

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Прохоров А.П.

Ключевые слова: модифицирование поверхностей, диффузионное упрочнение, CVD-процесс, плазменное упрочнение, ЭИЛ, долговечность, износостойкость.

Аннотация. В данной статье автор проводит сравнительный анализ методов модифицирования поверхностей деталей. Рассматриваются наиболее прогрессивные, такие как: азотирование, борирование, диффузионное упрочнение, хромовые покрытия (гальваническое хромирование), газотермическое напыление, химическая газофазная металлизация подложек, электроискровые покрытия, плазменное упрочнение. Отмечается, что сейчас их использование, как никогда, кстати, поскольку повышение долговечности и износостойкости деталей, а соответственно и машин, произведенных из них, находится в прямой зависимости от поверхностной твердости материалов. Современное машиностроение требует значений, порядка 17000-19000 МПа. Все полученные в результате исследования данные обобщены в сводную таблицу.

ANALYSIS OF MODERN METHODS FOR MODIFYING THE SURFACES

Prokhorov A.P.

Keywords: modifying surfaces, diffusion hardening, CVD process, plasma hardening, EIL, durability, wear resistance.

Abstract. In this article, the author conducts a comparative analysis of methods for modifying the surfaces of parts. The most advanced ones are considered, such as: nitriding, boriding, diffusion hardening, chromium coatings (electroplated chromium plating), thermal gas spraying, chemical gas-phase plating of substrates, electro-spark deposition, plasma hardening. It is noted that now their use, more than ever, is useful, since the increase in the durability and wear resistance of parts, and, accordingly, of machines made from them, is directly dependent on the surface hardness of the materials. Modern machine building requires values of the order of 17000-19000 MPa. All the data obtained as a result of the study are summarized in pivot table.

Современное машиностроительное производство ставит новые цели: необходимо решение вопроса, связанного с повышением надежности и ресурса работы используемых машин, одновременно с этим, должна снижаться себестоимость производимой продукции. Для решения таких сложных задач перед российскими предприятиями, должен быть разработан взаимодополняющий комплекс технологических и конструкторских операций. Как показывает практика, выход машин из строя происходит по причине нарушения геометрических показателей рабочих деталей, такое изменение наблюдается тогда, когда изменяются свойства поверхностного слоя.

В настоящее время, предложен единственный перспективный метод для решения поставленной задачи – внедрение в технологические процессы способов по целенаправленному модифицированию поверхностей. Твердость поверхности материалов, работающих в парах сопряжения, для удовлетворения заданного уровня эксплуатации, должна быть не менее 16000-17000 МПа.

Научно-техническая сфера развита достаточно хорошо, было предложено множество методов поверхностного упрочнения. Современные упрочняющие технологии позволяют получить высокие значения поверхностной твердости,

значительно повышается порог действия высоких температур в агрессивных средах. Проведя анализ большого числа работ, автором было установлено, что материалы по наиболее важным методам упрочнения не структурированы и часто «разбросаны» по разным источникам.

Целью работы ставится провести анализ и систематизировать информацию по современным методам модифицирования поверхностей (табл. 1, 2). В работе будут рассмотрены упрочняющие технологии, позволяющие получить микротвердости от 8000 МПа и более. Автор считает, что данная статья будет полезна научным и инженерным работникам, дав им возможность ознакомления с каждым из способов модифицирования поверхности.

Табл. 1. Обобщение информации по методам восстановления и упрочнения поверхностей

Метод технологии упрочнения	Обрабатываемый материал	Поверхностная микротвердость, МПа	Толщина упрочненного слоя или покрытия, мм	Влияние на изменение формы и размеры детали
Азотирование	Легированные стали	600-1200 <i>HV</i>	0,01-1	Размер деталей увеличивается, возможны значительные деформации и коробления [2].
	Чугуны	6000-10000		
Борирование	Углеродистые и легированные стали	18000-22000	0,01-0,35	Размер деталей увеличивается.
Диффузионные покрытия	Углеродистые, легированные стали и чугуны	16000-30000	0,01-0,4	Размеры деталей увеличиваются в среднем до 200 мкм; происходит деформация и коробление деталей
Гальваническое хромирование	Углеродистые, легированные стали и чугуны	12000-13000	0,2-0,3 [1]	Размер деталей увеличивается.
Газотермическое напыление	Металлы и сплавы на их основе	1400-29000	≤ 1	Размер деталей увеличивается.
Химическая парофазная металлизация (CVD-процесс)	Углеродистые, легированные стали, чугуны, а также неметаллические материалы	До 32000	1-20 мкм	Размер деталей увеличивается.
Электроискровые покрытия	Углеродистые и легированные стали	6000-32000	0,1-0,2	Изменения размеров деталей не происходит.
Плазменное упрочнение	Углеродистые и легированные стали	4000-20000	0,2-0,5	Изменения размеров деталей не происходит; обработка в среде газов создает предпосылки для деформирования.

