

кипения равна 3573 К. При такой температуре энергия теплового движения равна энергии бинарного взаимодействия между частицами внутри кластера. Расстояние между трехатомными молекулами меньше двойного ковалентного радиуса. Такое соотношение реализуется для всех молекулярных систем.

Таким образом, двухатомные молекулы, взаимодействуя между собой, образуют кластер в виде плоской плотно связанной системы из трех двухатомных молекул, а трехатомные молекулы образуют кластер в виде разветвленной системы, изображенной на рисунке 1. Взаимодействие кластеров между собой образуют совокупность конденсированного состояния.

УДК 621.794.6 (088.8)

**Износостойкие вакуумно-плазменные покрытия на деталях
цилиндра-поршневой группы, работающих
в условиях интенсивного износа**

Гладкий В.Ю., Комаровская В.М., Латушкина С.Д.,
Терещук О.И., Белоцкий А.П.
Белорусский национальный технический университет

Известные в настоящее время способы поверхностной обработки поршневых колец для упрочнения весьма многочисленны. Основным способом упрочнения является хромирование. Хромовое покрытие обладает рядом достоинств: высокая твердость (HV 950–1100), низкая склонность к заеданию, малый коэффициент трения хрома по чугуну и стали, высокая коррозионная стойкость. Однако, наряду с достоинствами, такому покрытию присущи недостатки: трудно прирабатывается, имеет низкую теплостойкость, из-за чего при работе происходит его растрескивание, плохо удерживает на своей поверхности масло. Кроме того, электролитическое хромирование нестабильно из-за истощения раствора и экономически небезопасно.

Таблица 1 – Средние значения коэффициентов трения ($f_{тр}$) в диапазоне общих нагрузок 0,2 – 1,0 кН и микротвердость покрытий

Материал покрытия	Значения $f_{тр}$	Микротвердость, HV50, кг/мм ²	
		исходная	дорожек трения
TiN	0,054	2515	3334
TiAlN	0,029	1503	1720
MoN + Mo	0,032	1503	2335
MoCuN	0,031	2022	2212
Хромированное кольцо	0,101	1057	755

Перспективным является разработка технологии упрочнения при помощи многокомпонентных вакуумно-плазменных покрытий. Так, например, по данным литературных источников покрытие TiN снижает коэффициент трения примерно в два раза по сравнению с хромовым покрытием. Наиболее низкие значения коэффициентов трения получены при испытаниях покрытия TiAlN.

Также покрытия экологически безопасны. При этом покрытие позволяет обеспечить оптимальную прирабатываемость к зеркалу цилиндра.

УДК 621

Модификация и легирование поверхности медных сплавов в процессе воздействия компрессионных плазменных потоков

Асташинский В.М., Кудактин Р.С., Дробышевский К.С.
Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси
Белорусский национальный технический университет

Медь, обладая высокими теплопроводностью и электропроводностью, широко используется в различных отраслях промышленности. Расширение областей ее практического использования с необходимостью требует улучшения физико-механических свойств поверхности. Новые возможности в этом направлении открывает легирование меди под воздействием компрессионных плазменных потоков, например, атомами титана. Сплавы меди с титаном по своим физико-механическим свойствам могут в перспективе заменить широко используемые бериллиевые бронзы, недостатками которой являются высокая стоимость и использование токсичного бериллия. В настоящей работе представлены результаты по воздействию компрессионных плазменных потоков на медные образцы с предварительно нанесенным тонким (до 2 мкм) покрытием титана. Эксперименты показали, что при легировании образцов под действием компрессионного плазменного потока в модифицированном поверхностном слое формируется пересыщенный твердый раствор замещения $Cu(Ti)$. Воздействие компрессионного плазменного потока с плотностью энергии 23 Дж/см² приводит к формированию глубокого (до 35 мкм) модифицированного слоя, легированного атомами Ti . В результате структурно-фазовых изменений в легированном титаном слое меди, происходит увеличение в ~1,5 раз твердости модифицированной поверхности и уменьшение (до ~2,5 раз) ее коэффициента трения.

Еще одним способом улучшения поверхностных свойств меди является ее легирование атомами циркония. Известно, что небольшое количество