



Experience in the Use of Surface NDT for the Diagnostics of Military Equipment During Full-scale Military Operations

Andrii PODDUBCHENKO¹, Iuliia LYSENKO^{1,2}, Serhii HLABETS¹,
Yurii POSYPAIKO³, Oleksandr PAVLYI¹

¹ LLC “Diagnostychny Prylady”, Kyiv, Ukraine,
e-mail: alpavliy@gmail.com

² Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, Ukraine,
e-mail: j.lysenko@kpi.ua

³ E.O. Paton Electric Welding Institute, Kyiv, Ukraine

Опыт применения методов поверхностного неразрушающего контроля для диагностики военной техники в условиях полномасштабных боевых действий

Андрей ПОДДУБЧЕНКО¹, Юлия ЛЫСЕНКО^{1,2}, Сергей ГЛАБЕЦ¹,
Юрий ПОСЫПАЙКО³, Александр ПАВЛИЙ¹

Abstract

The article discusses penetrant non-destructive testing for express diagnostics of military equipment elements in the field environment. The authors proposed to conduct express diagnostics in order to identify potentially dangerous elements, plan repair actions and further prevent equipment failure at an inopportune moment. Compared to others, the advantages of penetrant testing are shown, and the results of experimental studies of real objects are also presented.

Keywords: penetrant testing, method of penetrating substances, military equipment, field conditions, express diagnostics

1. Введение

В связи с началом полномасштабных боевых действий на территории Украины, остро возникла необходимость проведения быстрой и качественной экспресс-диагностики военной техники. При этом полевые условия, отсутствие постоянного энергоснабжения и недоступность специального оборудования диагностики накладывают определенные требования к подбору и использованию давно известных и хорошо развитых методов неразрушающего контроля (НК) с точки зрения энергозатратности, быстроты и ресурсоемкости. К наиболее оптимальным методам НК в сложившихся условиях относят: метод проникающих веществ (капиллярный), магнитопорошковый и вакуумно-пузырьковый методы течеискания, которые эффективны для выявления дефектов сварных соединений и основного металла [1, 2].

2. Цель и задачи исследования

Известно, что наиболее часто возникающими задачами является контроль топливных баков на наличие течей и последующего устранения найденных дефектов.

Кроме того, необходимо проводить выявление поверхностных дефектов и трещин несущих рам боевых машин, кузовных деталей и других металлоконструкций как при естественном износе, так и после повреждений в результате боевых действий. Для последующего ремонта и устранения найденных дефектов также необходимо уточнение полной протяженности трещин.

3. Анализ методов исследования

Рассмотрим возможности применения капиллярного, магнитопорошкового, а также вакуумно-пузырькового метода течеискания для выявления нарушений сплошности в элементах военной техники в условиях эксплуатации. Все эти методы относятся к НК проникающими веществами, однако для их применения необходимы разные средства.

3.1. Капиллярный НК

Капиллярный НК позволяет обнаружить поверхностные и сквозные дефекты, по расположению, протяженности и форме которых можно судить о характере дефекта и причинах его возникновения [2]. Классический процесс контроля методом проникающих веществ описан в серии стандартов ДСТУ [EN ISO 3452, части 1-6](#) [3].

Практический опыт показал, что в полевых условиях наиболее удобным к применению является контрастный безводный процесс с применением цветного или цветного флуоресцентного пенетранта (второй и третий тип пенетранта, класс чувствительности 2), очистителя и проявителя на основе сольвентов (например семейство материалов MR Chemie - MR-68C, MR-88, MR-70) [4].

Составы для капиллярного метода в аэрозольных баллонах обладают рядом преимуществ:

- удобство транспортировки на место проведения контроля;
- легкость нанесения в труднодоступных местах на объектах сложной геометрии;
- быстрое обучение исполнителей, благодаря наглядности результатов контроля.

Однако при аэрозольном распылении покрывается избыточная область контролируемого изделия. В некоторых случаях целесообразно применение пенетранта в виде пены, например MR-67PS, что позволяет точно наносить пенетрант на контролируемый участок без загрязнения других зон изделия [4]. На рис. 1. приведена разница в процессе нанесения между пенетрантами с аэрозольным нанесением (рис.1а) и в виде пены (рис.1б).

Для выявления сквозных дефектов зачастую достаточно применения только проявителя. При нанесении проявителя на очищенную поверхность изделия, например бензобак, остатки топлива в сквозных несплошностях выполняют функцию проникающей жидкости вызывая контрастные индикаторные следы на белом проявителе. В условиях ограниченных ресурсов данный способ контроля является экономичным и быстрым.

3.2. Магнитопорошковый НК

При контроле магнитными порошками может быть использован аэрозольный комплект из магнитной суспензии и грунтовочной краски для получения контрастных индикаций.

