

УДК 543.544.25

**Алексей Петрович Павлов**, канд. техн. наук, доц.,  
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, 89037628407@mail.ru

**Деметрашвили Михаил Константинович**, магистрант, гр. 2мТМ,  
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, mik-demetrashvily@yandex.ru

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕТОДОВ РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ**

**Аннотация.** Рассмотрены основные экологические показатели сравниваемых технологических методов ремонта. Проведена сравнительная оценка перечня выделяемых вредных веществ в воздухе рабочей зоны и их концентрации. На основании анализа результатов был сделан вывод о целесообразности применения метода ремонта деталей полимерными материалами не только с позиции их экологической безопасности, но и технологичности использования.

**Ключевые слова:** заварка трещин, экологические показатели, безопасность производства, технологические методы, вредные вещества, режимы технологических процессов, полимерные материалы, производственная среда, восстановление деталей.

**Aleksej P. Pavlov**, Ph. D., associate professor,  
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, 89037628407@mail.ru

**Mikhail K. Demetrashvili**, undergraduate, 2mTM,  
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, mik-demetrashvily@yandex.ru

## **A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF THE REPAIR METHODS OF PARTS USING POLYMER MATERIALS AND WELDING PROCESSES**

**Abstract.** The main environmental performance were compared technological methods of repairing. A comparative assessment of the list of emissions of harmful substances in the air of the working area and their concentrations was made. Based on the analysis of the results

was made a conclusion that the feasibility of applying the method of repair parts polymeric materials not only from the standpoint of environmental safety, and manufacturability of application.

**Key words:** cleft welding, environmental performance, industrial safety, processing methods, harmful substances, working conditions, polymeric materials, industrial environment, recovery of parts.

## **Введение**

На участках сварки металлов состав и масса выделяющихся вредных веществ зависит от вида и режимов технологического процесса, свойств применяемых сварочных и свариваемых материалов. Наибольшие выделения вредных веществ характерны для процесса ручной дуговой сварки покрытыми электродами:

– при расходе 1 кг электродов в процессе сварки стали образуется до 40 г пыли, 2 г фтороводорода, 1,5 г оксидов углерода и азота;

– при сварке чугунов – до 45 г пыли и 1,9 г фтороводорода.

При полуавтоматической и автоматической сварке общая масса выделяемых вредных веществ меньше в 1,5–2 раза, а при сварке под флюсом – в 4–6 раз.

Сварочная пыль на 99% состоит из частиц размером 10–1 мкм, около 1% размером – 1–5 мкм, частицы размером более 5 мкм составляют всего десятые доли процента. Химический состав выделяющихся при сварке загрязнений зависит в основном от состава сварочных материалов (проволоки, покрытий, флюсов) и в меньшей степени от состава свариваемых металлов [1].

Экологические показатели для участков промышленного применения композитных материалов при изготовлении и ремонте рассмотрим более подробно ниже.

***Экологические показатели анализируемых методов***

Полимерные материалы, как правило, являются многокомпонентными системами, так как для их создания используют кроме полимера различные компоненты (ингредиенты). Получение полимерных материалов, удовлетворяющих эксплуатационным требованиям применительно к различным отраслям промышленности, сельскому хозяйству, быту – является задачей технологии производства полимерных материалов. Многокомпонентность полимеров часто приводит к тому, что их производство, а также практическое использование в ряде случаев осложняется нежелательным процессом выделения из материала вредных низкомолекулярных веществ. В зависимости от условий эксплуатации их количество может составлять до нескольких массовых процентов. В контактирующих с полимерными материалами средах можно обнаружить десятки соединений различной химической природы.

Создание и применение полимеров непосредственно или опосредованно связано с воздействием на организм человека, на окружающую производственную среду и среду обитания человека, а также на окружающую среду в целом. Последнее особенно важно после использования полимеров и изделий из них, когда отработанные материалы подвергаются захоронению в почве, а вредные вещества, высвобождающиеся при разложении полимерного материала, загрязняют почву, сточные воды, ухудшая тем самым состояние окружающей среды.

