

Антикоррозионные грунтовки на основе алкидных смол

к.х.н. **А.В. Павлович,**
В.Н. Изюмский,
В.В. Владенков
Смоленский лакокрасочный
завод

Одним из наиболее простых и эффективных методов борьбы с коррозией является применение лакокрасочных покрытий, как правило многослойных, образуемых различными типами ЛКМ. При этом наиболее ответственная роль отводится грунтовкам, которые являются связующим звеном между металлической поверхностью и последующими слоями покрытия, обеспечивая стабильность защитных свойств и долговечность комплексного лакокрасочного покрытия в целом.

Среди различных видов антикоррозионных грунтовок следует выделить алкидные материалы, которые традиционно используются для защиты металлов в промышленности и быту благодаря доступности, относительной дешевизне и разнообразию свойств пленкообразователей, входящих в их состав.

✦ Наиболее широкое практическое применение для защиты металлов от коррозии в разные годы получили следующие грунтовки на основе алкидных и модифицированных алкидных смол: ГФ-021, ПФ-020, МС-067, ГФ-020, ПФ-0142, ГФ-031, ГФ-0119, МС-0141, ГФ-0163, УРФ-0106, УРФ-0110 [1—5]. Первые четыре марки

этих ЛКМ, кроме ПФ-020 светло-бежевой, относятся к изолирующим грунтовкам. В их состав входят главным образом нейтральные пигменты (железный сурик, мумия, пигмент красный железистый), а их защитное действие обусловлено барьерным эффектом, создаваемым грунтовочным покрытием на металлической подложке, который проявляется в диффузионных ограничениях и адгезионной прочности покрытий. Барьерная защита заметно усиливается при использовании в составе грунтовок пигментов и наполнителей, имеющих форму пластинок или чешуек (например, железная слюда, слюда, тальк), которые, располагаясь параллельно подложке, эффективно препятствуют проникновению разрушающих агентов (вода, кислород и др.) к поверхности металла. Кроме того, повышению барьерных свойств грунтовок изолирующего типа способствует применение в их составе пленкообразователей с минимальной гидрофильностью. Адгезионная прочность алкидных грунтовочных покрытий изменяется в ходе эксплуатации. Она обычно уменьшается со временем, однако первоначально может быть стабильной или даже возрастать. Увеличение адгезионной прочности происходит в том случае, когда в процессе эксплуатации полимерная пленка, сохраняя свою эластичность, обогащается

функциональными группами. При этом создаются условия для дополнительного химического и физического взаимодействия с подложкой [6]. Помимо традиционной предварительной подготовки металлической поверхности к окраске (очистка, повышение шероховатости и т.п.), потенциальное увеличение адгезионной прочности покрытий обуславливается и такими факторами [7]:

- оптимизация процессов смачивания подложки наносимым материалом и его растекание по подложке за счет снижения поверхностного натяжения ЛКМ;
- использование пленкообразователей, способных обеспечить высокую адгезионную прочность, например фенолсодержащих смол;
- условия формирования покрытий (температура, влажность и др.);
- применение промоторов адгезии (например, силанов, титанорганических соединений и др.) для обеспечения долговременной адгезии путем создания прочных физических, а в большинстве случаев и химических связей между покрытием и подложкой.

При изготовлении грунтовок ГФ-020, ГФ-021, ПФ-020 используют обычные глифталевые и пентафталевые олигомеры средней жирности, а в случае грунтовок МС-067 — быстросохну-

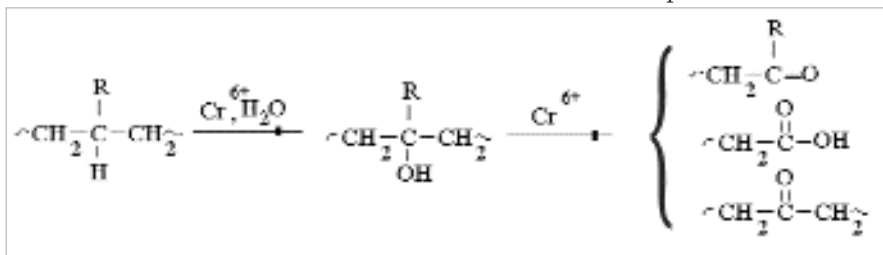
шую алкидно-стирольную смолу МС-25, обеспечивающую получение водо- и щелочестойких покрытий с высокой твердостью.

