

УДК 621.785.5

Заблоцкий В. К., Корсун В. А.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА В-Мn-Аl ПОРОШКОВОЙ СМЕСИ НА АБРАЗИВНУЮ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ

При оценке абразивной износостойкости поверхностных слоев учитывается структура, полученная после химико-термической обработки (ХТО), но не учитывается глубина слоя, что не позволяет в полной мере оценивать качество слоев [1, 2]. Вместе с тем только учет глубины слоев, особенно их структуры по глубине, является важной характеристикой при прогнозировании эксплуатационной стойкости поверхностно упрочненных изделий. В частности, для таких изделий важной характеристикой является износостойкость слоев по глубине, что не отражается во многих исследованиях [3, 4]. Поэтому данная работа, в которой оценивается износостойкость в зависимости от структуры и глубины слоя, представляет научный и практический интерес.

Целью работы является исследование влияния состава В-Мn-Аl порошковой смеси на абразивную износостойкость поверхностного слоя.

Исследовали поверхностные слои стали 45, полученные после насыщения в контейнерах из алитированной стали Ст 3 [5]. Герметичность контейнера при ведении процесса достигалась плавким затвором, полученным после расплавления порошка из частиц оконного стекла. Процесс проводили при 1000 °С в течение 5 ч с последующим охлаждением с печью. Составы порошковых смесей и глубина диффузионных слоев приведены в табл. 1.

Таблица 1

Состав смесей и глубина слоя после ХТО

№ п/п	Состав смеси, %				Глубина слоя, мкм
	B_4C	Na_3AlF_6	Al_2O_3	FeMn	
1	50	2	48	-	275
2	46	6	48	-	295
3	42	10	48	-	305
4	25	2	48	25	325
5	23	6	48	23	305
6	21	10	48	21	283

Компоновка смеси выбрана таким образом, чтобы было возможно изучить влияние основных составляющих смеси B_4C , FeMn, Na_3AlF_6 , поставщиков В, Мn, и Al соответственно на структуру, глубину и износостойкость поверхностного слоя стали 45.

Микроструктуру и глубину диффузионных слоев исследовали с применением микроскопа МИМ-8М. Для выявления структурных составляющих применяли химическое травление в 4 % растворе азотной кислоты в этиловом спирте и тепловое травление с нагревом полированных шлифов при 400 °С в течение 30 мин и последующим охлаждением на воздухе. Последнее позволяло определить фазовый состав слоев и расположение в них фаз по их характерной окраске. Микротвердость определяли с помощью прибора ПМТ-3, износостойкость изучали по методике работы [2].

Исследовали влияние двух типов насыщающих смесей, приведенных в табл. 1. К первому типу относятся смеси 1, 2, 3, содержащие разное количество B_4C , Na_3AlF_6 и имеющие одинаковое количество нейтральной составляющей Al_2O_3 . К второму типу относятся смеси 4, 5, 6, содержащие кроме B_4C , Na_3AlF_6 дополнительно FeMn и имеющие также одинаковое количество нейтральной составляющей Al_2O_3 .

