

УДК 531:539.311:621.891

ОЦЕНКА АНТИФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ НИКОТРИРОВАННОЙ СТАЛИ 25Х3МЗНБЦА

Власов В.М., Нечаев Л.М., Фомичева Н.Б., Пантелеева Г.С.

Тульский государственный университет, Тула

Приведены результаты исследования влияния технологических факторов, таких как температура, время, продолжительность насыщения, а также состав смеси насыщения на антифрикционные свойства стали.

Кинетика процессов изнашивания, коэффициенты трения скольжения и коррозионная стойкость высокопрочных покрытий, полученных термодиффузионными технологиями, являются в значительной степени структурночувствительными и зависят от особенностей строения активного слоя. Безусловно, что на триботехнические свойства покрытий в первую очередь оказывает влияние их макроструктура, определяемая характеристиками структурной гетерогенности.

В данной работе представлены исследования структуры и свойств никотрированных покрытий на стали 25Х3МЗНБЦА в связи с ее применением в узлах трения машин.

Комплекс проведенных исследований показал, что никотрированные слои при соответствующем выборе рациональных режимов обладают высокой износостойкостью при трении скольжения и в том числе в различных коррозионных средах (отработанные газы топлива, порохов, расплавы пластмасс) и в условиях взаимодействия ударных нагрузок, обладает значительно малыми коэффициентами трения и боль-

шим сопротивлением термической усталости. Поэтому целью работы являлась рационализация режимов никотрирования стали 25Х3МЗНБЦА на основе исследования закономерностей структурообразования покрытий, а также оценка антифрикционных свойств структурно – оптимальной стали.

Для решения задачи по оптимизации никотрирования стал 25Х3МЗНБЦА был применен метод математического планирования эксперимента. Для достижения требуемых эксплуатационных свойств необходимым и условием является наличие плотного, беспористого «белого» слоя, поэтому параметром оптимизации была выбрана его толщина. В качестве независимых переменных определены технологические факторы: температура насыщения, продолжительность насыщения и состав смеси при никотрировании. Изменяя указанные параметры находили комбинации при которых «белый» слой наиболее толстый. Выбрали пять режимов насыщения, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1. Режимы насыщения стали 25Х3МЗНБЦА

Режим	1	2	3	4	5
Температура, °С	580	580	580	580	600
Время, час	8	8	8	4	6
Соотношение аммиака и эндогаза	30/70	50/50	70/30	50/50	50/50

Износостойкость деталей зависит от микротвердости, толщины и фазового состава никотрированных покрытий. Поэтому для выбранных пяти режимов были проведены исследования толщины слоя (методом металлографического анализа), микротвердости (дюрOMETрическим

анализом), и фазового состава (рентгеноструктурным анализом).

Исходя из максимального значения эффективной глубины диффузной зоны малой пористости и высокой микротвердости, определили режим 2 (580 С – 8 ч. – 50/50) и режим 3 (580 С – 8 ч. – 70/30) как наиболее рациональные.

Таблица 2. Геометрические характеристики и микротвердость никотрированных слоев

Режим насыщения	Толщина “белого” слоя”, мкм	Глубина дифф. зон, мкм		Микротвердость	
		общая	эффективная	на поверхности	в сердцевине
1	~ 5	275	110	739	277
2	до 10	300	200	891	332
3	до 12	275	170	795	303
4	~ 8	300	145	965	306
5	7 – 15	300	160	825	295

Исследования фазового состава никотрированного слоя показали, что основными фазами, образующимися в процессе совместного насыщения поверхности стали 25Х3М3НБЦА азотом и углеродом являются: карбонитридная $Fe_3(CN)$ и нитридные Fe_3N , Fe_2N , Fe_4N – соединения. Известно, что E фаза Fe_3N и Fe_2N хрупкая фаза и ее присутствие в никотрированном слое наименее желательно, т. к. слой будет пористый. И, наоборот Fe_4N – фаза более эластична и ее присутствие благоприятно сказывается на структуре слоя. Исходя из результатов фазового анализа в качестве рационального были выбрана следующие режимы: 580 С – 8 ч. – 50/50 и 580 С – 8 ч. – 70/30.

Для оценки триботехнических свойств никотрированных покрытий используют универсальную установку трения, работающую по схеме “кольцо – башмак”, при этом и кольцо и “башмак” имели никотрированное покрытие.

Контактная нагрузка σ_k изменялась в диапазоне от 1,0 до 5,0 МПа с интервалом варьи-

рования 0,5 МПа. Скорость скольжения $v_{тр}$ изменялась в диапазоне от 1,0 до 5,0 м/с.

Испытания проводили в условиях смазочного “голодания”, т. е. в режиме начального смазывания трущихся поверхностей. При соблюдении точности контроля контактных нагрузок $\sigma_k \pm 2\%$, точность определения коэффициента трения $f_{тр}$ равна 0,01. Максимальные значения коэффициента трения $f_{тр}$ зафиксировали на уровне 0,4.

Для каждого вида покрытия исследовали по пять образцов, причем каждый из образцов на определенную скорость скольжения (1,0 – 2,0 – 3,0 – 4,0 – 5,0 м/с). Давление для каждого из образцов изменилось до установившегося значения коэффициента трения соответственно 1,0 – 1,5 – 2,0 – 2,5 – 3,0 – 3,5 – 4,0 – 4,5 – 5,0 МПа.

В таблице 3 представлены результаты испытаний. Полученные по итогам исследования графические зависимости коэффициента трения от значений контактной нагрузки приведены на рисунке.