Остальные из перечисленных грунтовок являются пассивирующими и образуют покрытия с лучшими защитными свойствами, чем изолирующие аналоги. Указанный эффект достигается за счет того, что, помимо барьерной защиты, эти материалы обладают способностью пассивировать поверхность металла благодаря наличию в их составе активных антикоррозионных пигментов (хроматы и фосфаты различных металлов, свинецсодержащие пигменты и др.). Эти пигменты понижают интенсивность коррозионного процесса на границе покрытие — металл за счет их частичной растворимости в воде, переноса образующихся ионов к поверхности металла и торможения анодного, катодного или одновременно обоих процессов электрохимической коррозии. Некоторые антикоррозионные пигменты также адсорбируют или химически связывают коррозионно-активные реагенты, уменьшая их диффузию из окружающей среды к подложке.

Особенно эффективным является сочетание в пигментной части грунтовок тетраоксихромата цинка и фосфата хрома в соотношении 70:30, заметно повышающее защитные свойства покрытий [2]. Это обусловлено увеличением растворимости в воде труднорастворимого тетраоксихромата цинка в присутствии фосфата хрома и усилением за счет этого антикоррозионных свойств лакокрасочной композиции. С использованием такого соотношения пигментов разработаны грунтовки ГФ-0119, МС-0141, ПФ-0142.

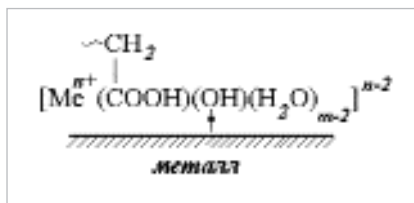
В связи с тем что алкидные смолы содержат различные функциональные группы и углеводородные радикалы жирных кислот, на эти материалы распространяются и некоторые важные особенности взаимодействия

пленкообразователей подобного вида с активными пигментами. Так, подчеркивается [8, 9], что пигменты, генерирующие в защитных пленках ЛКМ окисляющие или комплексообразующие ионы, способны повысить адгезионную прочность покрытий на основе алкидных полимеров и, следовательно, защитные свойства грунтовок в целом. Ионы окислители (например, анионы, содержащие Cr^{6+} , которые образуются за счет частичной растворимости хроматов в воде) инициируют появление в углеводородных фрагментах пленкообразователя новых полярных кислородсодержащих групп (гидроксильных, карбонильных, карбоксильных), которое можно представить следующей принципиальной схемой:



Эти группы способны образовывать с гидроксильрованной поверхностью металла водородные, а в некоторых случаях — химические связи, что приводит к увеличению адгезионной прочности покрытий.

В случае использования пигментов, обладающих комплексообразующим действием (пигменты, содержащие Cr^{3+} , Cu^{2+} , Fe^{3+}), повышение адгезии обусловлено включением функциональных групп пленкообразователя и гидроксильных групп металлической поверхности во внутреннюю сферу комплекса, т.е. образованием координационной связи между молекулами пленкообразователя и поверхностью металла:



где n — валентность, m — координационное число.

Кроме того, пигменты этого вида обладают также способностью аналогичным образом взаимодействовать с низкомолекулярными продуктами деструкции пленкообразователей. Химическое связывание таких продуктов пигментами-комплексообразователями также приводит к возрастанию адгезионной прочности и замедлению разрушения покрытий.

