

Цинкнаполненные антикоррозионные грунтовки



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

Разработка и производство ЛКМ для долговременной антикоррозионной защиты металлических изделий — одно из приоритетных направлений развития лакокрасочной промышленности. В этой связи особая роль отводится грунтовкам, которые, являясь составной частью систем покрытий для защиты металла от коррозии, находятся в непосредственном контакте с защищаемой поверхностью и должны обеспечивать хорошие адгезионные и защитные свойства первичных грунтовочных слоев, а также стабильность эксплуатационных характеристик и долговечность комплексных лакокрасочных покрытий в целом.

Среди большого разнообразия антикоррозионных грунтовок важное место занимают материалы, содержащие в качестве пигментов металлические порошки (цинк, алюминий, свинец, кадмий и др.). Такие грунтовки называются протекторными [1—3]. Наиболее широкое практическое применение из них получили цинкнаполненные составы.

В настоящее время они становятся все более распространенными в индустриально развитых странах (США, Германии, Канаде, Бельгии, Италии, Швеции и др.), где являются успешной альтернативой другим не менее распространенным способам антикоррозионной защиты металла с помощью цинка — горячему и термодиффузионному цинкованию, термическому напылению, электролитическому осаждению.

Рассмотрим главные отличительные особенности цинкнаполненных протекторных грунтовок (красок). Механизм протекторной защиты металлической поверхности основан на том, что электрохимический потенциал цинка ниже, чем железа (-760 и -440 мВ соответственно). Это приводит к тому, что при проникновении влаги в покрытие образуются микрогальванические пары, в которых цинк является анодом, а защищаемый металл — катодом. При этом коррозионному воздействию подвергается только анод, который постепенно расходуется: $Zn - 2e^- \rightarrow Zn^{2+}$, а металлическая подложка в свою очередь пассивируется за счет ее подщелачивания: $2H_2O + O_2 + 4e^- \rightarrow 4OH^-$.

Ионы цинка взаимодействуют с гидроксильными ионами, которые образуются на катоде, а также с другими окружающими анионами. Образующиеся при этом соединения накапливаются на поверхности стального катода, предохраняя его от коррозии.

Выделяют две основные стадии противокоррозионной защиты металлов цинксодержащими протекторными грунтовками — катодную (электрохимическую) и барьерную. Вначале при появлении на поверхности покрытия дефекта под действием агрессивной среды или условий эксплуатации в реакцию вступает цинк, который, действуя по протекторному (катодному) механизму, предотвращает коррозию стали и «залечивает» повреждение. Анодное растворение цинка протекает до тех пор, пока образующиеся при этом труднорастворимые продукты коррозии не заполнят поры покрытия, уплотнят его и прекратят доступ агрессивной среды к металлической подложке.

ке. Этот процесс начинается с поверхности покрытия и затем проникает на определенную его глубину. В таком состоянии цинкнаполненные покрытия (ЦНП) выступают уже в роли пассивного предохраняющего слоя, обеспечивающего только барьерную защиту от проникновения к металлу воды, воздуха и других коррозионно-активных реагентов. Однако это не исключает повторного проявления местного протекторного защитного действия в случае локальных повреждений покрытия и доступа электролита к более глубоко расположенным частицам цинка. Как правило, в тонких покрытиях (до 10—20 мкм) цинк играет в основном роль протектора, однако срок службы такого покрытия ограничен продолжительностью растворения металла [1, 4].

Важным условием протекторной защиты является электрический контакт цинкового покрытия со стальной поверхностью, а также электропроводимость самого ЦНП. Это достигается прежде всего за счет высокой степени наполнения пленки металлическим пигментом (около 90 % по массе), при котором связующее не образует сплошных оболочек вокруг отдельных частиц цинкового порошка (цинковой пыли). Кроме того, особое внимание необходимо уделять подготовке металлической поверхности перед нанесением на нее протекторной грунтовки. В производственной практике, связанной с операциями окрашивания изделий ЛКМ этого типа, качество поверхности и технология ее подготовки устанавливаются строго определенными требованиями ГОСТ 9.402 и ИСО 8501-1.

Для достижения эффективно действия цинкнаполненных ЛКМ предъявляются высокие требования как к чистоте цинковой пыли, так и размерам ее частиц [2, 5]. Цинковая пыль представляет собой свободно теку-

щий серо-голубой порошок, состоящий из высокодисперсных частиц определенной формы и размеров (в зависимости от марки). Кроме цинка, в состав этого металлического пигмента входят оксид цинка и небольшие количества примесей свинца, кадмия, железа, кремния и других элементов. В табл. 1 представлен химический состав цинковых порошков различных типов отечественного и зарубежного производства. Согласно ИСО 3549, содержание металлического цинка в пигменте из цинковой пыли должно быть не менее 94 %, а общее содержание цинка — не менее 98 %.