Для намагничивания изделий применяется дефектоскоп, создающий мощное магнитное поле необходимой конфигурации. Выпускаются модели дефектоскопов на постоянных магнитах либо с автономным питанием. Кроме того, в условиях слабой освещенности, при проведении работ в темное время суток, рекомендуется

использование флуоресцентных магнитных суспензий (MR-76F), а также ультрафиолетового облучателя MR-96D UV led minilight с автономным питанием (рис. 2) [4].

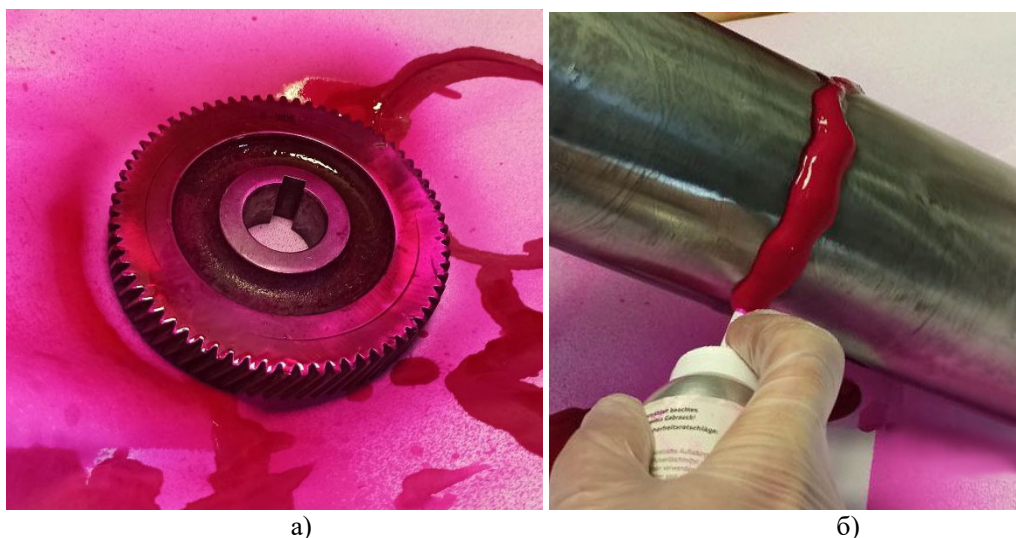


Рис. 1. Нанесение пенетрантов: а) аэрозольное нанесение, б) в виде пены



Рис. 2. Ультрафиолетовый облучатель MR-96D UV led minilight

Применение магнитопорошкового контроля возможно на ферромагнитных материалах и характеризуется высокой скоростью работ и небольшой трудоемкостью. Информация о методике проведения контроля регламентирована серией стандартов [ДСТУ EN ISO 9934](#) [5].

Однако необходимость намагничивания ограничивает перечень материалов, которые можно поддавать контролю, а оборудование для намагничивания не всегда подходит для работ в полевых условиях.

3.3. Вакуумно-пузырьковый метод

Вакуумно-пузырьковый метод контроля основан на регистрации изменения давления в замкнутом объеме изделия, то есть применяется для обнаружения сквозных дефектов (свищей, прожогов, сквозных трещин). При контроле данным способом, со стороны проверяемого участка сварного соединения, смоченного индикаторным раствором, устанавливается вакуум-камера и в ней создается разрежение. Наличие сквозных дефектов определяется появлением пузырьков индикаторного раствора. Рекомендуется использование дополнительных средств для обнаружения пузырьков на поверхности объекта контроля, например, применение подсветки, увеличительных стёкол и т.д.

Данный метод контроля оптимален для экспресс диагностики топливных баков военной техники и др. резервуаров.

К недостаткам метода можно отнести необходимость изготовления вакуум-камер под разную конфигурацию контролируемой поверхности, а громоздкое оборудование для создания вакуума, как правило с сетевым питанием.

4. Результаты и их обсуждение

Для проведения капиллярного НК некоторых деталей военной техники в полевых условиях были использованы пенетрант в виде пены MR-67PS, очиститель MR-88 и проявитель-аэрозоль на сольвентной основе MR-70.

Предварительно, перед нанесением пенетранта, с поверхности объекта контроля удалялись отслаивающиеся покрытия и загрязнения с использованием металлических щеток и очистителя MR-88. Учитывая, что в условиях боевых действий, проведение контроля в соответствии с общепринятыми рекомендациями затруднено, соответственно время ожидания после нанесения пенетранта было минимально возможным.

