

РЕМОНТ ИННОВАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕРНИЗАЦИЯ

🔧 **Высокоскоростная механическая обработка в условиях реального производства**

🔥 **Плазменный метод для защиты от износа и коррозии**

🌟 **Лазер – это перспективно**

🔍 **К вопросу о совершенствовании технологической оснастки**

**Быстросменный инструмент.
Точность установки, надежность
и взаимозаменяемость**





ПЛАЗМА В РЕМОНТЕ И УПРОЧНЕНИИ

Главные причины потери полезных свойств машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки – моральное устаревание, разрушение и износ. Практика показывает, что большая часть механического оборудования при эксплуатации теряет свою работоспособность не вследствие поломок, а именно в результате износа поверхностей отдельных деталей.

За полный цикл эксплуатации машин эксплуатационные расходы, трудоемкость ремонта и затраты материалов на ремонт в несколько раз превышают затраты на производство новых машин. Ремонтом оборудования, например в Германии, занято около 30% общего числа рабочих и примерно такая же часть станочного парка. На ремонт расходуется пятая часть всего выплавленного металла. Сопrotивление трению поглощает во всем мире 30-40% вырабатываемой энергии. Потери финансовых средств в машиностроении развитых государств вследствие трения и износа достигают 4...5% национального дохода.

Повышение долговечности технических средств равносильно не только повышению производительности, но и высвобождению огромных ресурсов рабочей силы, сырья, материалов и финансовых капитальных вложений. В ряде ведущих стран проблемы защиты деталей и изделий от износа и коррозии являются центральным звеном решения таких национальных проблем, как экономия энергии, сокращение расхода материалов, обеспечение надежности и безопасности механических систем. При этом экономия за счет внедрения результатов эффективной технической политики в этой области для промышленности США составляет 20-30 миллиардов долларов. В Великобритании работа, проводимая в рамках государства, обеспечивает ежегодный экономический эффект, эквивалентный 2% валового национального продукта. В Германии создана государственная программа по сохранению материальных ресурсов за счет эффективной борьбы с износом и коррозией, в которой нашло отражение 80 главных проблем по этой тематике.

Решение проблем по защите от износа и коррозии, восстановлению и ремонту деталей и изделий, стоящих перед отечественными предприятиями промышленного, агропромышленного, лесного, топливно-энергетического комплексов, муниципальных хозяйств города и области также могут сэкономить бюджету значительные денежные средства. Однако, в нашей стране они характеризуются низкой активностью решения по целому ряду причин: из-за нежелания предприятий снижать свою расходную часть; производителю не выгодно увеличивать срок службы изнашиваемых деталей в связи с сокращением их количества при продаже в качестве запасных частей; эксплуатационнику не выгодно ввиду бюджетного финансирования ремонтных работ и возможности закупки новых запасных частей с минимальными трудозатратами; подрядчику ремонтных работ не выгодно ввиду сокращения количества заказов. Фирмы, предлагающие свои услуги на рынке методов борьбы с износом и коррозией, подчас владеют только каким-нибудь

одним из способов. Поэтому объективный вариант решения выдвигаемых задач заказчиками с технической и экономической стороны ими может быть и не предложен.

Борьба с износом в большинстве случаев основывается на традиционном конструировании деталей из объемно-легированных материалов с последующей термической обработкой, применением широко известных методов химико-термической обработки или нанесения электрохимических покрытий. В настоящее время такой подход осложняется дефицитностью и сокращением номенклатуры материалов выпускаемых металлоизделий, их чрезмерно высокой стоимостью, большими энергозатратами на термическую или химико-термическую обработку, экологическими проблемами, связанными с гальваническим производством. Кроме того, постоянно выдвигаемые требования к надежности, долговечности, конкурентоспособности изделий, новым условиям эксплуатации машин и механизмов принципиально не могут быть удовлетворены при использовании какого-либо одного сложнoleгированного сплава. В связи с этим технически целесообразно применять детали и изделия, свойства которых на поверхности кардинально отличаются от свойств сердцевины материала за счет использования современных покрытий и методов поверхностного упрочнения.

