

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА СМЕСИ ДЛЯ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЦАНГ ТОКАРНЫХ ПОЛУАВТОМАТОВ И КОНДУКТОРНЫХ ВТУЛОК

Лыгденов Б.Д., Грешилов А.Д., Хараев Ю.П.*, Гурьев А.М.**

Из литературы известно, что титанирование способствует повышению износо- и коррозионной стойкости сталей. С целью повышения износостойкости обычно титанированию подвергают высоколегированные стали типа X12, на которых слой карбида титана имеет хорошую сцепляемость с материалом основы.

Нами были проведены эксперименты по получению качественных карбидных слоев на конструкционных и углеродистых инструментальных сталях, обладающих хорошей износостойкостью.

Испытания на износостойкость проводили на образцах из сталей 08кп, 45 и У8, титанированной при 1000°C в течение 2-6 часов в смесях содержащих порошок титано-медной или титано-никелевой лигатур с галогенидной активацией. Толщина диффузионного слоя составляла 600 мкм (толщину карбидного слоя получали в зависимости от времени насыщения).

Характеристикой износа служило изменение массы образца в результате испытаний. Испытания проводили на машине Шкода-Савин, контртелом служил диск диаметром 60 мм из сплава ВК2 при нагрузке 100 Н.

Приводятся экспериментальные данные по влиянию на износостойкость, введение в насыщающую смесь медно-, и никель титановых лигатур. Установлено, что введение в насыщающую смесь, содержащей окись алюминия и гексафтортитанат калия, никель титановой лигатуры в количестве до 40% от массы насыщающей смеси приводит к повышению толщины диффузионного слоя, а на стали У8 и карбидного слоя, но с увеличением его содержания свыше 50% к затормаживанию их роста. Уже при содержании титановой лигатуры до 85% толщина диффузионного слоя снижается. Поэтому оптимальным можно считать содержание $\text{TiNi}_{\text{звт}}$ в насыщающей смеси в количестве 40-50% от ее массы.

Исследования показали, что титанированная сталь У8 наиболее износостойка из всех исследуемых сталей. Объясняется это тем, что при твердофазном насыщении этих сталей, на У8 образуется сплошной карбид-

ный слой, который способствует резкому повышению стойкостных свойств.

Оптимальное количество титано-никелевой лигатуры в смеси не зависит от марки стали, и составляет 40-50% (по массе).

При больших количествах этих элементов износостойкость уменьшается из-за увеличения количества дефектов типа пор, количество которых резко увеличивается с ростом процентного содержания $\text{TiNi}_{\text{звт}}$.

Значительное снижение износостойкости стали 08кп объясняется отсутствием карбидного слоя. Кроме того, после титанирования данной стали при выбранных условиях насыщения в диффузионном покрытии образуется большое количество интерметаллидов. Это приводит к нарушению сплошности титановых слоев, и как следствие, к снижению износостойкости. Диффузионные покрытия на стали 08кп разрушаются из-за незначительной их твердости.

Введение в насыщающую смесь $\text{TiNi}_{\text{звт}}$ не приводит к заметному повышению износостойкости титановых покрытий на сталях 08кп и 45 по сравнению с титанированием в порошковых насыщающих средах без легирующих элементов, хотя толщины титановых слоев при этом значительно разнятся. Видно, для этих сталей увеличение толщины диффузионного слоя не является решающим фактором в повышении износостойкости. Для стали У8 введение в насыщающую смесь $\text{TiNi}_{\text{звт}}$, увеличивает толщину формирующегося слоя, увеличивает и износостойкость титановых покрытий на этой стали.

Таким образом, из вышеизложенного можно сделать вывод, что лучшей износостойкостью обладает сталь У8 после насыщения в порошковых смесях, содержащих 40% (по массе) титано-медной лигатуры.

Установлено, что титанирование в предложенном составе повышает износостойкость. Полученные при этом диффузионные слои не приводят к изменению характера износа.

