

університет». Серія «Електротехніка і енергетика». – випуск 11 (186). – Донецьк, 2011. – С. 353 – 359. **3.** Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 640 с. **4.** IEEE Guide for AC Motor Protection IEEE Std C37.96-2000. Revision of IEEE Std C37.96-1988 / IEEE Power Engineering Society – Approved 30 March 2000. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. Copyright © 2000 by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. **5.** Сивокобыленко В.Ф. Микропроцессорная защита от тепловой перегрузки асинхронного электродвигателя / В.Ф. Сивокобыленко, С.Н. Ткаченко // Науково-прикладний журнал «Технічна електродинаміка». Тематичний випуск «Проблеми сучасної енергетики». Інститут електродинаміки, Національна академія наук України. – Частина 1. – Київ, 2008. – С. 47 – 52. **6.** Сивокобыленко В.Ф. Математическое моделирование характеристик асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором с учётом потерь в стали / В.Ф. Сивокобыленко, С.Н. Ткаченко // Збірник наукових праць ДВНЗ «Донецький національний технічний університет». Серія «Електротехніка і енергетика». – випуск 7 (128). – Донецьк, 2007. – С. 126 – 131. **7.** Сивокобыленко В.Ф., Лебедев В.К. Переходные процессы в системах электроснабжения собственных нужд электростанций. Уч. пособие, Донецк, ДонНТУ, 2002. – 136 с. **8.** Сивокобыленко В.Ф. Моделирование алгоритма тепловой защиты короткозамкнутого ротора асинхронного электродвигателя / В.Ф. Сивокобыленко, С.Н. Ткаченко // Вісник національного університету «Львівська політехніка». «Електроенергетичні та електромеханічні системи». – № 654. – Львів, 2009. – С.203–209.

## СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СУДОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

**Стальниченко О.И.** (ОНМУ, Одесса, Украина)  
Тел./Факс 0506533104; E-mail: [tm.kafedra@yandex.ua](mailto:tm.kafedra@yandex.ua)

***Abstract:** In the field of restoring of details has accumulated a huge experience, carried out a great volume of research. Developed high-performance technologies, created specialized equipment and accessories, surfacing materials, specialized areas for the restoration of the ship's parts.*

Ежегодно на судоремонтных предприятиях восстанавливается и ремонтируется 75–80 % изношенных деталей машин и механизмов. Масштабы применения сварки увеличиваются. Особое место в сварочном производстве занимает механизированная наплавка. Среди способов наплавки как по номенклатуре наплавляемых изделий, так и по массе наплавленного металла на дуговую наплавку приходится около 90 %. Применяется механизированная наплавка под флюсом, в среде защитных газов порошковой проволокой и проволокой сплошного сечения, электродной лентой под флюсом, плазменно-порошковая наплавка и напыление.

В промышленно-развитых странах придают большое значение совершенствованию технологических процессов, поиску новых способов восстановления, разработке сварочных и наплавочных материалов. На запасные части приходится основная доля затрат (40-75 %) в себестоимости капитального ремонта машин. Восстановительная наплавка позволяет уменьшить поставку запасных частей, снизить себестоимость ремонта и сэкономить большое количество металла и трудовых ресурсов.

Рост требований к повышению износостойкости деталей машин и оборудования выдвигает задачу дальнейшего совершенствования существующих технологий, расширения номенклатуры сварочных материалов, создания нового оборудования для сварки, наплавки и напыления. Одной из актуальных задач ремонтных предприятий является повышение качества восстановления деталей, внедрение передовых технологий, обеспечивающих работоспособность восстановленных изделий на уровне новых.

Количественный рост морского флота, увеличение эксплуатационного периода судов, переход на тяжелые сорта топлива и другие факторы в настоящее время привели к значительному дефициту в запасных частях. Анализ указанных факторов и существующих принципов обеспечения запасными частями показывает, что потребность флота в запасных частях будет постоянно возрастать. Существенным резервом снижения потребности в запасных частях является организация системы обеспечения флота восстановленными изделиями. Эта задача легко решается внедрением системного подхода.