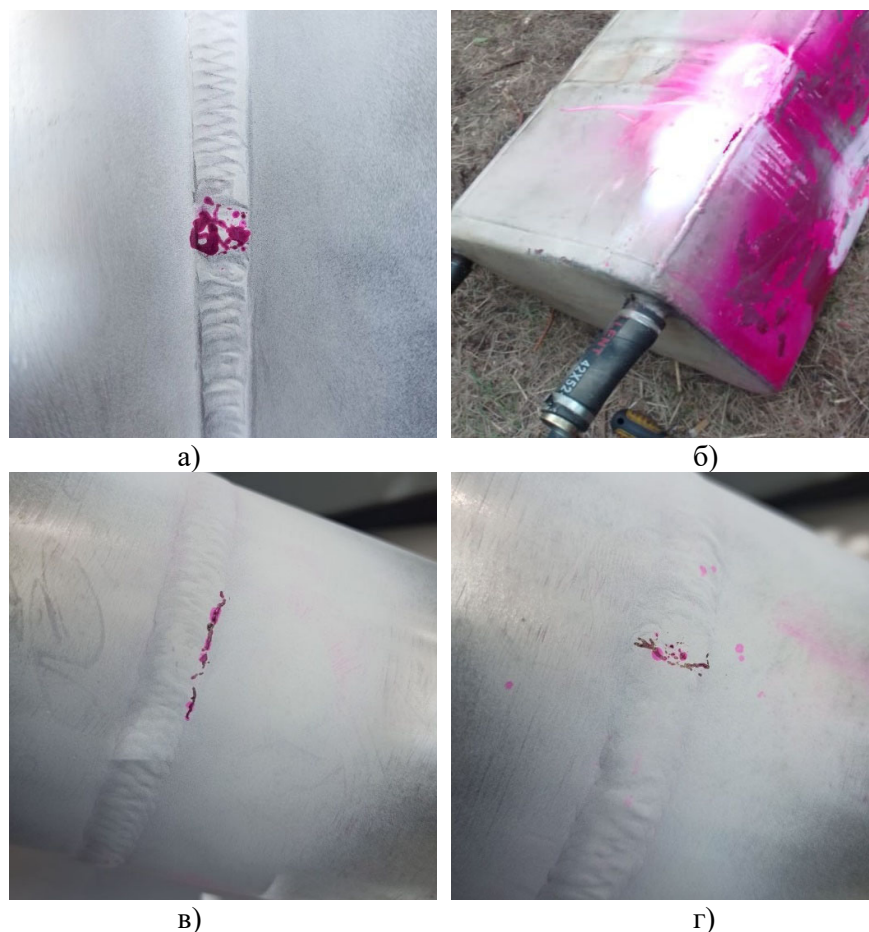


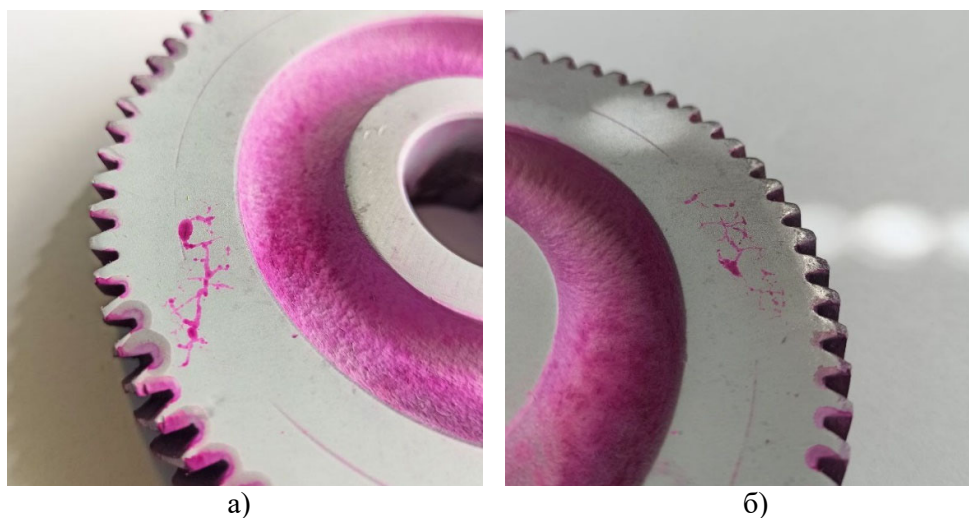
Рис. 3. Результаты контроля сварных соединений:
а) дефекты в стыковом сварочном шве; б) дефекты в продольном сварочном шве топливного бака; в) и г) – дефекты в кольцевом сварном шве трубчатой детали

На рис. 3 приведены результаты контроля качества сварных соединений деталей военной техники. Приведенные результаты свидетельствуют о возможности выявления

критически важных дефектов в условиях использования граничных значений по времени проведения контроля и возможности выявления дефектов с минимальной очисткой детали.