Примеси железа и свинца отрицательно влияют на анодную поляризацию цинка и развиваемый ток протектора. Например, увеличение содержания в цинке примеси железа с 0,0014 до 0,0027 % уменьшает токоотдачу цинкового протектора в 2 раза. Сдвиг потенциала системы сталь — ЦНП в электроположительную сторону обуславливают также примеси никеля и кобальта. Для устранения отрицательного воздействия этих примесей в состав цинксодержащих покрытий рекомендуется добавлять алюминий [6].

Кроме того, в цинковом порошке содержатся примеси мышьяка, германия, сурьмы, селена, теллура, меди, олова и других элементов. К сожалению, содержание многих из них не всегда контролируется. В частности, не предусмотрен контроль содержания примесей селена, теллура и германия в составе цинковых порошков по ГОСТ 12601 (табл. 1), что затрудняет выявление конкретных особенностей влияния этих элементов на протекторные и барьерные защитные свойства цинкнаполненных грунтовок (ЦНП). При изготовлении протекторных составов следует обяза-



тельно учитывать, что неоднородность по содержанию примесей в используемой цинковой пыли будет приводить к различной поляризации ее частиц и, как следствие, — возникновению микрогальванических пар в ЦНП и протеканию коррозии в самом покрытии.

При определении оптимальных размеров частиц цинкового порошка, используемого для получения протекторных грунтовок, принимаются во внимание различные факторы:

- способность металлического пигмента обеспечивать максимальный и устойчивый во времени потенциал системы ЦНП — стальная подложка;
- седиментационная устойчивость грунтовки;
- качество получаемого защитного покрытия (пористость, плотность, шероховатость и т.п.);
- возможность получения ЦНП заданной толщины с учетом требований по применению различных видов сварки загрунтованных изделий и др.

Экспериментально показано, что оптимальный размер частиц цинковой пыли, обеспечивающий достижение эффективной электрохимической защиты металла цинксодержащим покрытием и требуемых технологических свойств ЛКМ, составляет 3—15 мкм. При использовании в составе протекторных грунтовок цинкового порошка с частицами размером менее 2 мкм было отмечено резкое ухудшение защитных свойств ЦНП за счет образования из мелких частиц цинка агломератов больших размеров. Увеличение размеров частиц более 15 мкм снижает укрупненность ЦНП, седиментационную

Таблица 1

Химический состав цинковых порошков

Марка, ГОСТ, ТУ,	Общее содержание цинка, %	Металлический цинк, не менее, %	Содержание примесей, %, не более							Производитель
			Fe	Pb	Cd	Cu	Sn	As	Sb	
ПЦ 1 ПЦ 3 ГОСТ 12601—76	-	96,0 95,0	0,0005 0,002	0,001 0,006	0,0015 0,006	0,0004 0,001	0,001 0,001	0,0005 0,001	0,001 0,001	ООО НПП «Индустрия»
ПЦР-1 ПЦР-2 ТУ 1721-002-194228—97	-	98,0 97,0	0,003 0,005	0,010 0,013	0,002 0,004	0,001 0,001	0,001 0,001	0,0005 0,0005	-	ООО «Фирма «Аква»
ПЦВД-0 ПЦВД-1 ТУ 1721-002-12288779— 2006	-	96,0 94,0	0,005 0,010	0,013 0,020	0,004 0,010	0,001 0,002	0,001 0,001	0,0005 0,0005	-	ЗАО НПП «ВМП»
Ultra 25 Ultra 35	> 99,0 > 99,0	94—96 94—96	0,003 0,003	0,005 0,005	0,005 0,005	0,001 0,001	-	-	-	Lindgens & Sohne [2]
Micron 4 Row Furnage	98,5 98,5	95,0 95,0	0,050 0,10	0,15 0,20	0,020 0,020	0,003 0,010	-	-	-	Zinchem
UMP SMP	99,0 99,0	96,0 96,0	0,050 0,050	0,20 0,20	0,10 0,10	-	-	-	-	Hyosunq Co.
Standard 5 Standard 7	98,5 98,5	94,0 94,0	0,0005 0,0005	0,20 0,20	0,020 0,020	-	-	-	-	Umicore Norway
Zn dust (4—6) мкм	98,0	94,0	0,20	0,20	0,20	-	-	-	-	United Haihua Company Ltd.

устойчивость грунтовок, затрудняет их нанесение на поверхность и получение покрытий заданной толщины [2, 6].

Форма частиц цинкового порошка (сферическая, чешуйчатая и др.) также влияет на протекторные и барьерные защитные свойства грунтовок, их седиментационную устойчивость и качество получаемых покрытий [2, 7]. Обычно на практике чаще применяют цинковую пыль со сферическими частицами.