В качестве пленкообразователей в составе рассматриваемых пассивирующих алкидных грунтовок применяют обычные и быстросохнущие глифталевые, пентафталевые, алкидно-стирольные, а также алкидно-уретановые олигомеры. Последние отличаются быстрым высыханием,

высокой твердостью, эластичностью, износо- и атмосферостойкостью. Преимущество этих смол по сравнению с немодифицированными продуктами обусловлено также устойчивостью уретановой связи к гидролизу, что позволяет говорить об уралкидах как о перспективных пленкообразователях для получения антикоррозионных грунтовок.

Алкидные антикоррозионные грунтовки совместимы с большинством отделочных защитно-декоративных покрытий, включая алкидные, уретановые, акриловые, нитроцеллюлозные, винилхлоридные, перхлорвиниловые и др. [5].

Вместе с тем в настоящее время наиболее широко выпускаемой алкидной грунтовкой является только ГФ-021, главные достоинства которой заключаются в доступности сырья, дешевизне, отсутствии токсичных пигментов и умеренных защитных свойствах. Остальные типы рас-

смаатриваемых грунтовок выпускаются некоторыми лакокрасочными предприятиями в ограниченных объемах (ГФ-0119, ГФ-0163 и др.) либо не производятся вообще. Это обстоятельство связано прежде всего с использованием в составе данных грунтовок токсичных пигментов на основе свинца и шестивалентного хрома, а также отдельными недостаточно удовлетворительными эксплуатационными свойствами материалов (время высыхания и др.), потребительские требования к которым заметно повысились в последние годы.

В сложившейся ситуации предприятия лакокрасочной отрасли самостоятельно разрабатывают новые алкидные антикоррозионные грунтовки, сочетающие достаточно хорошие защитные свойства с отсутствием токсичных и экологически опасных пигментов. Для этого проводят поиск нетоксичных антикоррозионных пигментов, разрабатывают или подбирают алкидные пленкообразователи с комплексом эксплуатационных свойств, пригодные для применения в антикоррозионных составах, отвечающих современным требованиям, создают рецептуры новых грунтовок на основе имеющейся информации о последних достижениях в этой области.

В частности, в связи с уменьшением использования по токсикологическим и экологическим причинам свинец- и хроматсодержащих пигментов значительно возросла роль фосфатных пигментов (ФП). Вместе с тем опыт применения последних в составе антикоррозионных покрытий показал, что общим недостатком ФП является низкая эффективность их действия на начальных стадиях развития подпленочного коррозионного процесса, что связано с невысокой растворимостью этих пигментов в воде [10]. Ввиду того что ФП пока не могут полноценно заменить хроматные пигменты, разработчики делают

попытки повысить эффективность действия фосфатов различными способами: микронизацией, сочетанием в лакокрасочных композициях различных типов фосфатов или добавлением к ним бората или оксида цинка. Перспективным направлением усиления антикоррозионных свойств ФП является и их сочетание в лакокрасочных композициях с органическими ингибиторами коррозии, что зачастую приводит к синергетическому эффекту. Предполагается, что в этом случае малые количества ингибитора компенсируют запаздывание антикоррозионного защитного действия ФП (см. рисунок) [11].

Известно об эффективности использования ингибиторов коррозии в составе ЛКМ, в том числе совместно с ФП [10, 12, 13]. Органические ингибиторы коррозии — это соединения различных классов, главным образом дифильной природы, содержащие в своем составе электронодонорные атомы (азот, кислород, сера и др.). Они адсорбируются на электродных участках металлической поверхности, вызывая экранирующий эффект. Наиболее эффективными ингибиторами являются соединения, содержащие в своем составе такие функциональные группы, как $-CN$, $-CNS$, $-CNO$, $-NH_2$, $=CO$, $-CHO$ и др. По величине адсорбционной способности и, соответственно, ингибирующему эффекту алифатические органические соединения располагаются в следующий ряд: кислоты > амины > спирты > эфиры. Повышенной адсорбционной способностью обладают также этиленовые и ацетиленовые производные вследствие взаимодействия π -электронов ненасыщенных связей с поверхностными атомами металлов [6]. В этой связи, по мнению авторов, заслуживает особого внимания одна из обсуждаемых в литературе [14, 15] гипотез о механизме действия органических ингибиторов коррозии в лакокрасочном покрытии. Она основана на