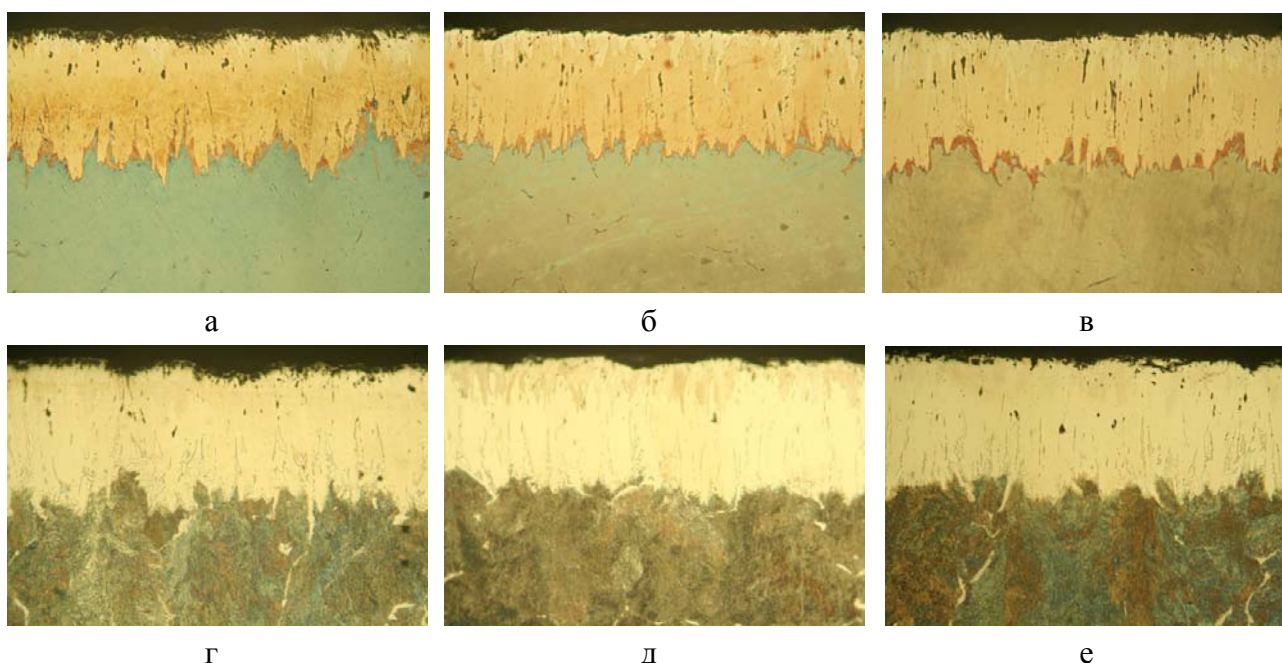


Рис. 1. Микроструктура поверхностных слоев стали 45 после насыщения в смесях 1, 2, 3, теплового (а, б, в) и химического (г, д, е) травления, $\times 100$

Как следует из рис. 1, микроструктура поверхностного слоя после насыщения в смесях 1, 2, 3 состоит из двух типов боридов и карбоборидов, которые наблюдаются на границе с основным металлом после теплового травления (рис. 1, а, б, в). Бориды представляют собой Fe_2B и FeB . Это вытекает из анализа и структуры микротвердости боридного слоя. После теплового травления наблюдается светло-коричневый слой боридов по всей глубине слоя, а у поверхности внутри светло-коричневых боридов наблюдаются бориды светлой окраски. Кроме того, микротвердость боридов светлой окраски FeB составляет $H_{100} = 16300$ МПа, что выше микротвердости боридов светло-коричневой окраски $H_{100} = 15300$ МПа. При измерении микротвердости боридов светлой окраски по углам отпечатка пирамиды наблюдаются трещины, что указывает на повышенную хрупкость этого типа боридов.

Различие в типах боридов в структуре поверхностного слоя наблюдается также после химического травления микрошлифов, когда бориды FeB травятся сильнее, чем бориды Fe_2B (рис. 1, г, д, е).

Можно предположить следующий механизм образования указанных двух типов боридов. Первоначально при насыщении бора при достаточном количестве железа образуются бориды Fe_2B . Диффузия атомов железа навстречу диффузии атомов бора затрудняется по мере увеличения глубины слоя. В какой-то момент на поверхности контакта боридного слоя с насыщающей смесью недостаточно атомов железа для образования Fe_2B , и тогда образуются бориды FeB . Различное содержание бора в бориде влияет на их окисление при тепловом травлении. Бориды Fe_2B содержат меньше бора, чем бориды FeB , и поэтому они окисляются сильнее и приобретают светло-коричневый цвет. Бориды FeB , как содержащие больше бора, не окисляются и имеют светлую окраску при анализе структуры поверхностного слоя под микроскопом.

Анализ результатов исследования износостойкости слоев, приведенный на рис. 2, показывает, что наименьшую износостойкость имеет боридный слой, полученный после насыщения в смеси 1. Это объясняется тем, что он имеет наименьшую глубину 275 мкм, формирование его обусловлено минимальным содержанием активатора (криолита) в этой группе смесей, равным 2 %. При насыщении в смесях 2 и 3, содержащих 6 и 10 % криолита, глубина

слоя составляет 295 и 305 мкм соответственно. Увеличение глубины борированного слоя способствовало повышению его износостойкости, причем в большей мере при переходе от слоя толщиной 275 мкм к слою 305 мкм.

