

УДК 169.14

ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ЛЕГИРОВАННЫХ ВАНАДИЕМ И АЗОТОМ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ ТЕПЛОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Д.т.н., академик НАН Беларуси Витязь П.А., д.т.н. Жорник В.И.,

д.ф.-м.н. Кукареко В.А., Ковалева С.А., д.т.н. Шипицын С.Я.

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины

Современные тенденции развития железнодорожного транспорта в значительной степени связаны с увеличением скорости движения и повышением грузоподъемности подвижного состава, что требует создания новых материалов для производства рельсов и железнодорожных колес. В настоящее время для массового производства рельсов и колес применяются нелегированные и низколегированные высоко- и среднеуглеродистые перлитные стали, повышение прочностных свойств которых обычно достигается либо изменением химического состава стали путем её легирования, либо термической обработкой. В сталях этих классов повышение статической прочности за счет увеличения содержания углерода сопровождается снижением циклической прочности, статической и циклической вязкости разрушения, пластичности, контактной выносливости [1-3]. Кроме того эти стали имеют недостаточные усталостную и термическую прочность, теплостойкость, холодостойкость, склонны к образованию аустенитных слоев с последующим $\gamma \rightarrow M$ превращением при локальном нагреве поверхностных зон до температур выше A_{c1} и A_{c3} при скольжении и буксовании колеса.

Деградация структуры при циклическом тепловом и силовом воздействии, главным образом, заключается в коагуляции цементитной фазы, развитии вторичной микрохимической и структурной неоднородности. Вследствие этого уменьшается прочность металла, возрастает эффективность локального накопления напряжений, необходимых для зарождения и развития усталостных и термических трещин, что приводит к снижению теплостойкости, усталостной и термической выносливости, износостойкости металла.

Торможение этих процессов возможно за счет создания дополнительных дисперсионных упрочняющих фаз, более термодинамически стабильных, чем цементитные включения, а также путем снижения диффузионной подвижности углерода и изменения направления его диффузии при циклическом тепловом и силовом воздействии. В ранее проведенных исследованиях показано, что со значительной эффективностью имеет перспективу метод микролегирования металла азотом и ванадием [2].

В данной работе приведены результаты исследований по влиянию термоциклирования на механические свойства легированных азотом и ванадием высокоуглеродистых сталей с различным видом структуры (перлитной, бейнитной, мартенситной).

Химический состав исследованных доэвтектоидной (70Г2САФ) и эвтектоидной (80Г2СФ) сталей приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав плавок сталей и их маркировка

Маркировка плавки	Марка стали	Массовая доля элемента, %							
		C	Si	Mn	V	N	Cr	S	P
Б1	80Г2СФ	0,85	0,71	1,99	0,13	0,0037	0,40	0,024	0,055
Б2	70Г2САФ	0,71	0,43	1,64	0,17	0,010	0,69	0,017	0,049

Термоциклирование образцов с различным исходным структурным состоянием проводилось нагреванием до температуры 500 °С с выдержкой в течение 15 мин и последующим охлаждением в воде. Количество циклических теплосмен – 100. Испытания на растяжение (ГОСТ 1497-84) проводились на универсальной испытательной машине INSTRON Satec 300LX. Скорость нагружения составляла 2 и 5 мм/мин. Испытания образцов на усталость проводились по методу симметричного консольного изгиба плоского образца при заданной амплитуде колебаний с частотой 24,7 Гц.

На рисунке 1 приведены диаграммы растяжения высокоуглеродистых сталей с различной структурой в исходном состоянии до термоциклирования и после.

