

2. Власов В.М. Управление технологическими процессами технического обслуживания и ремонта автомобилей (Деловые игры) / МАДИ. – М.: 1982. – Ч.1.

3. Орвис В. Excel для ученых, инженеров и студентов – М.: Юниор, 1999. – 528 с.

4. Организация, планирование и управление в автотранспортном предприятии: учебник для вузов / М.П. Улицкий, К.А. Савченко-Бельский, Н.Ф. Билибина [и др.]; под ред. М.П. Улицкого. – М.: Транспорт, 1994.

УДК 621.789/79:621.9.025.77 /

Шмелев Е.В.

Научный руководитель: ст. преподаватель Левданский А.М.

ФИНИШНОЕ ПЛАЗМЕННОЕ УПРОЧНЕНИЕ АЛМАЗОПОДОБНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Эта статья – результат анализа последних достижений в области упрочнения инструментальных материалов. В ней приводятся данные о современном и перспективном методе упрочнения.

Как известно, одним из требований, предъявляемых к инструменту, является его долговечность. С целью многократного (от 2 до 10 раз) повышения долговечности инструмента, оснастки и других изделий используется разработанная специалистами научно-производственной фирмы "Плазмацентр" новая технология – финишное плазменное упрочнение (ФПУ). Это экологически чистый метод нанесения при атмосферном давлении алмазоподобного тонкопленочного покрытия. Покрытие является продуктом плазмохимических реакций паров реагентов, прошедших через дуговой плазмотрон. Данный процесс используется в качестве окончательной финишной операции.

В процессе ФПУ на изделие наносится покрытие из оксикарбонитрида кремния. Многие свойства этого покрытия по своему уровню приближаются к свойствам алмаза: высокая твердость (примерно 52 ГПа), химическая стойкость к кислотам и щелочам, прозрачность, низкий коэффициент трения, высокое удельное электрическое сопротивление и др.

В качестве плазмообразующего газа используется аргон, исходным материалом для прохождения плазмохимических реакций и образования покрытия является специальный жидкий двухкомпонентный препарат СЕТОЛ. Его расход не превышает 0,5 г/ч (не более 0,5 литра в год). Скорость перемещения плазматрона – 1-10 мм/с, расстояние между плазмотроном и изделием – 10-15 мм, диаметр пятна упрочнения – 12-15 мм, толщина покрытия – 0,5-3 мкм. Температура нагрева деталей при ФПУ не превышает 100-150°C.

Оборудование для ФПУ включает в себя источник тока, блок аппаратуры с жидкостным дозатором, плазмотрон с плазмохимическим генератором. Дополнительно данное оборудование может комплектоваться манипулятором, блоком автономного охлаждения, мобильной вытяжной системой и прибором контроля нанесения покрытия. Контроль качества ФПУ осуществляется по наличию и сравнению цветовой гаммы покрытия на обработанной поверхности и эталона, а также другими методами.

Как было отмечено, ФПУ многократно повышает долговечность изделий. Это происходит за счет различных факторов:

1. За счет увеличения микротвердости поверхностного слоя.

Микротвердость практических любых материалов используемых в производстве изнашиваемых деталей после закалки составляет порядка 5 ГПа, после азотирования – до 8 ГПа, после хромирования – до 11 ГПа, после нанесения нитрида титана – до 24 ГПа. Микротвердость алмаза – порядка 72 ГПа. Микротвердость упрочняющего покрытия, наносимого при ФПУ, достигает порядка 52 ГПа.

2. За счет уменьшения коэффициента трения между трущимися поверхностями.

3. За счет нанесения химически инертного покрытия.

4. За счет залечивания микротрещин и следов от предшествующей обработки.

Поверхности после финишной абразивной обработки имеют значительное количество микродефектов. Большинство изнашиваемых деталей подвержены усталостному разрушению, вследствие того, что на поверхности создаются растягивающие остаточные напряжения, которые стремятся раскрыть существующие микротрещины и приводят к выкрашиванию отдельных частиц поверхности. После ФПУ в поверхностном слое металла наводятся сжимающие остаточные напряжения, которые обеспечивают условия залечивания микротрещин и тем самым противодействуют усталостному разрушению. После ФПУ кардинально изменяется топография поверхности. На рисунке 1 показана топография поверхности образца с покрытием до (а) и после (б) ФПУ. Очевидно, что до ФПУ на поверхности образца присутствуют риски и дефекты, а после ФПУ субмикрорельеф поверхности однородный.