В дальнейшем ремонт и ликвидация течей, возникших по причине дефекта в сварочном соединении, выполняется сваркой, пайкой, нанесением герметика или клейких лент. Однако вовремя продиагностированная деталь позволяет прогнозировать ее остаточный ресурс и ресурс всего изделия в целом, продлить срок службы техники и элементов, а ремонт выявленных дефектов либо запланировать на подходящее для этого время, либо произвести немедленно.

Результаты обнаруженных дефектов зубчатых колес приведены на рис. 4. Как видно на снимках, достаточно легко идентифицировать дефекты в виде скопления трещин разной ориентации и протяженности.



**Рис. 4. Результаты капиллярного контроля зубчатого колеса:
а) и б) – скопления дефектов типа трещина**

Полученные данные могут быть использованы для прогнозирования остаточного ресурса и необходимости замены дефектных деталей, что в условиях военных действий позволяет заранее позаботиться о наличии запасных частей или списании техники.

5. Заключение

В данной работе продемонстрированы неоспоримые преимущества применения капиллярного метода НК для выявления поверхностных и сквозных дефектов в условиях ограниченных ресурсов - времени, энергоснабжения, оборудования и персонала. Этот метод позволяет обеспечить быструю качественную экспресс диагностику военной техники в полевых условиях, а также лишен указанных недостатков магнитопорошкового и вакуумно-пузырькового методов.

Благодаря простоте проведения и наглядности результатов возможно своевременное выявление повреждений топливных баков, несущих рам боевых машин, кузовных деталей и других металлоконструкций. Такой подход позволяет избежать отказа указанных элементов в критических условиях.

Описанный в работе подход экспресс диагностики военной техники хорошо зарекомендовал себя в реальной обстановке, что способствовало своевременному

проведению ремонтных работ для достижения максимального эффекта от применения данной техники.

Литература

1. Горкунов Б.М., Глоба С.Н. Капиллярный неразрушающий контроль. Чувствительность и оценка результатов контроля. Учебн.-метод. пособие. Харьков: НТУ"ХПИ", 2005, 72 с.
2. Petryk V.F., Protasov A.G., Galagan R.M., Muraviov A.V., Lysenko I.I. Smartphone-Based Automated Non-Destructive Testing Devices. *Devices and Methods of Measurements*, 11(4), 2020, pp. 272-278.
3. Глоба С.Н., Хорло Н.Ф., Стороженко С.В. Особенности проведения капиллярного метода неразрушающего контроля. *Електроніка та перетворювальна техніка*, №12, 2010, с. 122-127.
4. ДСТУ EN ISO 3452-1:2014 Неруйнівний контроль. Капілярний контроль. Частина 1. Загальні принципи (EN ISO 3452-1:2013, IDT)
5. ДСТУ EN ISO 3452-2:2014 Неруйнівний контроль. Капілярний контроль. Частина 2. Випробування дефектоскопічних матеріалів (EN ISO 3452-2:2013, IDT)
6. ДСТУ EN ISO 3452-3:2014 Неруйнівний контроль. Капілярний контроль. Частина 3. Контрольні випробувальні зразки (EN ISO 3452-3:2013, IDT)
7. ДСТУ EN ISO 3452-4:2008 Неруйнівний контроль. Контроль капілярний. Частина 4. Устаткування (EN ISO 3452-4:1998, IDT)
8. ДСТУ EN ISO 3452-5:2014 Неруйнівний контроль. Капілярний контроль. Частина 5. Капілярний контроль при температурах понад 50°C (EN ISO 3452-5:2008, IDT)
9. ДСТУ EN ISO 3452-6:2014 Неруйнівний контроль. Капілярний контроль. Частина 6. Капілярний контроль при температурах нижче 10°C (EN ISO 3452-6:2008, IDT)
10. Produkte MR Chemie. Access: <https://www.mr-chemie.de/produktuebersicht/eindringpruefung/>, 2022
11. ДСТУ EN ISO 9934-1:2018 Неруйнівний контроль. Магнітопорошковий контроль. Частина 1. Загальні вимоги (EN ISO 9934-1:2016, IDT; ISO 9934-1:2016, IDT)
12. ДСТУ EN ISO 9934-2:2015 Неруйнівний контроль. Магнітопорошковий контроль. Частина 2. Засоби контролю (EN ISO 9934-2:2015, IDT; ISO 9934-2:2015, IDT)
13. ДСТУ EN ISO 9934-3:2015 Неруйнівний контроль. Магнітопорошковий контроль. Частина 3. Обладнання (EN ISO 9934-3:2015, IDT; ISO 9934-3:2015)