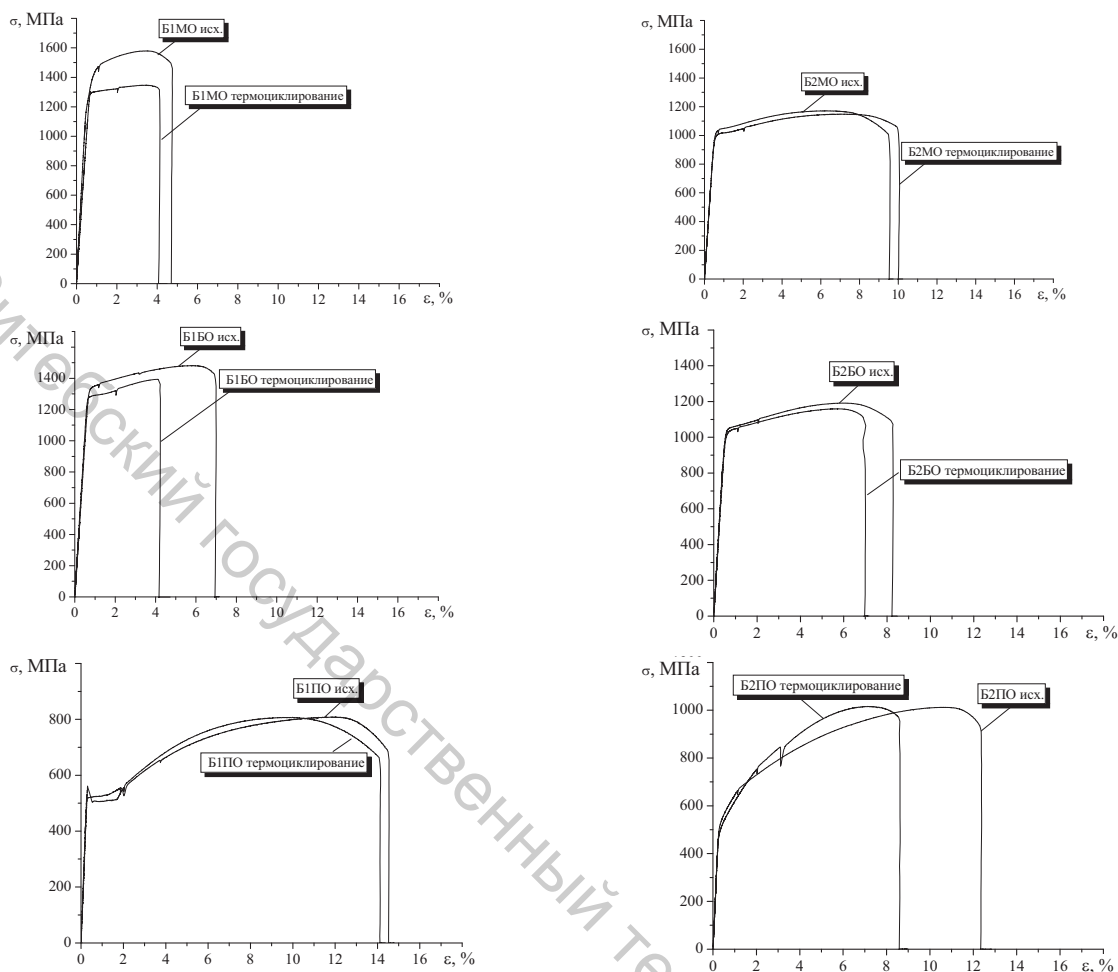


Рисунок 1 – Диаграммы растяжения высокоуглеродистых сталей с различной структурой в исходном состоянии до и после термоциклирования при 770 К (100 циклов).

В таблице 2 приведены данные, характеризующие механические свойства при растяжении высокоуглеродистых сталей с различной структурой в исходном состоянии до и после термоциклирования.

Таблица 2 – Показатели механических свойств при испытании на растяжение высокоуглеродистых сталей с различной структурой

Маркировка образца	Модуль упругости E, МПа		Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа		Предел прочности, σ_B , МПа		Удлинение при разрыве δ , %	
	до	после	до	после	до	после	до	после
Б1МО (мартенсит)	-	199 937	1 361	1 300	1 580	1 347	4,73	4,13
Б2МО (мартенсит)	198 965	202 770	1 015	1 008	1 171	1 149	9,58	10,06
Б1БО (бейнит)	197 833	208 269	1 344	1 285	1 481	1 394	6,98	4,22
Б2БО (бейнит)	194 701	204 359	1 034	1 051	1 160	1 192	7,01	8,29
Б1ПО (перлит)	196 419	192 348	521	516	809	808	14,54	14,12
Б2ПО (перлит)	193 169	199 437	561	529	1 013	1 016	12,38	8,63

В исходном состоянии сталь 80Г2СФ (Б1) после обработки на мартенсит (Б1МО) и бейнит (Б1БО) характеризуется более высокими (~1,3 раза) прочностными характеристиками и низкой (~2 раза) пластичностью по сравнению со сталью 70Г2САФ (Б2МО и Б2БО). Указанное различие, по-видимому, обусловлено более высоким содержанием углерода в стали 80Г2СФ. В то же время сталь 80Г2СФ после обработки на перлит (Б1ПО) имеет более низкий предел текучести (~1,1 раза) и предел прочности (~1,25 раза) по сравнению со сталью 70Г2САФ (Б2ПО). Повышенные прочностные свойства стали 70Г2САФ в перлитном состоянии могут быть обусловлены присутствием в ней высокопрочных нитридов ванадия и хрома, формирующихся при более высоком содержании в ней азота, ванадия и хрома по сравнению со сталью 80Г2СФ.

Термоциклирование сталей 80Г2СФ и 70Г2САФ приводит к снижению их прочностных свойств и характеристик пластичности. При этом наиболее заметное разупрочнение стали 80Г2СФ регистрируется для исходного мартенситного (Б1МО) и бейнитного (Б1БО) состояний. Прочностные свойства сталей с исходным перлитным состоянием при термоциклировании практически не изменяются.