***Проблемы экологии производства и применения полимерных материалов***

К каким же последствиям приводит загрязнение, например, земли? В первую очередь к прямому сокращению естественной среды обитания живых существ. Во-вторых, загрязнение какого-то района создает

опасность для соседних с ним территорий из-за миграции загрязнений, например, через подпочвенные водоносные горизонты. В-третьих, загрязнение воздуха вредными газами, включая метан и двуокись углерода, создающую парниковый эффект, может привести к глобальным изменениям окружающей среды.

Производство полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида приносит немалые экологические проблемы окружающей природной среде. Это использование различных токсичных мономеров и катализаторов, образование сточных вод и газовых выбросов, обезвреживание которых сопряжено с большими энергетическими, сырьевыми и трудовыми затратами и не всегда добросовестно выполняется производителями.

Рассмотрим некоторые примеры, связанные с экологией производства основных полимеров.

Производство полиэтилена и других полиолефинов относится к категории пожароопасных и взрывоопасных (категория А): этилен и пропилен образуют с воздухом взрывчатые смеси. Оба мономера обладают наркотическим действием. ПДК в воздухе этилена составляет  $0,05 \cdot 10^{-3}$  кг/м<sup>3</sup>, пропилена –  $0,05 \cdot 10^{-3}$  кг/м<sup>3</sup> (рис. 1). Особенно опасно производство полиэтилена высокого давления (ПЭВД), поскольку оно связано с применением высокого давления и температуры. В связи с возможностью взрывного разложения этилена во время полимеризации реакторы оборудуют специальными предохранительными устройствами (мембраны) и устанавливают в боксах. Управление процессом полностью автоматизировано. При производстве полиэтилена низкого давления и полипропилена особую опасность представляет применяемый в качестве катализатора диэтилалюминийхлорид. Он отличается высокой реакционной способностью. При контакте с водой и кислородом взрывается. Все операции с металлоорганическими соединениями должны

проводиться в атмосфере чистого инертного газа (очищенный азот, аргон). Небольшие количества триэтилалюминия можно хранить в запаянных ампулах из прочного стекла. Большие количества следует хранить в герметически закрытых сосудах, в среде сухого азота, либо в виде разбавленного раствора в каком-либо углеводородном растворителе (пентан, гексан, бензин – чтобы не содержали влаги). Триэтилалюминий является токсичным веществом: при вдыхании его пары действуют на легкие, при попадании на кожу возникают болезненные ожоги. В этих производствах используется также бензин. Бензин – легковоспламеняющаяся жидкость, температура вспышки для разных сортов бензина колеблется от 50 до 28°C. Концентрационные пределы воспламенения смеси паров бензина с воздухом составляют 2–12% (объемных). На организм человека это оказывает наркотическое действие. ПДК бензина в воздухе =  $10,3 \cdot 10^{-3}$  кг/м<sup>3</sup>. Порошкообразные полиолефины образуют взрывоопасные смеси. ПДК полипропилена составляет: 0,0126 кг/м<sup>3</sup>. При транспортировании порошкообразных полиолефинов происходит образование аэрозолей и неизбежно накапливание зарядов статического электричества, что может привести к искрообразованию. Транспортирование полиолефинов по трубопроводу производят в атмосфере инертного газа. Сходным полимером является поливинилхлорид. Производство и использование винилхлорида относят также к категории взрывоопасных и пожароопасных (категория А). Винилхлорид в газообразном состоянии оказывает наркотическое действие, продолжительное пребывание в помещении, в атмосфере которого содержится большое количество винилхлорида, вызывает головокружение и потерю сознания. ПДК в рабочих помещениях составляет  $3 \cdot 10^{-5}$  кг/м<sup>3</sup>. При концентрации  $1 \cdot 10^{-4}$  кг/м<sup>3</sup> вызывает раздражение слизистых оболочек, а запах начинает ощущаться даже при  $2 \cdot 10^{-4}$  кг/м<sup>3</sup>. Вдыхание паров при открытом испарении мономера вызывает



которых мир, скорее всего, будет биться еще очень долго. А вот позволить сварщику выйти на пенсию здоровым все еще в наших силах.