Современный уровень развития науки и техники позволил разработать новейшие технологические процессы упрочнения и нанесения защитных покрытий (финишное плазменное упрочнение, плазменная модификация, плазменная наплавка-напыление, высокоскоростное газотермическое напыление), современные материалы (обладающие повышенной защитой против абразивного износа на основе вторичного карбида вольфрама, алмазоподобные, являющиеся одними из лучших антифрикционных материалов, материалы на основе алюминия и цинка, способные противостоять коррозионному износу в течение 30-50 лет и др.), новое поколение оборудования для упрочнения и нанесения защитных покрытий, программное обеспечение технологий. Для успешного внедрения в производство все эти последние достижения требуют активной демонстрации, возможности изготовления опытных и натуральных образцов и деталей, широкого ознакомления ведущих технических специалистов с технологиями, оборудованием и программным продуктом. Рассмотрим плазменные методы обработки материалов. Общий принцип работы плазменного оборудования - прямое преобразование электрической энергии в энергию технологического воздействия, которая может обеспечивать целый комплекс обрабатывающих процессов: сварку, резку, наплавку, напыление, осаждение, упрочнение, модификацию, закалку.

При использовании высококонцентрированных плазменных потоков реализуются почти все известные виды теплофизических и физико-химических превращений в материалах. Это позволяет экономно, производительно и целенаправленно формировать оптимальные, с точки зрения условий их экс-

плуатации, свойства поверхности деталей и инструмента.

В настоящее время на практике реализуются пять плазменных технологий нанесения покрытий и изменения свойств поверхностного слоя:

- наплавка поверхностей порошковыми и проволочными материалами на железной, никелевой, кобальтовой, медной и других основах слоями толщиной от 1 до 4 мм;
- напыление порошковых и проволочных покрытий толщиной до 1 мм с температурой нагрева изделия менее 100 °С, исключая его деформацию и структурные изменения металла основы;
- финишное плазменное упрочнение (ФПУ) инструмента, штампов, деталей машин с нанесением алмазоподобного покрытия толщиной до 2 мкм (без изменения шероховатости поверхности, при нагреве изделия менее 100°С), обеспечивающее повышение работоспособности изделий в 2 - 10 раз;
- модификация поверхности за счет скоростных химико-термических взаимодействий плазменных струй с поверхностью металла с целью повышения износо- и коррозионной стойкости и твердости низкоуглеродистых сталей;
- закалка поверхности на глубину до 1,5-2 мм (с оплавлением или без оплавления) с возможностью регуляризации параметров поверхностного слоя.



Рис. 1. Комплекс оборудования для финишного плазменного упрочнения с нанесением алмазоподобного покрытия

Для реализации вышеназванных процессов разработан целый комплекс оборудования. Среди новейших разработок следует отметить оборудование для финишного плазменного упрочнения (ФПУ) с нанесением алмазоподобного покрытия (рис. 1) и плазменной наплавки-напыления (рис. 2).

ФПУ инструмента и технологической оснастки, обеспечивающее нанесение износостойкого тонкопленочного (до 3-х мкм) покрытия в безвакуумном пространстве при атмосферном давлении, относится к новым промышленным технологиям. При этом



Рис. 2. Плазменная наплавка – напыление задвижки газовой арматуры

упрочнение инструмента, оснастки и деталей машин происходит при интегральной температуре нагрева изделий в процессе обработки порядка 100 °С, параметры шероховатости поверхности после ФПУ не изменяются. Данный процесс, предназначенный для повышения долговечности рабочих поверхностей изделий, изготовленных с помощью традиционных методов, является заключительной финишной операцией, поэтому он назван – финишное плазменное упрочнение (ФПУ). Наносимое в процессе ФПУ алмазоподобное покрытие имеет повышенную твердость (до 53 ГПа), низкий коэффициент трения (0,04-0,08 по стали ШХ15), обладает химической инертностью, высоким удельным электрическим сопротивлением (10^{10} Ом·м). Использование

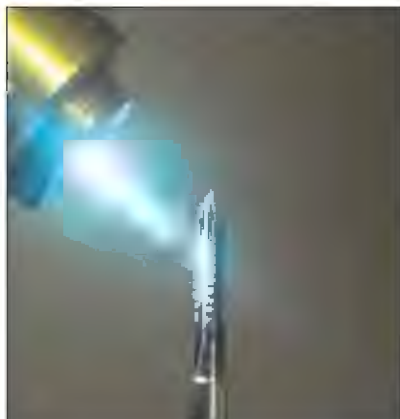


Рис. 3. ФПУ метчика М5х0,8 (ОАО ПО «Стрела», Оренбург). Повышение стойкости в 8 раз

данного оборудования в промышленных условиях позволяет более чем в 3-5 раз повысить стойкость формообразующей оснастки, инструмента и деталей машин.