том, что переходные элементы, к числу которых принадлежит железо, имеют незавершенные d -орбитали и являются вследствие этого активными электроноакцепторными центрами на металлической поверхности. В свою очередь органические ингибиторы коррозии содержат электронодонорные атомы, ввиду чего ингибирующий эффект обусловлен особенностями донорно-акцепторного взаимодействия между функциональной добавкой и металлической поверхностью.

Описаны и другие типы нетоксичных антикоррозионных пигментов (кроме ФП), которые могут применяться в составе алкидных грунтовок [10, 14, 16—19]. Среди пигментов белого цвета, свободных от хрома и тяжелых металлов, заслуживают внимания также пигменты Pigmentan марок E, EM или 465M, выпускаемые израильской компанией Pigmentan Ltd. Эти пигменты представляют собой, по утверждению изготовителя, оксиаминофосфатные комплексы на основе магния. При этом амины, входящие в состав пигментов, играют роль эффективных ингибиторов коррозии, особенно на начальных стадиях развития подпленочного коррозионного процесса.

При выборе пленкообразователей для разрабатываемых антикоррозионных грунтовок предпочтение отдается прежде всего модифицированным алкидным смолам. Это связано с тем, что химическая модификация алкидных олигомеров различными соединениями заметно улучшает эксплуатационные свойства получаемых материалов (ускоряется высыхание, повышаются твердость, адгезия, водо- и атмосферостойкость, антикоррозионные свойства и т.п.). Среди наиболее перспективных пленкообразователей этого типа следует выделить уралкидные смолы, о достоинствах которых упоминалось выше, а также быстросохнущие алкидно-фенольные олигомеры, образующие покрытия с высокой адгези-



Эффект синергизма, возникающий при сочетании фосфатсодержащих антикоррозионных пигментов с органическими ингибиторами

онной прочностью и твердостью. Кроме того, по своей химической природе фенолсодержащие смолы являются антиоксидантами и препятствуют развитию ряда нежелательных процессов в лакокрасочных покрытиях, приводящих к их разрушению [7].

Остается актуальным использование в составах антикоррозионных ЛКМ алкидно-стирольных и алкидно-акриловых смол. Несомненный интерес для получения грунтовок представляют и алкидные олигомеры, модифицированные бензойной кислотой (БК) и ее производными. Отметим, что модификация алкидных смол БК улучшает также и их антикоррозионные свойства [20].

С учетом наметившейся за рубежом тенденции к сокращению содержания в составе ЛКМ летучих органических соединений (ЛОС) особую перспективность приобретает применение в качестве пленкообразователей для антикоррозионных грунтовок водоразбавляемых алкидных смол и смол с высоким сухим остатком. Особенно широкий выбор современных алкидных олигомеров на рынке сырья для ЛКМ предлагают в настоящее время многие зарубежные компании (DSM NeoResins, Spolchemie [21], Synthopol Chemie, Worlee, Biolar и др.).

Важные и полезные сведения о принципах формирования ан-

тикоррозионных грунтовок, их специфических свойствах и особенностях использования в различных отраслях промышленности приведены в работах [14, 15, 22, 23]. На основе алкидных смол предприятиями отрасли, в том числе и Смоленским лакокрасочным заводом, разрабатываются быстросохнущие грунтовки, обеспечивающие надежную защиту металла от коррозии, высокую адгезию, твердость, масло-, бензостойкость и другие требуемые эксплуатационные свойства защитных покрытий (см. таблицу). Эти грунтовки применяют в качестве первичного слоя в составе комплексных лакокрасочных покрытий при антикоррозионной защите различных металлических изделий и конструкций, включая строительную, сельскохозяйственную и дорожную технику, железнодорожный транспорт и т.п.