Наиболее высокая циклическая долговечность регистрируется после обработки сталей на мартенситную структуру (Б1МО, Б2МО) и составляет $(7,0-8,7) \cdot 10^5$ циклов при напряжениях 440–450 МПа. Стали с

бейнитной структурой (Б1Б0, Б2Б0) имеют долговечность $(3,0-4,5) \cdot 10^5$ циклов при напряжениях 405–455 МПа. Наиболее низкую долговечность $(0,9-1,1) \cdot 10^5$ циклов при напряжениях 445–450 МПа исследуемые стали имеют после обработки на перлитную структуру (Б1П0, Б2П0). Термоциклирование приводит к снижению циклической долговечности сталей с исходной мартенситной (Б1М0, Б2М0) и бейнитной (Б1Б0, Б2Б0) структурами (до $(2,3-2,5) \cdot 10^5$ циклов и $(0,8-1,7) \cdot 10^5$ циклов соответственно), однако способствует заметному возрастанию циклической долговечности (до $(1,8-2,9) \cdot 10^5$ циклов) сталей с исходной перлитной структурой (Б1П0, Б2П0). Подобная закономерность может быть связана со сфероидизацией перлитной структуры, а также дополнительным выделением карбидных и нитридных частиц в процессе термоциклической обработки.

Работа выполнена в рамках договора БРФФИ № Т 13К-049.

Список использованных источников

1. Шипицын, С. Я. Перспективы повышения надежности и долговечности железнодорожных колес / С. Я. Шипицын, Ю. З. Бабаскин, И. Ф. Кирчу, Н. Я. Золотарь, Л. Г. Смолякова // *Металл и Литье Украины*. – 2008. - №6. – С.8-11.
2. Шипицын, С.Я. Микролегированная сталь для железнодорожных колес / С.Я. Шипицын, Ю.З. Бабаскин, И.Ф. Кирчу, Н. Я. Золотарь, Л. Г. Смолякова // *Сталь*. - 2008. – №9.– С.76-79.
3. Шипицын, С.Я. Высокоуглеродистые стали с дисперсионным нитридным упрочнением для транспортного и других видов машиностроения/ С.Я. Шипицын, Ю.З. Бабаскин, Т.В. Степанова, В.П. Короленко, Н.Я. Золотарь, Д.Н. Короленко, О.П. Осташ, В.И. Жорник // *Металл и литье Украины*. – 2014. – №9 (256),

УДК 687.1.004.12:677.017.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ЖЕНСКИХ КУРТОК ОТ СОСТАВА ПАКЕТА

*Студ. Шпагина О.С., д.т.н., проф. Ковчур С.Г.,
ст. преп. Лобацкая О.В., доц. Гарская Н.П.*

Витебский государственный технологический университет

Воздухопроницаемость – это способность текстильных полотен пропускать воздух. Она характеризуется коэффициентом воздухопроницаемости B_p , $\text{дм}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$, который показывает, какое количество воздуха проходит через единицу площади в единицу времени при определенной разнице давлений по обе стороны полотна:

$$B_p = \frac{V}{S \cdot t \cdot p}$$

где V – объем воздуха, прошедшего через полотно, дм^3 ; S – площадь полотна, м^2 ; t – длительность прохождения воздуха, с ; p – показатель перепада давления.

Воздухопроницаемость современных текстильных материалов колеблется в широких пределах: 3,5–1500 $\text{дм}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Воздухопроницаемость обеспечивает естественную вентиляцию пододежного слоя, что особенно важно для летней и спортивной одежды.

Наиболее высокой воздухопроницаемостью обладают летние хлопчатобумажные и шелковые ткани – 500–1500 $\text{дм}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$; пальтовые – 10–20, а ветрозащитные со специальной обработкой – 6–10 $\text{дм}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$, однако это выше воздухопроницаемости натурального меха – 1 $\text{дм}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

Показатель воздухопроницаемости мы определяли на приборе ВПТМ-2. В таблице 1 представлены пакеты материалов, сформированных нами для проведения данного исследования.

Таблица 1 – Пакеты материалов для исследования

№ пакета	Название ткани верха	Подкладка	Толщина,			Воздухопроницаемость $\text{дм}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$ при:		
			X70	B	C150	X70	B150	C150
1	Ткань Грета, камуф	В365 212 ПГ	1,576	3,264	3,706	87	60,5	143,5
2	Пальтовая ткань 04C5		1,32	2,99	2,7875	83,5	57,5	130,5
3	Ткань Грета, черная		1,708	3,392	3,002	83	71,5	181
4	Спецткань Сису		1,4	3,076	2,758	89	64	136
5	Драп		3,908	5,3675	5,212	84	87	175
6	Диагональ		1,71	3,17	3,13	157	130	175
7	ККВ-112MZ		1,2675	2,805	2,48	13,7	8,7	119
8	XSF11340		1,6	3,05	2,84	86	73,5	137
9	ND30D WHITE		1,206	2,66	2,434	83,5	75,5	138,5
10	230T Red		1,3075	2,78	2,5175	13,5	8,9	119
11	GV0230PV		1,84	2,794	2,634	9,5	7,5	133,5
12	SHT-SE47SW		1,43	2,97	2,7075	43,8	31	131,5
13	SD62011RC		1,36	2,82	2,62	45	26,4	132,5
14	DEWSPO		1,29	2,79	2,645	28,6	17,4	132