При процессах ручной и полуавтоматической электродуговой сварки рабочий находится в непосредственной близости от источника сварочного аэрозоля (СА), состоящего из летучих и твердофазных элементов.

Безусловно, концентрация вредных соединений и объем СА зависит от технологического процесса, марки используемых материалов, электродов, присадок и флюсов.

Выделение летучих компонентов происходит по вине сварочной дуги, а точнее термического воздействия на основной и присадочный металл. Молекулярное зондирование показывает, что наивысшая концентрация отмечается в непосредственной близости от разряда. Далее сварочный аэрозоль посредством конвективных потоков, возникающих над сварочной ванной, выносится в окружающее сварщика пространство.

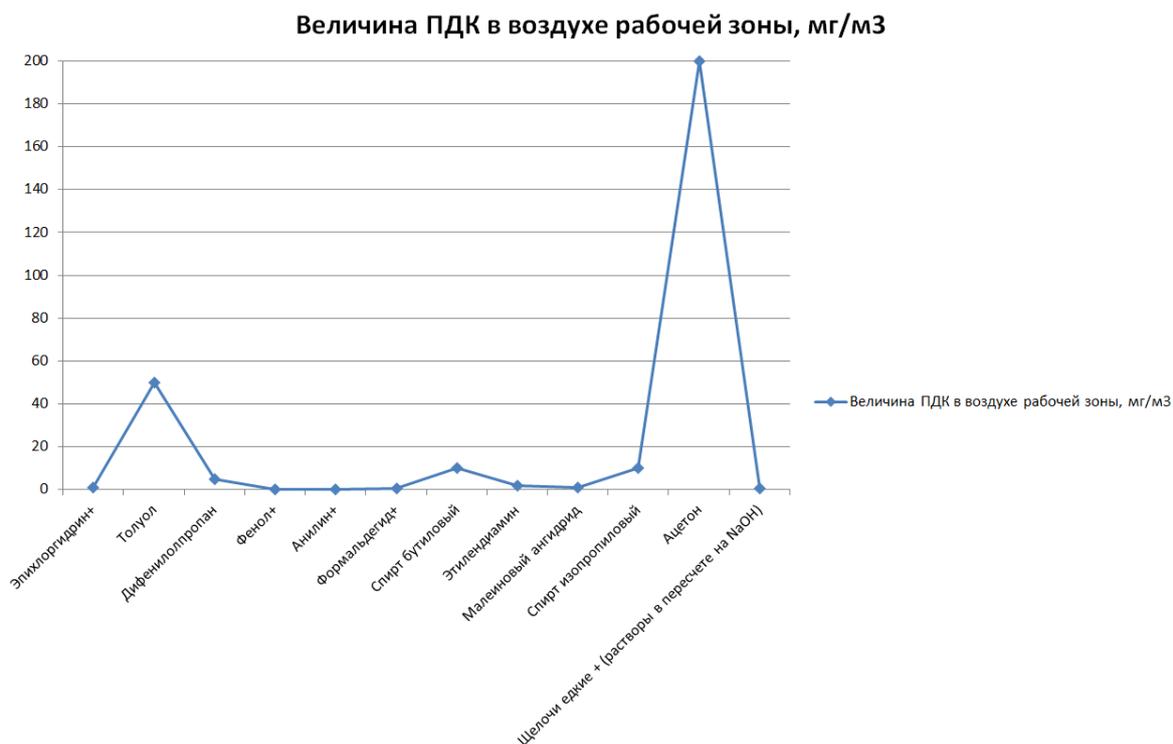
Ручная электродуговая сварка чугуна подразумевает использование электродных покрытий карбидообразующего типа, в состав которых чаще всего входит ванадий. Некоторые марки электродов несут в своей оболочке до 70% этого тяжелого металла. Ванадий с точки зрения физической химии ближе к кислороду, нежели железо, поэтому считается весьма опасным ядом. В большинстве случаев рабочие имеют дело, как бы удивительно это не звучало, с не очень большими концентрациями: 400–600 мг/кг при предельно допустимой концентрации (ПДК) в 150 мг/кг. Однако выброс ванадия ведет к раздражению дыхательных путей, кашлю или насморку. Регулярное вдыхание соединений ванадия приводит к нарушению липидного обмена и мутациям вплоть до канцерогенеза. Это весьма опасный и длительный болезненный процесс, результатом его становятся новообразования. К сожалению, ванадий довольно удобное решение, заменить которое на производстве часто невозможно. Все зависит от марки электродов и требований к сварному шву. Если альтернативу удастся найти, стоимость работы резко возрастает.