Решение вопроса повышения износостойкости деталей машин, восстановленных наплавкой и напылением, – важная задача, которая способствует значительному увеличению их долговечности и обеспечивает экономию дорогих и дефицитных материалов, энергии, трудовых ресурсов и материальных затрат.

Рост интенсивности эксплуатации современных двигателей обусловил значительное повышение требований к их долговечности и надежности. Попытки достичь требуемых параметров детали путем использования для ее изготовления новых материалов не всегда дают нужный эффект и сопряжены с ее резким удорожанием.

Большинство деталей выбраковывается при изнашивании только некоторых поверхностей на небольшую глубину, что сопровождается потерей не более 0,5 – 2,0 % массы. При утилизации безвозмездно теряется заключенный в них неиспользованный труд, а зачастую и дефицитные легирующие элементы. В тоже время их можно реставрировать как заготовки новых деталей с возможностью восполнения потери металла на изношенных участках и даже придания рабочей поверхности специальных свойств.

Таким образом, решение проблемы экономии ресурсов заключается в продлении срока службы деталей судовых машин, механизмов и устройств путем упрочнения быстроизнашивающихся поверхностей нанесением тонких слоев покрытий или наплавкой материалов с заданными свойствами как при изготовлении новых, так и при восстановлении изношенных деталей.

Большинство деталей ДВС работают в тяжелых условиях, например, детали цилиндропоршневой группы. Они должны сохранять длительную работоспособность в условиях высоких, циклически меняющихся температур и давлений в камере сгорания, обеспечивать теплоотвод в охлаждающую жидкость, износостойкость при ограниченной смазке, коррозионной среде, в присутствии абразива.

Традиционные материалы, применяемые для изготовления деталей ДВС, и методы их упрочнения термообработкой уже не могут удовлетворять требованиям современного двигателестроения.

В настоящее время разработаны прогрессивные технологические процессы и создано оборудование, позволяющее восстанавливать и упрочнять поверхности деталей с увеличением срока их службы в несколько раз. Сюда относятся технологии газотермического напыления (плазменная, газопламенная, детонационная, электродуговая металлизация), различные виды наплавки, электроискровое легирование и др. Восстанавливаются и упрочняются наплавкой и напылением

следующие детали ДВС: поршни, поршневые колодцы, клапаны, головки цилиндров, втулки цилиндров, кулачковые шайбы, седла клапанов, коленчатые валы. [1]

В качестве материалов покрытий применяют углеродистые и легированные стали, сплавы на основе никеля и кобальта, карбиды, нитриды, бориды, оксиды и др. Способ нанесения покрытия определяется в основном составом и условиями эксплуатации изделия.

На практике все еще часто используют методы диффузионного насыщения, гальванического осаждения. Диффузионные покрытия обладают высокой плотностью, прочным сцеплением с основой и характеризуются изменением свойств по толщине. Недостатком метода является длительность выполнения операции, возможность деформации изделия во время обработки. Поэтому приобретает важное значение разработка способов интенсификации этого процесса.

В ряде случаев предпочтительным является комбинированный метод электрического или плазменного нанесения покрытий с последующей химико-термической обработкой.

Износостойкость сплавов на основе титана существенно повышается при нанесении на их поверхность слоев железа, никеля или меди и последующем азотировании. Хорошие результаты дает борирование электролитических слоев различных металлов (Ni, Co, Cr), нанесенных на изделия из конструкционных материалов.

Азотирование электролитических покрытий в 5-10 раз повышает износостойкость стальных изделий. Цементация электролитического сплава железа с хромом, нанесенного на сталь 45, повышает его износостойкость в 5,5 раза.

