

Толщина оксидной пленки, полученной при анодировании алюминия, зависит от растворяющей способности электролита. А она, в свою очередь, определяется концентрацией кислоты, температурой и другими факторами.

Толщина оксидной плёнки зависит также от состава алюминия и его сплавов. Химически чистый алюминий легче анодировать, чем его сплавы. С увеличением в составе сплава различных добавок труднее получить пленки с хорошими характеристиками. На алюминиевых сплавах, содержащих марганец, медь, железо, магний, покрытие получается шероховатым, неровным. Это объясняется высокой скоростью растворения интерметаллических соединений, в виде которых эти металлы присутствуют в алюминиевом сплаве.

Таким образом, метод высоковольтного электрохимического оксидирования обеспечивает более высокие физико-механические свойства оксидных пленок и характеризуется низким энергопотреблением в сравнении с получением оксидных плёнок методом химического оксидирования. Метод ВВЭО позволяет сократить время обработки детали, уменьшить количество потребляемой электроэнергии на единицу продукции.

УДК. 620.181

### **Исследование процесса многокомпонентного насыщения стали 45 в системе Cr-C с введением в насыщающую смесь легкоплавких добавок**

Студенты гр. 104219 Орда Д.В., Синькевич О.Л., гр. 104510 Люцкевич А.И.  
Научные руководители Борисов С.В., Стефанович В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Целью работы является получение диффузионных слоев на стали 45 высокой твердости при насыщении хромом и углеродом. Структура данных слоев представляет вкрапления твердых включений карбидов в матричной матрице (принцип Шарпи). При этом предполагается получение диффузионных слоев значительной толщины, что позволит проводить шлифование изделий в окончательный размер после их термической обработки. Исследование проводили в порошковых смесях с определенным соотношением хромирующего и цементирующего карбюризатора. Разработанные смеси для комплексной химико-термической обработки можно будет использовать для упрочнения пуансонов и матриц с толщиной рабочей части 3-10 мм. При этом поверхностный слой будет обладать высокой твердостью и износостойкостью, а сердцевина значительной вязкостью позволяющей воспринимать динамические нагрузки. В качестве материала предполагается использовать углеродистые стали 40, 45, 50, а также низколегированные 40X, 38ХМА, 40ХН, 40ХНФ и др.

За основу исследований были взяты результаты насыщения углеродистых сталей хромом и углеродом, проведенных ранее на кафедре «Металловедение и термическая обработка металлов» БПИ. В исследованиях отмечается, что при насыщении углеродистой стали совместно углеродом и хромом можно получить различные структуры диффузионных слоев.

В ранее проведенных исследованиях был выбран состав хромирующей и цементирующей составляющих:

- хромирующая смесь, полученная методом алюмотермии – 100%(30%  $Al_2O_3$  + 21% Al + 49%  $Cr_2O_3$ ) + 0,5%  $NH_4Cl$ ;
- цементирующая смесь - 100% (85% древесный уголь + 15%  $NaHCO_3$ );
- легкоплавкие добавки - Cu, Zn, Sb,  $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ , CoO,  $MoO_3$ .

После термической обработки (закалка  $t = 840^{\circ}C$  + вода и низкого отпуска  $180-200^{\circ}C$ ) поверхностная твердость достигала 64-65 HRC. При химико-термической обработке хром проникает на глубину 50 мкм и его концентрации составляет 1 - 1,5%, при этом на самой поверхности (толщиной 3-5 мкм) концентрация хрома составляет несколько десятков процентов.

Насыщение проводили при температуре  $1050^{\circ}\text{C}$  в течение  $\tau = 5$  ч. в металлических тиглях с плавким затвором.

Для получения оптимальных свойств диффузионных слоев был применен последовательный симплекс метод планирования эксперимента с использованием правильного симплекса. В качестве параметров оптимизации были выбраны следующие параметры: твердость после закалки, твердость после отпуска, толщина слоя, наличие твердых частиц в слое, балл зерна после насыщения. В качестве факторов, входящих в состав смеси, были выбраны следующие: количество хромирующей и цементирующей смеси и количество легкоплавких добавок.

В соответствии с ПСМ были проведены опыты. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты проведенных опытов

№ точки	Балл зерна после насыщения	Толщина слоя, мкм	Балл твердых частиц	Твердость после закалки, HRC	Твердость после отпуска ( $400^{\circ}\text{C}$ ) HRC
1	6	350	1	64	46
2	4	140	1	62	44
3	4	280	1	63	45
4	3	350	1	64	46
5	4	70	1	63	45
6	7	840	2	62	45
7	4	210	1	62	45
8	4	210	1	63	46
9	4	210	1	63	46
10	5	140	1	64	46
11	7	70	1	63	46
12	7	315	1	64	48
13	7	1050	2	66	49
14	8	1750	3	67	50
15	7	1400	3	67	50
16	7	840	2	65	49
17	7	770	1	64	48

В результате проведенных экспериментов с использованием ПСМ были получены диффузионные слои на стали 45 со следующими оптимальными параметрами: температурно-временные параметры  $t = 1050^{\circ}\text{C}$  время насыщения  $\tau = 4$  ч, балл зерна перлита - 7, толщина слоя - 1750 мкм. Структура слоя после насыщения представляет собой мелкозернистый перлит с многочисленными включениями мелких твердых частиц.

Выводы:

ХТО из оптимизированных смесей позволяет получить после закалки и отпуска большую твердость (65-67 HRC) и высокую износостойкость на стали 45. В результате применения ПСМ для насыщения из диффузионной смеси, получены диффузионные слои до 1700 мкм, имеющие балл зерна 8 и состоящие из перлита с мелкодисперсными твердыми включениями.