

слоя, который будет являться своего рода мембраной, пропуская через себя атомы бора только в местах пор. В результате получаемая боридная фаза будет чередоваться с мягкой ферритной, перлитной или феррито-перлитной матрицей. Очевидно, что такое строение диффузионного слоя будет иметь как минимум одно преимущество, это пониженная хрупкость и склонность к скалыванию диффузионного слоя при высоких контактных давлениях.

На рисунке 1 продемонстрирован вариант однофазного боридного слоя, полученного при традиционных режимах насыщения (а) и вариант боридного слоя полученного после предварительного меднения в растворе медного купороса (б).



Рисунок 1 – Микроструктуры термодиффузионных однофазных боридных слоев:
а – традиционный слой; б – диффузионный слой полученный после предварительного меднения

Как видно, при длительных режимах насыщения, срачивание боридных игл все-таки происходит. На рисунке 1, б верхний участок слоя сплошной, только в нижней части сохранилась раздробленность боридных игл. Это может свидетельствовать о существовании периода «работы» медного слоя, который в результате разрушется постепенно переходя в диффузионный слой и в подборидную фазу.

Необходимо отметить еще один возможный потенциальный плюс от формирования нетрадиционной структуры слоя. Известно, что растворимость меди в железе и боре при комнатной температуре ничтожно мала, большая часть меди при формировании слоя должна распределяться собственными включениями в структуре. Проведенными экспериментами подтверждается наличие меди в структуре в виде обособленных мельчайших включений округлой и продолговатой формы с размерами порядка 1–10 мкм. Такая структура достаточно перспективна в контексте улучшения упругих и антифрикционных свойств диффузионного слоя. Например, предполагается, что включения меди при сухом трении скольжении, могут частично выполнять роль смазки облегчая трение.

УДК 669.58

Исследование влияния знакопеременных нагрузок на эксплуатационные свойства металлических элементов с цинковыми интерметаллидными диффузионными слоями, сформированными в порошковых насыщающих средах

Студент гр.10401113 Шостыр А. И.
Научный руководитель – Булойчик И. А.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Одним из альтернативных направлений в сфере получения защитных цинковых покрытий на стальных изделиях является способ термодиффузионного цинкования в порошковых насыщающих средах (ТДС). Преимущественной особенностью данного спо-

соба является возможность замены процессом ТДЦ ряда операций термической обработки деталей (отпуска), что ведет к снижению затрат на термическую и антикоррозионную обработку изделий. При использовании данного способа в качестве завершающей операции химико-термической обработки закаленных изделий, работающих в условиях циклического нагружения, возможно снижение прочностных свойств, обусловленное формированием в поверхностной зоне детали хрупких фаз интерметаллидного диффузионного слоя. Для ряда конструкционных деталей существенным является знакопеременный характер действующей нагрузки. В этом случае твердые (порядка 3300 МПа) цинковые интерметаллидные диффузионные слои могут выступать в качестве источника формирования усталостных трещин при знакопеременных нагрузках, что может привести к преждевременному разрушению изделия.

Таблица 1 – Результаты испытаний образцов на механическую усталость

№ образца	Сталь 45		Сталь 65Г	
	Предельное напряжение при изгибе σ_k , МПа	Долговечность образца N_Σ , цикл	Предельное напряжение при изгибе σ_k , МПа	Долговечность образца N_Σ , цикл
Образцы с диффузионным слоем				
1	350	332350	250	362186
2	300	253523	250	334692
3	350	353364	250	357462
Образцы без защитного покрытия				
4	400	484015	350	528871
5	400	436715	350	495309
6	400	458241	350	525662

С целью определения влияния формирования цинкового диффузионного слоя на усталостные характеристики стальных изделий, провели сравнительное исследование механических свойств, при циклических нагрузках термически обработанных образцов из стали 45 и 65Г, обработанных способом ТДЦ и без антикоррозионной обработки.

Усталостные испытания проводились ускоренным методом ступенчатого нагружения, согласно СТБ 1233–2000. Образцы с цинковым диффузионным слоем продемонстрировали меньшую долговечность и меньшее предельное напряжение при изгибе в сравнении со стальными образцами без защитного цинкового покрытия (рисунок 1).



Рисунок 2 – Характер изломов образцов после проведения испытаний для стали 45: а – образец с цинковым диффузионным слоем; б – образец без защитного покрытия

Данный факт может быть обусловлен формированием хрупких интерметаллидных фаз (Γ – фаза) в переходной зоне от стальной основы к диффузионному слою в исследуемых образцах. Они являются концентраторами напряжений, которые, при увеличении знакопеременной внешней нагрузки, могут являться причиной зарождения усталостной трещины. Отличительной особенностью изломов образцов, представленных на рисунках 2, 3, является формирование сразу нескольких очагов разрушения в приповерхностной зоне для образцов из стали 65Г. Данный факт может быть объяснен большим количеством структурных напряжений за счет большей твердости образцов из стали 65Г в сравнении с образцами из стали 45, что послужило более активному зарождению усталостных трещин.