Перспективным является метод нанесения композиционных электролитических покрытий, при котором одновременно осаждаются металлы из солей, растворенных в электролите, и частицы твердой фазы, находящейся в нем во взвешенном состоянии. В качестве твердой фазы применяют порошки бора, карбидов, интерметаллических соединений, которые закрепляются в осажденном слое металлической составляющей. Затем следует термическая или химико-термическая обработка, в процессе которой происходит припекание нанесенного слоя к основе и взаимодействие компонентов покрытия с образованием новых фазовых составляющих, обеспечивающих требуемые свойства защитного покрытия. Такие покрытия можно наносить на поверхность деталей из сталей, чугуна, сплавов меди и других, работающих в условиях ограниченной подачи смазочного материала, в абразивных и гидроабразивных средах.

Метод плазменного восстановления изношенных деталей более экономичен. При этом можно наносить покрытия из порошков или проволоки практически любых металлов и сплавов, из порошков оксидов, нитридов, оксикарбидов, карбонитридов и других соединений.

Детонационным напылением можно получить прочные сцепления покрытий из карбида вольфрама с кобальтом и никелем, карбида хрома с нихромом, оксидов алюминия с различными металлами, карбида титана с нержавеющей сталью и др.

Детонационные покрытия наносятся на шейки валов, поверхности кулачков, подшипники, детали насосов, компрессоров, детали газотурбинных двигателей.

Нанесение покрытий диктуется необходимостью повысить работоспособность судовых машин и механизмов при одновременном увеличении скоростей, нагрузок, температур, производительности и других параметров. Решение этой проблемы путем изготовления деталей из дорогих высоколегированных материалов и цветных сплавов в большинстве случаев не является экономически оправданным. При нанесении покрытий можно получить более высокий комплекс физико-механических свойств с использованием основы из менее дорогих металлов.

Весьма перспективно нанесение керамических покрытий. Оксидная керамика обладает значительной твердостью, химической стойкостью, высокой температурой плавления и низкой теплопроводностью. Однако реализация этого способа затруднена: для получения высококачественных покрытий необходимо выполнить ряд трудносовместимых условий. Так, для полного проплавления частиц нужно увеличить температуру плазменной струи, а для предотвращения перегрева изделия повышение этого параметра крайне нежелательно.

В ИЭС им Е.О. Патона проводились исследования и разработаны оптимальные режимы плазменного напыления керамических оксидных покрытий.

В США широко использовался процесс напыления с помощью переходящей плазменной дуги. Сущность способа заключается в том, что между катодом и кольцевым анодом (соплом) создается дуговой разряд, в результате чего плазмообразующий газ ионизируется, температура в локализованной зоне превышает 13000 К и создается низкотемпературная плазма. Напыляемый материал подается в ионизированную электрической дугой плазменную струю, расплавляется и наносится на поверхность изделия. В результате напыления образуется сплошной контакт между покрытием и основным металлом.

Каждый из перечисленных методов имеет свою область применения и свойственные ему преимущества и недостатки.

Металлизацию расплавлением порошкообразного металла применяют в тех случаях, когда на поверхности детали изношен сравнительно тонкий слой материала. Покрытия, выполненные методом огневого напыления, в противоположность сварке, не обладают достаточной внутренней прочностью.

Технология нанесения металлических покрытий продолжает развиваться применительно к новым задачам техники и использованию новых материалов.

Практика показывает, что надежность и долговечность деталей, восстановленных напылением, достигает уровня новых, а стоимость их восстановления значительно ниже новых. Об экономической эффективности восстановления деталей наплавкой и напылением говорит тот факт, что ряд ремонтных предприятий организовали специальные обменные пункты по замене изношенных деталей на восстановленные. Поэтому организация широкого восстановления и упрочнения деталей методом наплавки и напыления является одним из главных путей снижения затрат на их приобретение.

**Список литературы:** 1. Стальниченко О.И. Прогрессивные технологии восстановления упрочнения деталей судовых энергетических установок. Киев. «Вища школа», 1994. 167 стр.