Соединение алюминиевых деталей приводит к выбросу летучего алюминиевого порошка. Сам по себе металл не ядовит и из-за высокой дисперсии твердофазных частиц быстро разносится конвективными потоками. Зарегистрированы случаи, когда он вызывал легочный фиброз.

Гораздо опаснее медь, выделяющаяся при сварке медных изделий или восстановлении высокохромистых сталей некоторыми самофлюсующимися порошками. Обычно содержание Си в сварочном аэрозоле редко превышает предельно допустимую концентрацию, поэтому углеродный обмен сварщика остается в норме. Однако процесс соединения алюминиево-медных конструкций является высокоэнергетическим, что становится причиной образования медных соединений. Концентрация может превышать ПДК в 5 раз, вызывая огромное количество болезней самых разных органов. Субъективно, медь является наиболее опасным металлом, хроническое отравление которым грозит серьезными проблемами со здоровьем.

Отметим важность контроля концентрации водорода, который является причиной повышенной пористости. Для его нейтрализации используются фтористокарбонатные флюсы, дающие в результате реакции плавиковую кислоту и другие фториды, не говоря уже об углекислом газе. Отравиться последним практически невозможно – от термического воздействия он диссоциирует, выделяя свободный кислород, а вот плавиковая кислота является отменным раздражителем слизистых оболочек.

Многие процессы ручной сварки дают соединения марганца, концентрация которых нередко превышает ПДК на порядок (рис. 2). Постоянное вдыхание пыли ведет к поражениям легких – манганокониозу, снижению общей активности, пониженному мышечному тону, неврологическим расстройствам, депрессии и даже ухудшению памяти. Правда, симптомы проходят после прекращения систематического воздействия.



*Рис. 2. Концентрация и перечень вредных веществ в рабочей зоне при использовании полимерных материалов*

Некоторые типы сварочной проволоки дают летучие соединения железа, концентрация которых обычно не превышает ПДК. Кроме того, всем известно, что железо активно используется организмом. Поэтому не верьте тем, кто пророчит сварщикам гемохроматоз, приводящий к недостаточности или полному отказу органов. В крайнем случае, лишнее железо отложится в клеточных лизосомах в качестве запаса. Так что вода из ржавого водопровода много опаснее.

Плазменная металлообработка заметно отличается составом СА. Технология мгновенного разогрева по большей части препятствует выбросу летучих компонентов. Плазменный процесс в защитной среде не нуждается, поэтому вокруг сварочного поста заметно повышается концентрация озона и окислов азота и озона.

Концентрация  $\text{NO}_x$  соединений в большинстве крупных городов зачастую находится на уровне ПДК или превышает его, поэтому кратковременное воздействие не ведет к фатальным последствиям –

человек действительно ко всему приспосабливается. Но беда в том, что оборудование для плазменной металлообработки используется обычно для крупносерийного или массового производства, что означает систематическое выделение больших объемов окислов азота. Отсутствие систем вентиляции или средств индивидуальной защиты может стать причиной токсического отека легких и повреждения органов дыхания. Длительное нахождение возле плазматрона часто заканчивается головной болью, головокружением, а порой даже тошнотой. Легкое недомогание или усталость, но которую обычно списывают данные симптомы, на самом деле является признаками поражения центральной нервной системы.