Создаются также быстросохнущие грунтовки типа Primerg для проведения оперативных авторемонтных работ. Другим видом антикоррозионных материалов, разрабатываемых с использованием алкидных смол, являются быстросохнущие грунт-эмали. Они применяются, как правило, в качестве самостоятельных защитно-декоративных покрытий по металлу и обеспечивают долговременную защиту металлических поверхностей, подвергающихся атмосферным воздействиям. Отличительной особенностью этих ЛКМ является то, что они не требуют дополнительного грунтования поверхности перед окраской и, благодаря наличию в своем составе антикоррозионных пигментов и специальных добавок, могут наноситься на металл, частично пораженный коррозией, останавливая ее дальнейшее развитие. При этом в качестве специальных добавок в данных составах, помимо рассмотренных выше органических ингибиторов коррозии, применяют другие химические соединения, обеспечивающие повышение адгезии, гидрофобности, прочности и других защитных свойств

покрытий, допускающих нанесение материала на влажную поверхность и т.п. Имеются сведения о разработке и производстве новых алкидных материалов этого типа концерном «Эмпилс», ОАО «Кронос-СПб», ООО «Завод «Краски КВИЛ» [24], ООО «Краски Текс», ЗАО «Новбытхим», компанией «МАВ», ОАО «Одилак», ЗАО ABC Farben, ОАО «Пигмент» (Тамбов), ООО «Аргус-Лакокраска» [25] и др.

Проведенный нами анализ ассортимента продукции, представленной на российском рынке ЛКМ зарубежными компаниями, в том числе и на прошедших недавно выставках «Интерлакокраска'2009» и MosBuild 2009, показал следующее. Алкидные антикоррозионные материалы различного состава и назначения выпускают практически все ведущие мировые производители ЛКМ: AkzoNobel, Tikkurila, Coparol, Helios, Benjamin Moore, General Paint, Duo и др. Это прежде всего различные виды грунтовок и грунт-эмалей, выпускаемые главным образом на основе различных типов быстросохнущих модифицированных алкидных смол (алкидно-уретановых, алкидно-стирольных, алкидно-акриловых, алкидно-силиконовых и др.), что обеспечивает время высыхания готовых защитных композиций за период от 15 мин до 6 ч при температуре 20—25 °С. Большинство этих ЛКМ в качестве антикоррозионного пигмента содержат фосфат цинка, кроме того, пластинчатые и чешуйчатые пигменты и наполнители, а также ингибиторы коррозии и другие специальные добавки.

Алкидные грунтовки и грунт-эмали, производимые зарубежными фирмами, характеризуются достаточно высоким уровнем защитных свойств. Они применяются для окраски автомобильной, сельскохозяйственной, строительной и дорожной техники, железнодорожного транспорта, узлов и агрегатов машин, а также стальных конструкций различного назна-

чения, где требуются хорошая антикоррозионная защита и быстрое высыхание покрытия. У европейских производителей ЛКМ в ассортименте продукции появились алкидные антикоррозионные грунтовки с низким содержанием ЛОС (350 г/л и менее), вторичные грунтовки с тиксотропными свойствами для выравнивания поверхности, а также обеспечивающие возможность применения дуговой сварки.

Смоленский лакокрасочный завод выпускает широкий ассортимент различных алкидных смол, в том числе и модифицированных [26]. Это позволило разработать на их основе ряд современных быстросохнущих антикоррозионных материалов, не содержащих токсичных пигментов, производство которых было освоено на предприятии наряду с традиционными грунтовками ГФ-021 и ГФ-0119 (см. таблицу). В качестве пленкообразователей в новых грунтовках применяют уралкидные, алкидно-стирольные и алкидно-фенольные смолы, глифталевые смолы средней жирности и пентафталевый олигомер, модифицированный органической кислотой. Эти грунтовки содержат фосфат цинка, другие нетоксичные антикоррозионные пигменты, а также органические ингибиторы коррозии, которые заметно усиливают суммарные антикоррозионные свойства лакокрасочных композиций. Синтез органических ингибиторов коррозии осуществляется на универсальной опытно-промышленной установке, имеющейся на предприятии [27].