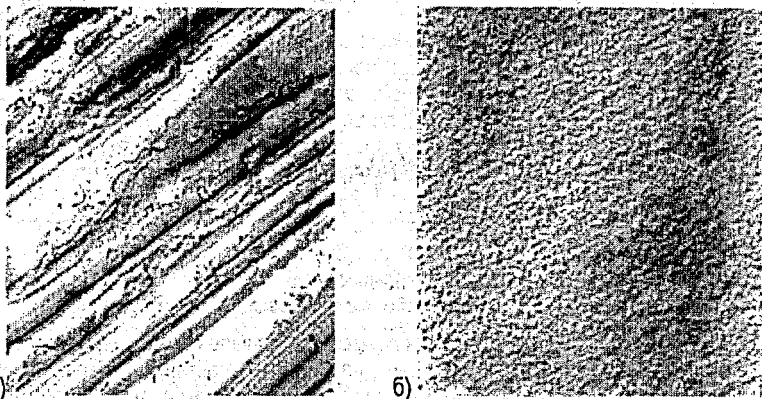


Рисунок 1 – Топография поверхности образца с покрытием до (а) и после (б) ФПУ (x5000)

5. За счет диэлектрических свойств покрытия.

6. За счет антиадгезионных свойств покрытия.

7. За счет лучшего смачивания поверхности маслами и смазками.

8. За счет жаростойких и теплостойких свойств покрытия.

9. За счет барьерных свойств поверхности.

10. За счет фретингостойких свойств покрытия.

11. За счет свойств покрытия, противодействующих водородному изнашиванию.

12. За счет уменьшения параметров шероховатости упроченной поверхности.

Высотные и шаговые параметры шероховатости R_a влияют на износостойкость поверхностей трения. После ФПУ эти параметры уменьшаются, что сказывается на уменьшении количества выкрашиваемых выступов профиля, приработочного и установившегося износа. На рисунке 2 показана шероховатость поверхности до (а) и после (б) ФПУ. В результате проводимых испытаний было выявлено, что:

- среднее арифметическое отклонение профиля R_a уменьшается в 2,5 раза;
- высота неровностей профиля по десяти точкам R_z уменьшается в 1,5 раза;
- среднее квадратическое отклонение профиля R_q уменьшается в 2 раза;
- наибольшая высота неровностей профиля R_{max} уменьшается в 1,5 раза;
- средний шаг местных выступов профиля S – без изменений;
- средний шаг неровностей профиля S_m уменьшается в 3 раза.

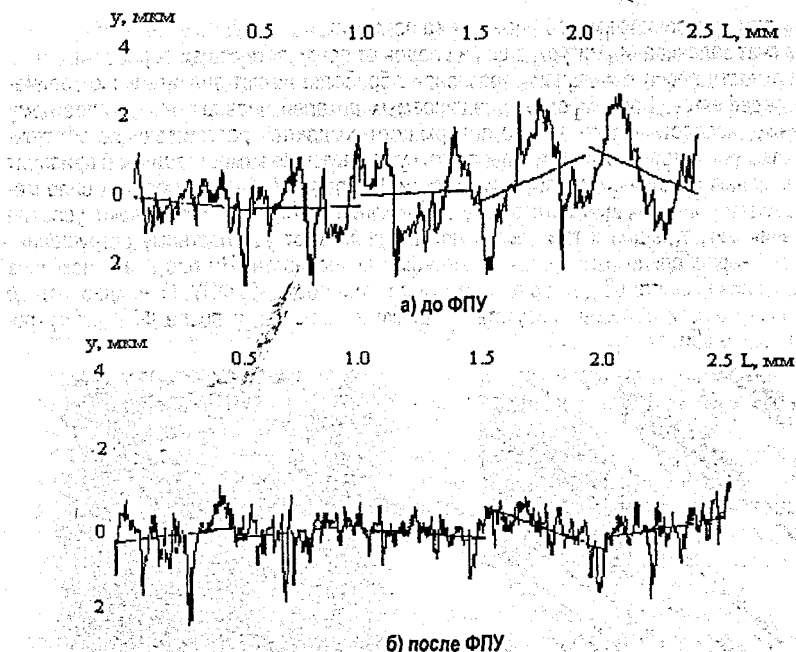


Рисунок 2 – Шероховатость поверхности образца до (а) и после (б) ФПУ

По сравнению с аналогами (ионно-плазменным напылением, лазерным и электроискровым упрочнением, эпиламированием, нанесением кластерных покрытий, детонационным напылением, дуговой металлизацией, электроимпульсным нанесением покрытий, электророзионным легированием) процесс ФПУ имеет преимущества:

- высокая воспроизводимость и стабильность упрочнения за счёт двойного эффекта - от износостойкого покрытия и структурных изменений в тонком приповерхностном слое;
- проведение процесса упрочнения на воздухе при температуре окружающей среды не требует применения вакуумных или других камер и ванн;
- вследствие нанесения тонкоплёночного покрытия (толщиной не более 3 микрон), укладываемого в допуски на размеры деталей, процесс упрочнения используется в качестве окончательной финишной операции;
- минимальный нагрев в процессе обработки (не более 100-150 °С) не вызывает деформаций деталей, а также позволяет упрочнять инструментальные стали с низкой температурой отпуска;
- возможность упрочнения локальных (по глубине и площади) объёмов деталей в местах износа с сохранением исходных свойств материала в остальном объёме;
- тонкоплёночное покрытие по микротвердости наиболее близко к алмазам;
- образующиеся на поверхности упрочнения сжимающие остаточные напряжения при циклической нагрузке повышают усталостную прочность изделия (для сравнения: после операции шлифования возникают растягивающие напряжения, ведущие к снижению усталостной прочности);
- высокая адгезионная прочность сцепления покрытия с основой обеспечивает максимальную сопротивляемость истиранию (в том числе – при взаимодействии инструмента с обрабатываемым материалом);

- низкий коэффициент трения способствует подавлению процессов наростообразования при резании или налипанию при штамповке и прессовании;
- формирование специфического микрорельефа поверхности способствует эффективному его заполнению смазочно-охлаждающей жидкостью при эксплуатации инструмента и деталей машин;
- образующееся на поверхности тонкоплёночное аморфное (стеклообразное) покрытие защищает изделие от воздействия высокой температуры (длительные испытания на высокотемпературную воздушную коррозию при температуре 1000-1200°С);
- высокая производительность упрочнения (время обработки, например, кромок вырубного штампа средних размеров может составлять несколько минут);
- простота операций по очистке и обезжириванию перед упрочнением (отсутствие специальной предварительной подготовки);
- возможность упрочнения поверхностей деталей любых габаритов в ручном или автоматическом режимах;
- минимальное потребление и низкая стоимость расходных материалов;
- низкая потребляемая мощность установки для упрочнения - менее 6 кВт;
- незначительная площадь, занимаемая оборудованием - 1-2 м²;
- малогабаритный плазмотрон для упрочнения (массой около 1кг) может быть легко закреплён на манипуляторе, в руке робота, а также позволяет вести обработку вручную;
- транспортабельность и маневренность оборудования (масса блока аппаратуры - менее 15 кг, источника питания - 100-200 кг);
- экологическая чистота процесса в связи с отсутствием отходов при упрочнении;
- минимальный уровень шума, не требующий специальных мер защиты;
- в отличие от методов упрочнения с использованием поверхностно-активных веществ - в данной технологии отсутствуют особые требования к помещению, нет контакта с токсичными материалами, не требуется затрат времени на выдержку в растворах и сушку обработанных деталей.

ФПУ является высокоэффективным и перспективным методом повышения стойкости инструмента: Этот метод позволит повысить производительность труда, снизить затраты на приобретение и ремонт инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тополянский П.А. Высокоэффективное финишное плазменное упрочнение алмазоподобными покрытиями рабочих поверхностей технологической оснастки и режущего инструмента // *Формы+*. Оснастка для переработки полимерных материалов. 2007. - № 2. - С. 23-27
2. Дорожкин Н.Н. Импульсные методы нанесения порошковых покрытий. - Л.: Машиностроение, 1983.
3. Хасуи А., Маригаки О. Наплавка и напыление. - М.: Машиностроение, 1985.
4. Немилев Е.Ф. Электроэрозионная обработка материалов. - Л.: Машиностроение, 1983.

УДК 519.714.7

Никонюк А.Н., Копылов Д.А.

Научный руководитель: ст. преподаватель Тузик И.В.

ГРАФИЧЕСКИЙ ЭМУЛЯТОР ВРЕМЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Сети Петри - достаточно наглядное, эффективное средство, которое применяется для моделирования самых разнообразных процессов ([1]). Сеть Петри представляет собой специального вида мультиграф, но может также быть задана при помощи матриц.