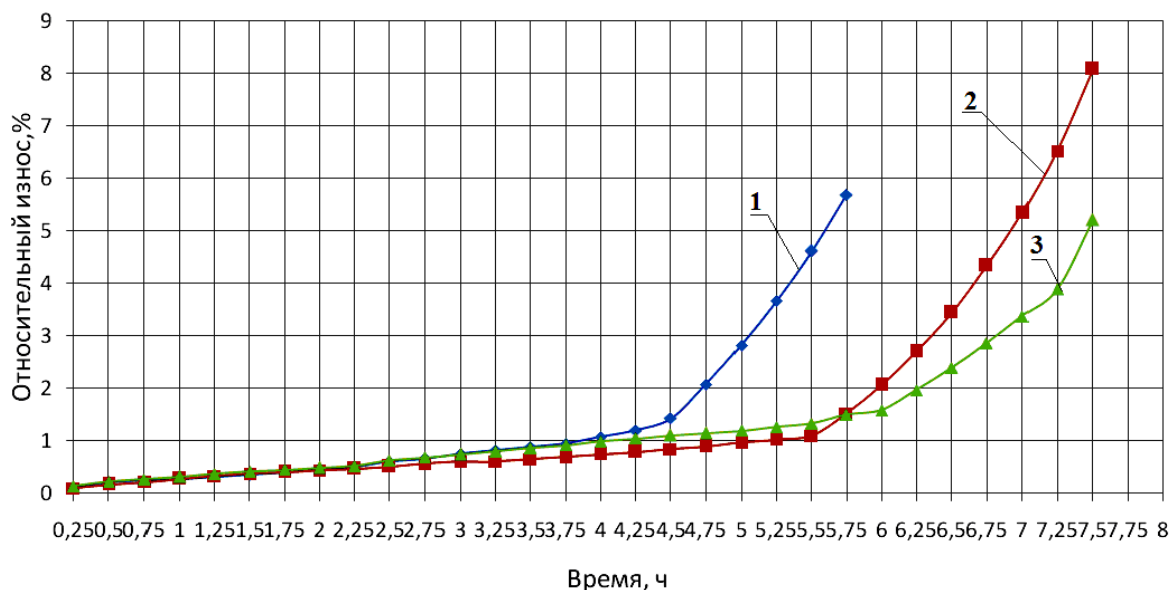


Рис. 2. Влияние состава смеси на величину и продолжительность износа поверхностных слоев стали 45 после насыщения в порошковых смесях 1, 2, 3

Микроструктура поверхностных слоев после насыщения в смесях 4, 5 и 6 представлена на рис. 3. Для нее характерными являются бориды FeV и Fe₂V, карбобориды, расположенные по периметру игл боридов в контакте с основным металлом, а также большая площадь «прожилок» твердого раствора, расположенных между боридами.

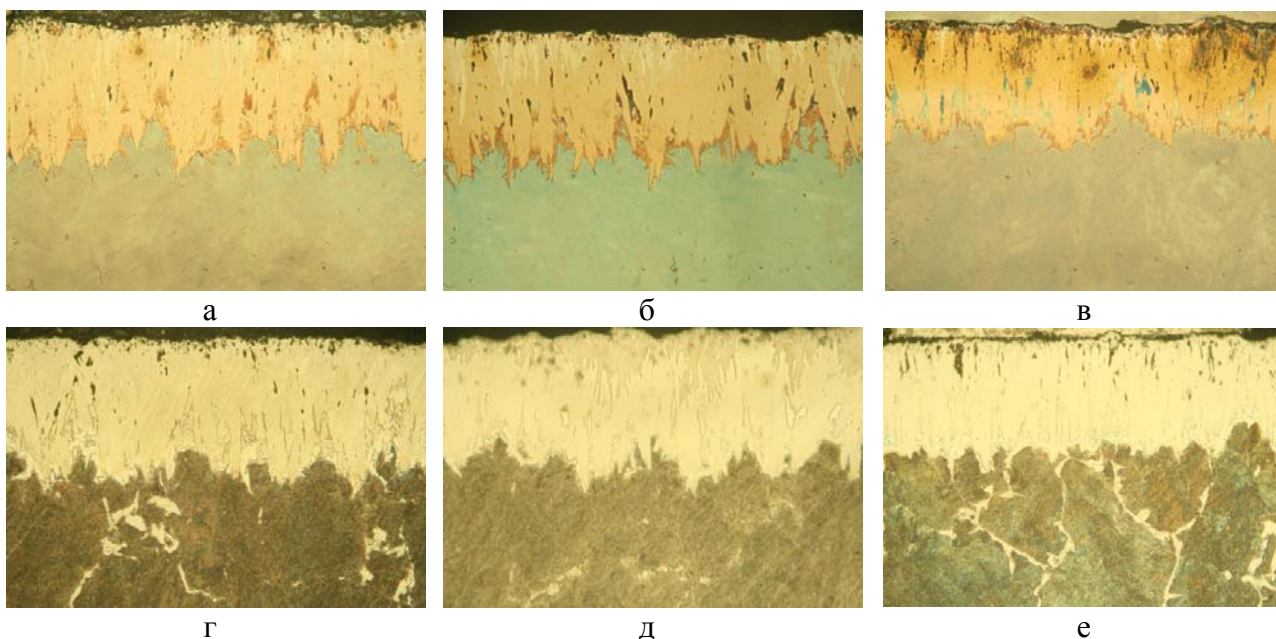


Рис. 3. Микроструктура поверхностных слоев стали 45 после насыщения в смесях 4, 5, 6, теплового (а, б, в) и химического (г, д, е) травления, × 100