Позвольте развеять миф об его исключительной полезности озона. Конечно, он и УФ излучение из космоса задерживает и дезинфицирует неплохо при наружном применении. Но антисептические свойства озон сильнее всего проявляет во влажной среде, каковой являются слизистые оболочки. Диссоциация в воде дает высокорективный радикал гидроксильной группы, соединяющийся с фосфолипидной и липопротеидной составляющей клеточных стенок. Это приводит к разрушению оболочки и смерти клетки. Газ с довольно специфическим запахом способен справиться с практически любыми одноклеточными, вирусами и грибами. Антиоксидантная защита многоклеточного организма при большой концентрации не справляется с химически активными радикалами, что становится причиной повреждения легочных тканей, вызывая аритмию дыхания.

Известно, что большинство российского сварочного оборудования требует замены. Очевидно, что здесь на первый план выходит недостаток средств, поэтому довольно оптимистично было бы ожидать оснащения сварочных постов масками с принудительной подачей воздуха, а обычными респираторами от высокоэнергетического излучения не защититься. Вполне экономичным решением кажется внедрение средств

коллективной защиты – вентиляционных систем со встроенными фильтрами и ионизаторами [4–5].

### **Заключение**

Применение полимерных материалов при ремонте автомобильной техники по сравнению с другими способами позволяет снизить:

- трудоемкость восстановления – на 20...30%;
- себестоимость ремонта – на 15...20%;
- расход материалов – на 40...50%.

Это обусловлено следующими особенностями их использования:

- не требуется сложного оборудования и высокой квалификации рабочих;
- возможностью восстановления деталей без разборки агрегатов;
- отсутствие нагрева детали;
- не вызывает снижения усталостной прочности восстановленных деталей;
- во многих случаях позволяет не только заменить сварку или наплавку, но и восстанавливать детали, которые другими известными способами восстанавливать практически невозможно или нецелесообразно;
- позволяет миновать сложные технологические процессы нанесения материала и его обработку.

К недостаткам полимерных материалов следует отнести довольно низкую теплостойкость, теплопроводность, твердость и модуль упругости, наличие остаточных внутренних напряжений, изменение физико-механических свойств с изменением температуры и времени работы.

Однако, несмотря на недостатки этого метода, применение синтетических (полимерных) материалов при ремонте отличается большей производительностью, простотой и доступностью по сравнению с

традиционными методами. Данный метод может быть внедрён практически во все технологические процессы по восстановлению деталей машин, заменив собой классические.

### Список литературы

1. Николаев А.Ф., Крыжановский В.К. Технология полимерных материалов: учеб. пособие. СПб.: Профессия, 2011. 534 с.
2. Лирова Б.И., Суворова А.И. Учебно-методический комплекс дисциплины «Проблемы экологии производства и применения полимерных материалов». URL: <http://hdl.handle.net/10995/1367>
3. Зезин А.Б. Полимеры и окружающая среда // Соросовский образовательный журнал. 1996. № 2. С. 54–65.
4. Быстров Г.А. Оборудование и утилизация отходов в производстве пластмасс. Л.: Химия, 1982. 264 с.
5. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Научный мир, 2007. 573 с.

### References

1. Nikolayev A.F., Kryzhanovskiy V.K. *Tekhnologiya polimernykh materialov* (The technology of polymeric materials), SPb., Professiya, 2011, 534 p.
2. Lirova B. I., Suvorova A. I. *Uchebno-metodicheskiy kompleks distsipliny "Problemy ekologii proizvodstva i primeneniya polimernykh materialov"*, URL: <http://hdl.handle.net/10995/1367>
3. Zezin A.B. *Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal*, 1996, no. 2, pp. 54–65.
4. Bystrov G.A. *Oborudovaniye i utilizatsiya otkhodov v proizvodstve plastmass* (The equipment and the disposal of waste in the production of plastics), Leningrad, Khimiya, 1982, 264 p.
5. Tager A.A. *Fiziko-khimiya polimerov* (Physical chemistry of polymers), Moscow, Nauchnyy mir, 2007, 573 p.