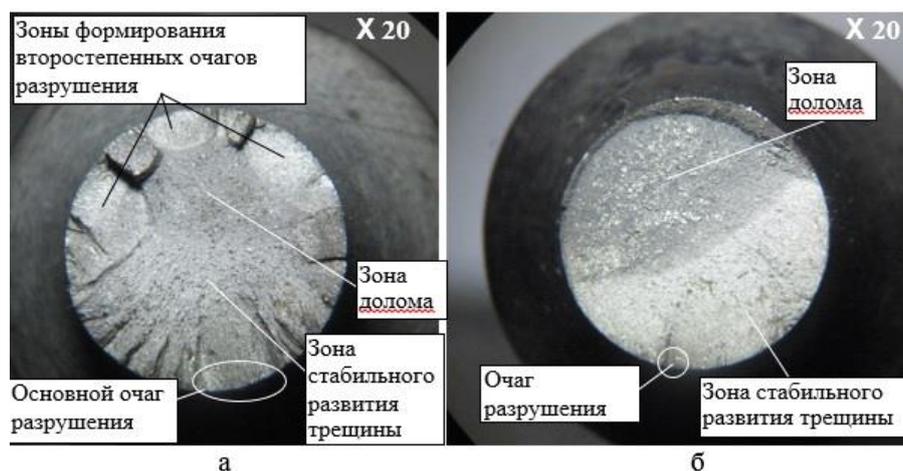


Рисунок 3 – Характер изломов образцов после проведения испытаний для стали 65Г: а – образец с цинковым диффузионным слоем; б – образец без защитного покрытия

Таким образом, для ряда деталей, работающих в условиях усталостного нагружения, антикоррозионная защита способом ТДЦ может стать причиной снижения усталостных свойств за счет наличия высокотвердых хрупких фаз в цинковом диффузионном слое.

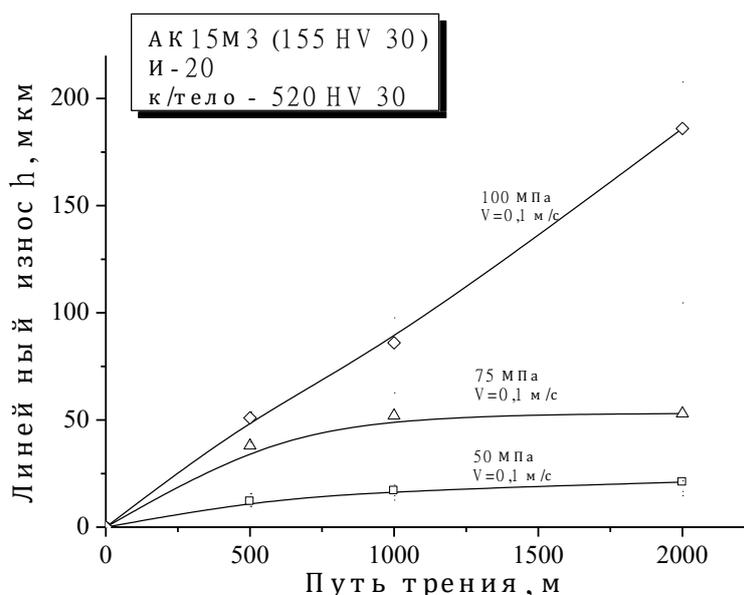


Рисунок 2 – Зависимость величины линейного износа образцов антифрикционного сплава АК15М3 от пути трения при различных удельных нагрузках и скоростях взаимного перемещения образец-контртело

Сделано заключение, что антифрикционный силумин АК15МЗ может выступать в качестве перспективного антифрикционного материала для замены бронзы БрОЦС6-6-3 в узлах трения без снижения их рабочих параметров.

УДК 621.793

Жаростойкие защитные покрытие на сталях и сплавах

Студент гр. 10401115 Куделько Е. В.
Научный руководитель Вейник В. А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Защитное действие покрытий обуславливается образованием на поверхности изделий плотной окисной пленки, отличающейся хорошим сцеплением с покрытием. Жаростойкие покрытия наносят на изделия из стали, сплавов на основе железа, никеля, кобальта, титана, из цветных и тугоплавких металлов, из графита и др. материалов. Различают жаростойкие покрытия металлические, неметаллические и комбинированные. Основой большинства металлических покрытий являются сплавы или терметаллические соединения кремния, титана, алюминия, хрома, кобальта, иттрия и др. К неметаллическим покрытиям относятся стекломали: стеклосилицидные, стеклокарбидосилицидные, боросилицидные и др., а также покрытия керамического типа – Al_2O_3 , Cr_2O_3 – Al_2O_3 , ZnO_2 и др. Жаростойкие покрытия наносят гальваническим и диффузионным способами, осаждением в вакууме, напылением, и др. Гальванический способ заключается в электроосаждении металла из водных растворов и расплавов солей (покрытия хромовые, хромоникелевые, и др.). Диффузионным способом поверхность изделий насыщают при высокой температуре в порошковых смесях, металлических расплавах, газовых и паровых средах с различной степенью разрежения. Жаростойкие покрытия применяют для защиты деталей в приборо- и машиностроении, авиа- ракетостроении и др. областях техники. Авиационном машиностроении жаростойкие покрытия получают различными способами, но чаще всего диффузионным нанесением покрытий и электрическим нанесением покрытий. Качество и защитные свойства жаростойких покрытий зависят не только от способов их нанесения, но и от материала покрытия, адгезии этого материала к подложке, соотношения их коэффициентов термического расширения, плотности слоя и др. Жаростойкие покрытия предназначены для защиты поверхностей изделий от высокотемпературной коррозии, их обеднения легирующими компонентами или насыщения газами. Часто нанесение покрытий на детали, работающие в условиях высоких температур жаростойкие, более экономично, чем изготовление всей детали из жаростойкого материала.

УДК 621.78

Выбор температуры самоотпуска при термической обработке с нагревом ТВЧ

Студены гр. 10401112 Колбун И. В., Пилли Д. А.
Научный руководитель Стефанович В. А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Самоотпуском называется операция высокочастотной закалки, при которой охлаждение прерывается с таким расчётом, что бы оставшееся в изделии тепло произвело отпуск на заданную твердость. Сущность самоотпуска заключается в следующем: после нагрева изделия до заданной t (кривая 1, рисунок 1) проводят интенсивное охлаждение