В настоящее время среди методов порошковой плазменной наплавки наибольшее распространение в России имеет способ, при котором используется сжатая прямая дуга, горящая между электродом и изделием. В то же время за рубежом наиболее активно используется метод порошковой плазменной наплавки, получивший название РТА - процесс (plasma transferred arc). При этом методе действуют одновременно основная дуга (горящая между электродом и изделием) и косвенная или пилотная дуга (горящая внутри плазмотрона



Рис. 4. ФПУ отрезных ножей для штамповки шариков Ø5.953 на холодновысадочных автоматах (ЗАО «Вологодский подшипниковый завод», Вологда). Повышение стойкости в 5 раз

на между электродом и плазмобразующим соплом). В связи с тем, что процесс нанесения покрытий только косвенной плазменной дугой в России называется плазменным напылением, новая технология получила название плазменная наплавка-напыление (ПНН).

Таким образом, процесс ПНН - это метод нанесения порошковых покрытий толщиной 0,5 - 4,0 мм с гибким регулированием ввода тепла в порошок и изделие плазмотроном с двумя дугами - основной и пилотной.

Поскольку покрытия наносимые методом плазменного напыления ограничены толщиной порядка 1 мм, за пределами которой проявляется тенденция к отслаиванию (вследствие высоких внутренних напряжений), а покрытия, наносимые плазменной наплавкой традиционным способом с использованием только основной дуги связаны с большим проплавлением основного металла и его перемешиванием с присадочным материалом (соответственно, с отсутствием необходимых свойств покрытия в первом наплавленном слое), то данная технология ПНН относится к гибридным процессам, совмещающим положительные характеристики процессов наплавки и напыления.

Качество нанесенных покрытий методом плазменного напыления зависит от большого числа входных параметров. При этом в настоящий момент не существует количественных неразрушающих методов контроля качества плазменных напыленных покрытий. Поэтому получение беспористых покрытий с максимальными адгезионными свойствами за счет использования второго источника тепла - основной дуги, позволило значительно повысить качество и эксплуатационные характеристики покрытий.

Процесс ПНН (РТА - процесс) обеспечивает использование пилотной (косвенной) дуги для расплавления присадочного порошка и основной дуги (переносимой) для поддержания необходимой температуры частиц порошка осаждаемой на детали. При этом увеличение времени нахождения частиц порошка при высокой температуре способствует максимальному сцеплению и уплотнению частиц с минимальным перегревом поверхности детали. Оптимизация основных характеристик процесса (токов основной и пилотной дуги, расстояния до изделия, скорости подачи порошка и скорости перемещения плазмотрона) выявило минимальную чувствительность к скорости подачи порошка и в определенных пределах к скорости перемещения плазмотрона.

При анализе микроструктуры самофлюсующихся покрытий, нанесенных методом ПНН,

было отмечено получение литой структуры (в отличие от слоистой структуры, типичной для процессов плазменного напыления), а также отсутствие пористости (около 0,3 %). Микротвердость покрытия составила HV 800. Зона термического влияния зафиксирована порядка 0,5 мм, в то время как при плазменной наплавке она составляет около 3-4 мм.

Процесс ПНН наиболее часто используется для наплавки автомобильных и судовых клапанов, различных эксцентров и шнеков, посадочных мест деталей арматуры, при нанесении абразивостойких покрытий на основе карбидов вольфрама и других деталей.

На рис.3-5 показаны примеры использования технологии финишного плазменного упрочнения с нанесением алмазоподобного покрытия.



Рис.5. ФПУ пуансона для таблеточной роторной машины (Dexsel Ltd, Хайфа, Израиль). Повышение стойкости в 4 раза

Внедрение современных технологий защиты от износа и коррозии, в том числе плазменных методов обработки, позволит повысить эффективность работы любых промышленных производств.

Одним из наиболее эффективных способов получения новейшей информации о современных технологиях защиты от износа и коррозии является участие в проводимых в Санкт-Петербурге научно-практических конференциях «Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки» (www.plasmacentre.ru/conf). В период с 15 по 18 апреля 2008г. организатор конференции Научно-производственная фирма «Плазмацентр» уже в 10 раз предоставит широкой аудитории возможность не только ознакомиться с новыми разработками, но и напрямую пообщаться со специалистами-практиками.

П.А. Тополянский,
к.т.н., генеральный директор
НПФ «Плазмацентр» (Санкт-Петербург)