств исследованных сталей. Наибольшую устойчивость к такому воздействию проявили сталь 08кп и экспериментальный сплав 15%Cr-3%Al.

Р и с. 4. Зависимость предела текучести $S_{0,2}$ (а) и предела прочности S_B (б) сплавов системы

Fe-Cr-Al от дозы облучения:

1 - Fe - 15 % Cr - 3 % Al, 2 - Fe - 27 % Cr - 3 % Al - 1 % Ti, 3 - Fe - 45 % Cr - 3 % Al

Fe - 15 % Cr - 3 % Al

Р и с. 5. Зависимость микротвердости H_m (а) и твердости H_v (б) от дозы:

а - Fe-27%Cr-3%Al-1%Ti; б - Fe-45%Cr-3%Al

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ларионов Л.Н., Рясный А.В. Воздействие одновременной имитации гелия и водорода на структуру и свойства алюминия // Письма в ЖТФ. 26 мая 1986. 12. Вып. 10. С.591 – 593.
2. Гуревич М.Е., Ларионов Л.Н., Рясный А.В. Структурные изменения поверхности алюминия, облученного низко-энергетическими ионами гелия и водорода // ВАНТ. Сер. ФРП и РМ. 1988. 3(45). С. 30 – 33.
3. Герцикен Д.С., Тишкевич В.М. Міграція атомів криптону в металах з різним типом кристалічної ґратки // Докл. НАНУ. 1995. № 8. С. 78 - 80.
4. Гуревич М.Е., Журавлев А.Ф., Ларионов Л.Н., Рясный А.В. Кинетический и диффузионный этапы проникновения гелия в металлы из низкотемпературной He – H газоразрядной плазмы // ВАНТ. Сер. ФРП и РМ. 1988. Вып. 4 (46). С. 53–56.

Поступила 6.05.2003 г.