Титанирование стали У8 в насыщающей смеси, содержащей титано-медную лигатуру значительно влияет на износостойкость титановых покрытий, особенно когда ее содержится 40-50% (от массы). При этом форми-

руются диффузионные слои, хорошо работающие в условиях сухого трения. Связано это с тем, что во время насыщения медь локализуется на поверхности обрабатываемых изделий, играя при этом роль твердой смазки и уменьшая коэффициент трения. Дальнейшее увеличение содержания $TiNi_{звт}$ в насыщающей смеси приводит к образованию пористых покрытий с низкой микротвердостью, что приводит к снижению износостойкости, уменьшение содержания ее менее 40% способствует уменьшению толщины карбидного слоя, что также снижает износостойкость.

Характер износа стали 45 после насыщения отличается от износа стали У8. Однако время до полного разрушения титановых слоев, полученных в выше приведенной насыщающей смеси, намного меньше. Это объясняется тем, что на стали 45 формируется не сплошной карбидный слой (меньшей толщины), а с включениями интерметаллидов.

Установлено, что насыщающих средах, обеспечивающих максимальную износостойкость, находится оптимальное содержание этой лигатуры в пределах 40-50% от массы насыщающей среды. Дальнейшее ее повышение или снижение приводит к ухудшению износостойкости диффузионных покрытий.

Причиной более высокой износостойкости покрытий формирующихся в смесях исследуемых систем, является большая толщина и высокое качество диффузионных покрытий.

Испытания образцов, титанированных в порошках медно-титановой лигатуры и окиси алюминия показали, что стойкость титановых покрытий, получаемых в этих насыщающих средах показали наилучшие результаты. Таким образом, данные смеси для комплексного титанирования можно рекомендовать для

получения качественных титановых покрытий.

Для аналитического описания зависимости изучаемого свойства от состава в многокомпонентных системах, применили метод симплексных решеток (рисунок 1). Это позволяет получать математическую модель исследуемой зависимости и ее графическую интерпретацию при относительно небольшом объеме экспериментальных работ. Этот метод планирования нами использован при изучении влияния состава многокомпонентных насыщающих сред на износостойкость титановых покрытий на стали У8. Для исследования применяли насыщающие смеси порошков медно-титановой лигатуры, окиси алюминия и активатора-гексафтортитаната калия. Температура насыщения - $1000^{\circ}C$, время обработки - 4 часа. Испытания на износостойкость проводили по выше указанной методике.

В качестве симплекса выбран концентрационный треугольник, в вершине которого находятся точки, отвечающие следующим составам насыщающей среды: 100% $TiCu_{звт}$ (точка X_1), 40% $TiCu_{звт}$ + 60% Al_2O_3 (точка X_2), 40% $TiCu_{звт}$ + 60% K_2TiF_6 (точка X_3), т.е. рассматривается не весь концентрационный треугольник, а лишь его часть, прилегающая к вершине в которой находится титано-медная эвтектика (см. рисунок 1). Этот выбор объясняется тем, что при увеличении содержания Al_2O_3 свыше 60% происходит резкое снижение толщины карбидного слоя, а значит и износостойкость. В качестве характеристики износостойкости принимали среднее значение удельной убыли массы трех титанированных в одинаковых условиях, образцов.

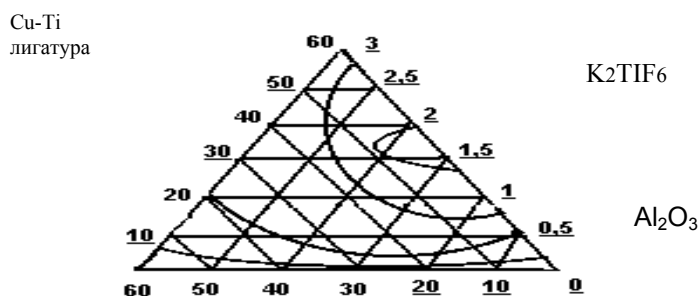


Рисунок 1 – Концентрационный треугольник.
Содержание компонентов смеси, %

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА СМЕСИ ДЛЯ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЦАНГ ТОКАРНЫХ ПОЛУАВТОМАТОВ И КОНДУКТОРНЫХ ВТУЛОК

Таблица 1 – Сводная матрица планирования для исследования износостойкости титановых покрытий на стали У8