Таким образом, несмотря на большое количество различных видов антикоррозионных грунтовок, выпускаемых в настоящее время лакокрасочной промышленностью, алкидные материалы этого типа по-прежнему занимают замет-

Грунтовка, НТД	Условная вязкость по ВЗ-246* при (20±0,5)°С, с, не менее	Массовая доля нелетучих веществ, %	Степень перетирания, мкм, не более	Время высыхания до степени 3, ч, не более	Твердость пленки по ТМЛ (А), отн. ед., не менее	Эластичность пленки при изгибе, мм, не более	Прочность пленки при ударе, см, не менее	Адгезия пленки, балл, не более	Стойкость пленки к воздействию химических реагентов, ч, не менее		Окрашиваемые изделия	
									воды	3%-ного раствора минерального масла NaCl		
ГФ-021 ГОСТ 25129—82	45	54—60	40	24 (20 °С) 35 мин (105 °С)	0,15	1	50	1	—	24	48	Металлические, деревянные поверхности
ГФ-0119 ГОСТ 23343—78	60—100	53—59	30	12 (20 °С) 35 мин (105 °С)	0,15	1	50	1	144	48	240	То же
ГФ-0119 ** ТУ 2312-008-18511586—2005	60—110	58—67	30	12 (20 °С) 35 мин (105 °С)	0,15	1	50	1	144	48	240	—
ГФ-03 «Славен» ТУ 2312-021-18511586—2007	50	Серый 59—68 светло-серый 50—60 крас.-корич. 55—65	40	6 (20 °С) 35 мин (105 °С)	0,15	1	50	1	72	48	240	Металлические конструкции
Грунт-эмаль «Славен» ТУ 2312-005-18511586—2004	80—120	62—68	40	6 (20 °С)	0,20	1	50	1	144	48	240	Металлические и другие поверхности
АУ-011 «Славен» ТУ 2312-026-18511586—2008	50—120	60—64	30	4 (20 °С) 30 мин (80—100 °С)	0,20	1	50	1	72	48	48	Металлические, деревянные поверхности
ГФ-021 ТОП*** ТУ 2312-011-18511586—2006	40	53—59	40	24 (20 °С)	0,15	1	40	—	24	—	24	То же
МС-068 ТУ 2312-014-18511586—2006	45	50—60	30	1 (20 °С)	0,20	1	50	1	48	48	—	Металлические детали, изделия, конструкции

* С диаметром сопла 4 мм. ** Не содержит хроматов. *** Выработывается из отходов производства, используется для неотчетственных работ.

ную долю в общем объеме производства данных ЛКМ. Это связано с доступностью и относительно дешевой сырьем для синтеза алкидных олигомеров, их многообразием и широким спектром ценных эксплуатационных свойств, что делает возможным изготовление огромного числа лакокрасочных композиций. Указанные факторы обуславливают прежде всего привлекательное и приемлемое для широкого круга различных потребителей соотношение цена/качество, характерное для алкидных антикоррозионных материалов.

Литература

1. Рейбман А.И. Защитные лакокрасочные покрытия. Л.: Химия, 1982. 320 с.
2. Розенфельд И.Л., Рубинштейн Ф.И., Жигалова К.А. Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями. М.: Химия, 1987. 224 с.
3. Лившиц М.Л., Пишялковский Б.И. Лакокрасочные материалы: Справочное пособие. М.: Химия, 1982. 360 с.
4. Кирбятыева Т.В. ЛКМ. 2001. № 1. С. 30—33.
5. Окрасочные работы в машиностроении: Справочник/Под общ. ред. Е.В. Ис-

кры. Л.: Машиностроение, 1984. 256 с.

6. Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий. СПб.: Химиздат, 2008. 448 с.

7. Верхованцев В.В. Функциональные добавки в технологии лакокрасочных материалов и покрытий. М.: ООО «Издательство «ЛКМ-пресс», 2008. 280 с.

8. Индейкин Е.А., Лейбзон Л.Н., Толмачев И.А. Пигментирование лакокрасочных материалов. Л.: Химия, 1986. 160 с.

9. Ермилов П.И., Индейкин Е.А., Толмачев И.А. Пигменты и пигментированные лакокрасочные материалы. Л.: Химия, 1987. 200 с.

10. Степин С.Н., Зиганшина М.Р., Вахин А.В. и др. ЛКМ. 1999. № 10. С. 3—10.

11. Брок Т., Гротэкlaus М., Мишке П. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям. М.: ООО «Пэйнт-медиа», 2007. 548 с.

12. Стойе Д., Фрейтаг В. Краски, покрытия и растворители. СПб.: Профессия, 2007. 528 с.

13. Кузнецова О.П., Сиразина И.М., Степин С.Н. и др. ЛКМ. 2007. № 10. С. 17—18.

14. Дринберг А.С., Ицко Э.Ф., Калининская Т.В. Антикоррозионные грунтовки. М.: ООО «Пэйнт-медиа», 2008. 168 с.

15. Агафонов Г.И., Дринберг А.С., Ицко Э.Ф. и др. ЛКМ. 2004. № 7. С. 3—11.



16. Зиганшина М.Р., Степин С.Н., Пешкова М.С. и др. ЛКМ. 2004. № 8. С. 3—6.

17. Шешуков В.А. ЛКМ. 2001. № 2—3. С. 14—15.

18. Уткина И.Н. ЛКМ. 2003. № 2—3. С. 33.

19. Новый справочник химика и технолога. Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ. Ч. 2. СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2007. С. 354—357.

20. Энциклопедия полимеров. Т.1. М.: Сов. энциклопедия, 1972. С. 75—85.

21. Бубаренко О. ЛКМ. 2005. № 5. С. 16—19.

22. Кудрявцев Б.Б. ЛКМ. 2004. № 1—2. С. 50—58.

23. Ицко Э.Ф., Дринберг А.С., Новоселова Н.А. и др. ЛКМ. 2005. № 10. С. 8—15.

24. Солодова Л.К., Гондарев С.В., Семина Р.А. ЛКМ. 2003. № 2—3. С. 52—55.

25. Очистка, окраска. 2008. № 4. С. 4.

26. Павлович А.В., Изюмский В.Н., Владенков В.В. ЛКМ. 2008. № 6. С. 35—37.

27. Павлович А.В., Марченков Д.В. Лакокрасоч. пром-сть. 2007. № 8. С. 20—22. ♦



Московское химическое общество им. Д.И. Менделеева предлагает проведение выездных курсов повышения квалификации

- Вы хотите, чтобы ваша продукция стала конкурентоспособной и заняла достойное место на рынке даже в условиях кризиса?
- Вы хотите снизить материалоемкость и энергопотребление; решить вопросы безопасности производственных процессов, утилизации отходов и охраны окружающей среды?
- Вы хотите, чтобы это произошло с наименьшими материальными затратами?

Решение этих проблем возможно лишь при наличии квалифицированных кадров!

- Московское химическое общество им. Д.И. Менделеева проводит повышение квалификации ваших сотрудников в кратчайшие сроки и с наименьшими затратами путем выезда группы специалистов непосредственно на ваше предприятие.



Заявки, пожалуйста, направляйте по тел./факсу или электронной почте

(495) 625-86-00, 742-04-22; e-mail: mxo@asvt.ru