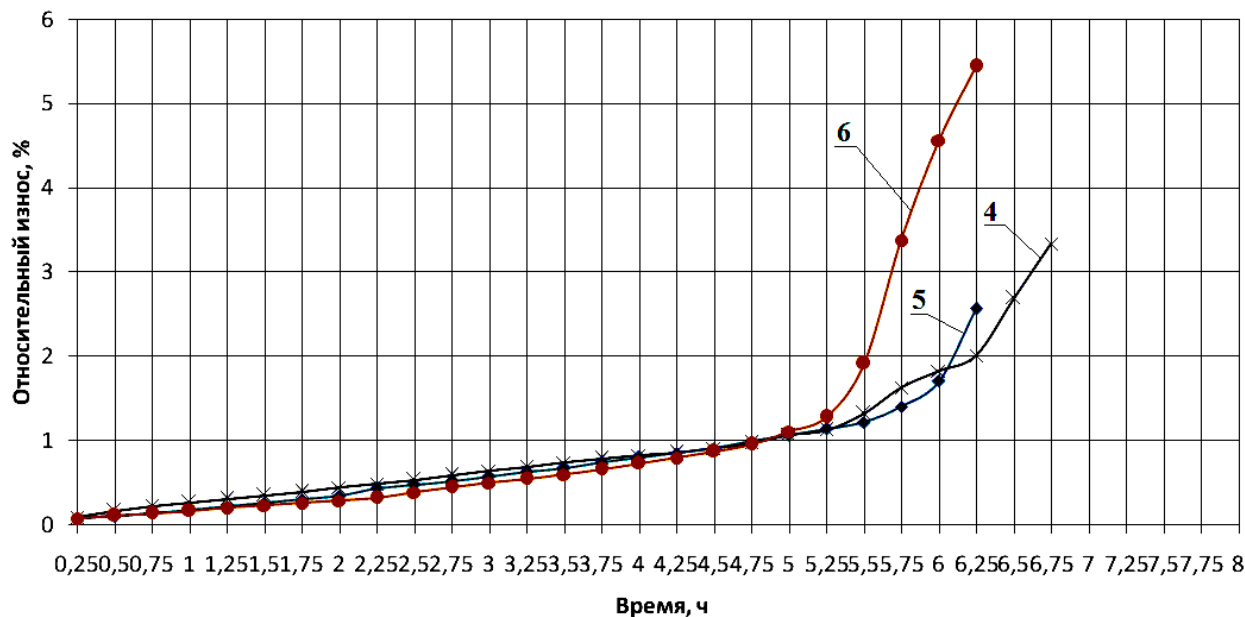


Рис. 4. Влияние состава смеси на величину и продолжительность износа поверхностных слоев стали 45 после насыщения в порошковых смесях 4, 5, 6

Глубина слоев после насыщения в смесях 4, 5 и 6 уменьшается с увеличением содержания в смесях криолита (табл. 1). Вместе с тем износостойкость этих слоев (рис. 4) остается такой же высокой, как и в случае слоев после насыщения в смесях 2 и 3, содержащих в два раза большее количество V_4C . Отсюда можно сделать вывод, что при добавлении в смесь $FeMn$ повышение износостойкости слоев обусловлено не только наличием боридов FeB и Fe_2B , а также наклепом твердого раствора, содержащего $FeMn$ [6].

ВЫВОДЫ

Изучена износостойкость поверхностных слоев, полученных на стали 45 после насыщения в $V-Mn-Al$ порошковых смесях. Установлены рациональные составы смесей, которые могут быть использованы в промышленности для упрочнения штампов и пресс-форм с целью повышения их абразивной износостойкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: справочник / [Г. В. Борисенко, А. А. Васильев, Л. Г. Ворошин и др.]. – М. : Металлургия, 1981. – 424 с.
2. Заблоцкий В. К. Влияние исходной структуры углеродистых сталей на строение поверхностного слоя после борохромоалитирования в порошковых смесях / В. К. Заблоцкий, Ю. Г. Дьяченко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2007. – № 3/1(27). – С. 79–84.
3. Заблоцкий В. К. Особенности абразивного износа комплексных $V-Ti-Al$ покрытий на углеродистых сталях / В. К. Заблоцкий, А. В. Лапченко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 4/1(22). – С. 57–59.
4. Заблоцкий В. К. Особенности абразивного износа комплексных $V-Cr-Al$ покрытий на углеродистых сталях / В. К. Заблоцкий, Ю. Г. Дьяченко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 4/1(22). – С. 59–62.
5. Заблоцкий В. К. Оптимизация режимов алитирования и особенности применения алитированных заготовок для изготовления различных изделий методом сварки / В. К. Заблоцкий, А. И. Шимко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – X. – 2007. – № 3/1(27). – С. 84–88.
6. Заблоцкий В. К. Износостойкость поверхностных слоев стали 45 после комплексного насыщения бором, марганцем и алюминием / В. К. Заблоцкий, В. А. Корсун // Сборник научных трудов «Захист металургійних машин від поломок». – Маріуполь : ПГТУ. – 2009. – № 11. – С. 306–308.