Таблица 3. Значения параметра $f_{тр}$ для никотрированных покрытий

Скорость трения, м/с	Контактная нагрузка σ_k , МПа (состав среды 50/50)								
	1,1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
1,0	-	-	-	-	-	-	-	0,040	0,03
2,0	-	-	-	-	-	-	0,40	30	0,20
3,0	-	-	-	-	0,40	0,35	0,22	0,15	0,10
4,0	-	-	-	0,40	0,30	0,19	0,12	0,08	0,05
5,0	-	-	0,40	0,35	0,20	0,08	0,03	0,02	0,01
	Контактная нагрузка σ_k , МПа (состав среды 70/30)								
1,0	-	-	-	-	-	-	-	0,40	0,34
2,0	-	-	-	-	-	-	0,40	0,32	0,25
3,0	-	-	-	-	-	0,40	0,25	0,18	0,15
4,0	-	-	-	0,40	0,35	0,24	0,18	0,14	0,10
5,0	-	-	0,40	0,30	0,20	0,15	0,11	0,09	0,08

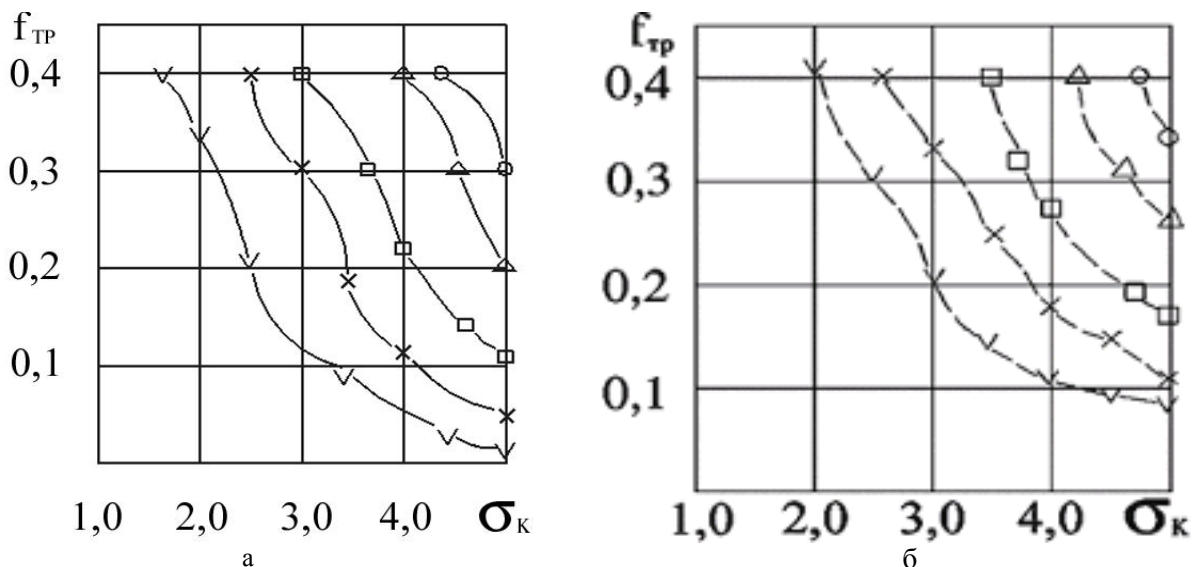


Рис 1. Влияние скорости скольжения $V_{тр}$ и контактной нагрузки σ_k на коэффициент трения $f_{тр}$.
 Обозначения: о-о – 1 м/с; Δ - Δ – 2 м/с; \square - \square – 3 м/с; x-x – 4 м/с; v-v – 5 м/с

Из представленных на рисунке зависимостей видно, что для двух типов покрытий характер распределения коэффициентов трения в зависимости от контактных нагрузок одинаков, т. е. ярко выраженная нелинейность $f_{тр} = F(\sigma_k)$. Для меньших значений скорости скольжения $v_{тр}$ характер зависимости $f_{тр}$ от σ_k более сложный.

По мере увеличения скорости скольжения происходит спрямление линий $f_{тр}$ для второго типа покрытия. Для этого покрытия отмечали также на поверхности трения частые микросколы покрытия и наличия большого числа адгезионных треков, сопутствующих катастрофическим механизмам изнашивания, с протеканием эффектов микросварки.

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что покрытие с составом насыщающей среды 50/50 более антифрикционно, чем покрытие с составом насыщающей среды 70/30.

В частности:

- при малых значениях параметра $v_{тр} = 1$ м/с и больших значениях параметра $\sigma_k = 5$ МПа и различие в значениях $f_{тр}$ составит

$$f = \left(\frac{0,34 \cdot 0,3}{0,34} \right) \cdot 100\% = 12\%$$

- при больших значениях $v_{тр} = 5$ м/с и малых значениях $\sigma_k = 2$ МПа различие в значениях $f_{тр}$ равно

$$f = \left(\frac{0,35 \cdot 0,30}{0,35} \right) \cdot 100\% = 14\%$$

- при больших значениях $v_{тр} = 5$ м/с и больших $\sigma_k = 5$ МПа различие составит

$$f = \left(\frac{0,08 \cdot 0,01}{0,08} \right) \cdot 100\% = 87,5\%$$

Литература

1. В.М. Власов, Л.М. Нечаев Работоспособность высокопрочных термодиффузионных покрытий в узлах трения машин.- Тула.:Приокск.книж.изд-во,1994 .-235с.

Estimation of antifrictional properties of carbonitrid steel 23X3M3NBЦА

V.M. Vlasov, L.M. Nechaev, N.B. Fomicheva, G.S. Panteleeva

The results of research of influence of technology factors, such as temperature, time, duration of saturation, and also structure of a mix of saturation on antifrictional properties of steel are given.