№ п/п	Состав смеси						у	Удельная убыль массы образцов стали У8
	Доли единиц			Масс. %				
	χ_1	χ_2	χ_3	TiCu _{эвт}	Al ₂ O ₃	K ₂ TiF ₆		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	0	0	100	0	0	Y ₁	59,6
2	0	1	0	40	60	0	Y ₂	0,018
3	0	0	1	40	0	60	Y ₃	14,2
4	2/3	1/3	0	80	20	0	Y ₁₁₂	32,4
5	1/3	2/3	0	60	40	0	Y ₁₂₂	0,26
6	2/3	0	1/3	80	0	20	Y ₁₁₃	1,6
7	1/3	0	2/3	60	0	40	Y ₁₃₃	0,5
8	0	2/3	1/3	40	40	20	Y ₂₂₃	0,021
9	0	1/3	2/3	40	20	40	Y ₂₃₃	0,54
10	1/3	1/3	1/3	60	20	20	Y ₁₂₃	0,74
11	½	½	0	70	30	0	Y ₁₂	0,9
12	½	0	½	70	0	30	Y ₁₃	0,4
13	0	½	½	40	30	30	Y ₂₃	0,062
14	½	¼	¼	70	15	15	Y ₁₁₂₃	0,24
15	¼	½	¼	55	30	15	Y ₁₂₂	0,032
16	¼	¼	½	55	15	30	Y ₁₂₃₃	0,041

Учитывая сложный вид зависимости износостойкости от состава насыщающей смеси, установленный при испытаниях полученных покрытий, исследовали влияние состава многокомпонентных смесей на износостойкость покрытий. Матрица планирования и результаты опытов приведены в таблице 1. Математическая модель третьей степени, имеет вид:

$$\gamma = \beta_1 \chi_1 + \beta_2 \chi_2 + \beta_3 \chi_3 + \beta_{12} \chi_1 \chi_2 + \beta_{13} \chi_1 \chi_3 + \beta_{123} \chi_1 \chi_2 \chi_3 + \gamma_{12} \chi_1 \chi_2 (\chi_1 + \chi_2) + \gamma_{13} \chi_1 \chi_3 (\chi_1 + \chi_3) + \gamma_{23} \chi_2 \chi_3 (\chi_2 + \chi_3) + \beta_{123} \chi_1 \chi_2 \chi_3 \quad (1).$$

Коэффициенты модели вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned} \beta_1 &= Y_1 \text{ и т.д.} \\ \beta_{12} &= 9/4 (Y_{112} + Y_{122} - Y_1 - Y_2) \text{ и т. д.} \\ \gamma_{12} &= 9/4 (3 Y_{112} - 3 Y_{122} - Y_1 - Y_2) \text{ и т.д.} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\beta_{123} = 27 Y_{123} - 27/4 (Y_{112} + Y_{122} + Y_{113} + Y_{133} + Y_{223} + Y_{233}) + 9/2 (Y_1 + Y_2 + Y_3).$$

Подставляя вычисленные по формулам (2) значения коэффициентов в (1), получаем для стали У8 следующую математическую модель полной третьей степени при износе

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ №4 2003

титанированных образцов от состава насыщающей смеси:

$$Y = 59,6 \chi_1 + 0,018 \chi_2 + 14,2 \chi_3 - 67,32 \chi_1 \chi_2 - 129,42 \chi_1 \chi_3 - 61,83 \chi_1 \chi_2 (\chi_1 - \chi_2) + 18,6 \chi_2 \chi_3 + 78,18 \chi_1 \chi_3 (\chi_1 - \chi_3) + 18,6 \chi_2 \chi_3 (\chi_2 - \chi_3) - 304,78 \chi_1 \chi_2 \chi_3.$$

После построения модели необходимо оценить ее адекватность. Для этого проводились дополнительные опыты в контрольных точках χ_{12} , χ_{13} , χ_{1212} , χ_{123} . Выбор этих точек обусловлен возможностью использования данных контрольных экспериментов для дальнейшего улучшения модели в случае ее неадекватности. При проверке модели с использованием критерия Стьюдента оказалось адекватной.

На основе полученных результатов были проведены производственные испытания титанированных цанг токарных полуавтоматов и кондукторных втулок на Улан-Удэнском заводе «Теплоприбор». Результаты испытаний показали, что износостойкость деталей, подвергнутых титанированию, увеличилась в 3-4 раза по сравнению со стандартными.