Табл. 2. Обобщение информации по преимуществам и недостаткам методов восстановления и упрочнения поверхностей

Метод технологии упрочнения	Важнейшие недостатки метода	Важнейшие преимущества метода
Азотирование	Большая длительность процесса.	Материал обладает высокой износостойкостью, поверхность имеет низкую склонность к задирам [3]. Повышается прочность стали, снижается вязкость.
Борирование	Высокая шероховатость поверхности и повышенная хрупкость покрытия [4].	Материал имеет высокую коррозионную стойкость, повышенную окислительную стойкость [3]. Твердость не изменяется до температур 930-950 °С.
Диффузионные покрытия	Для проведения процесса требуются высокие температуры 1100-1200 °С.	Материал обладает высокой износостойкостью, поверхность имеет низкую склонность к задирам. Высокая прочность сцепления с подложкой.
Гальваническое хромирование	Создают в поверхностном слое основного металла напряжения, способствующие развитию трещин.	Повышенная химическая стойкость материала, низкий коэффициент трения. Хромирование приводит к снижению сопротивления усталости.
Газотермическое напыление	Нельзя наносить покрытия на детали с высокой точностью размеров.	Состав газотермической смеси можно регулировать. Возможно нанесение покрытия любой толщины.
Химическая парофазная металлизация (CVD-процесс)	Дорогое оборудование; необходимо использование токсичных реагентов.	Высокая прочность сцепления покрытия с основой, примерно 250 МПа. Высокая скорость процесса. Возможна металлизация неметаллических материалов.
Электроискровые покрытия	Позволяет получить довольно малую толщину покрытия, неравномерное распределение твердости по периметру слоя.	Создание локальных покрытий в заданных местах радиусом от долей миллиметра. Высокая прочность сцепления покрытия с подложкой. Возможна обработка неметаллических материалов.
Плазменное упрочнение	Дорогостоящее оборудование; образование многочисленных дефектов строения.	Возможность насыщения поверхности различными газами.

В заключении, к данному исследованию, необходимо отметить, что современное машиностроение, имеет большие перспективы получения поверхностной твердости деталей порядка 17000 МПа и более.

Для получения данных значений можно рассмотреть к внедрению на производства – плазменное упрочнение или парофазную металлизацию (CVD-процесс).

Список литературы

1. Электроискровые толстослойные покрытия повышенной сплошности: формирование, свойства, применение: монография / В.И. Иванов; под ред.

- В.И. Черноиванова. – Москва; Вологда: Инфра-инженерия, 2020. – 228 с.
2. Прохоров А.П., Баранова А.А. Перспективы развития процессов химико-термического упрочнения легированных сталей (обзорная информация) // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 70-2. С. 78-85. DOI: 10.18411/lj-02-2021-59
 3. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Альянс, 2009. – 528 с.
 4. Чернов Я.Б., Анфиногенов А.И., Щуров Н.И. Борирование сталей в ионных расплавах. – Екатеринбург: УрО РАН, 2001. – 222с.

References

1. Electro-spark thick-layer coatings of increased continuity: formation, properties, application: monograph / V.I. Ivanov; ed. by V.I. Chernoi Ivanov. – Moscow; Vologda: Infra-engineering, 2020. – 228p.
2. Prokhorov A.P., Baranova A.A. Perspectives of development of processes of chemical-thermal hardening of alloyed steels (overview) // Trends in the development of science and education. 2021. No. 70-2. P. 78-85. DOI: 10.18411/lj-02-2021-59
3. Lakhtin Yu.M., Leontieva V.P. Material Science: Textbook for higher technical educational institutions. – 5th ed., reprint and add. – M.: Alliance, 2009. – 528p.
4. Chernov Ya.B., Anfinogenov A.I., Shchurov N.I. Borination of steels in ionic melts. – Ekaterinburg: UrO RAS, 2001. – 222p.

<p>Прохоров Алексей Павлович – бакалавр, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г.Нижний Новгород, Россия, alek.pro2014@gmail.com</p>	<p>Prokhorov Alexey Pavlovich – bachelor student, Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia, alek.pro2014@gmail.com</p>
---	---

Received 30.03.2021