Качество цинкового порошка для максимальной эффективности его использования в составах протекторных грунтовок должно обеспечивать в том числе и электрохимическую однородность его частиц, которая определяется прежде всего их химическим и гранулометрическим составом.

Отечественными производителями цинкового порошка в настоящее время являются ЗАО НПП «Высокодисперсные металлические порошки» (ВМП) и ООО «Меркурий Паудерс» (Екатеринбург), ООО «Фирма «Аква» (Челябинск), ООО НПП «Индустрия» (Новочеркасск), ООО «Ресурс» (Вятские Поляны), ЗАО ПО «Цветметсервис» (Озерск) и др. Кроме того, на российском рынке работают представительства веду-

щих зарубежных компаний — производителей пигментного цинка, среди которых следует выделить прежде всего фирмы Umicore Norway и Larvik Pigment (Норвегия), Eckart (Швейцария), Hyosunq Corporation и Heartychem Corporation (Южная Корея), The Metal Powder Company Ltd. (Индия), Zinchem (ЮАР), United Haihua Company Ltd. (Китай) и др.

Состав протекторных ЦНГ отличается использованием в качестве пленкообразователей, как правило, полимеров, обладающих высокой щелочестойкостью. Это вызвано тем, что при разрушении металлического цинка в процессе эксплуатации покрытия образуются гидроксид цинка и другие соединения щелочного характера, способные вызывать деструкцию некоторых пленкообразователей (например, окисленных растительных масел и др.). Традиционно ЦНГ изготавливают на основе органических и неорганических связующих, например частично гидролизованного тетраэтоксисилана и водных растворов силикатов щелочных металлов — лития, калия, натрия (высокомолекулярное жидкое стекло). Органическими пленко-

образователями являются различные виды полимеризационных и поликонденсационных полимеров. К ним относятся главным образом эпоксидные смолы и полиуретаны, а в некоторых случаях — полистирол, цикло- и хлоркаучуки, полиэтилен высокого давления и др.

Анализ литературных [4, 5, 8—14], рекламных и других информационных материалов по применению ЦНГ для антикоррозионной защиты металла в отечественной и мировой практике позволяет заключить, что этот вид защитных материалов в ближайшей перспективе будет одним из наиболее востребованных. В этой связи заслуживает внимания анализ тенденций развития данного направления в России и за рубежом в последние годы.

В частности, несомненный интерес представляют исследования по разработке цинксодержащих материалов, проведенные фирмой Eckart [15,16]. При создании протекторных грунтовок авторами были использованы цинковые пигменты двух типов с различной структурой поверхности: цинко-





вые хлопья (пластинчатая) и цинковая пыль (сферическая). Это позволило значительно сократить общее массовое содержание цинка в рецептуре грунтовки на основе этилсиликата. Уменьшение содержания цинка в покрытиях без снижения их защитных свойств авторы объясняют высокой удельной поверхностью пластинчатого цинка, а также увеличением числа возможных электрических контактов между различными по форме частицами металлического пигмента. Кроме того, цинковые хлопья увеличивают также барьерный эффект, создаваемый покрытием. Свой подход, основанный на использовании двух видов цинковых пигментов, авторы распространили и на получение протекторных грунтовок других типов [17, 18].

Перспективным направлением в области разработки протекторных грунтовок является изучение возможности применения в их рецептуре наночастиц цинка. Это может позволить снизить толщину покрытий, улучшить их механические свойства и электропроводность. Одним из результатов этого исследования явилось получение протекторной грунтовки на основе эпоксидной смолы, полиамидного отвердителя, пигментов, наполнителей и растворителя с введением в композицию 3,0—5,0 % (по массе) препарата наночастиц цинка, который представляет собой дисперсию частиц цинка с диаметром около 10^{-9} м в изооктане с концентрацией $(0,4—4,0) \cdot 10^{-3}$ моль/дм³ [19, 20].

Разработана оригинальная технология и создана промышленная установка по получению натриевого силикатного связующего с силикатным модулем 3,6—4,4 методом электролиза [21]. В качестве исходного сырья в данном процессе используется то-

варный раствор жидкого стекла по ГОСТ 13078 (силикатный модуль 2,6—3,2). На

основе полученного натриевого стекла создана цинксилкатная композиция «Барьер-3П», содержащая 75—85 % (по массе) цинкового порошка.

Для долговременной защиты металлов от коррозии разработан специальный метод, связанный с включением в состав протекторных цинксодержащих покрытий токопроводящих полимеров в качестве малых добавок, в частности полианилина (торговой марки Catize) в количестве до 1 % [22]. Механизм защитного протекторного действия при этом остается вышеописанным. Однако вследствие обеспечения тесного электрического контакта между частицами цинка и подложкой, который достигается за счет применения добавки, эффективность протекторного действия, полнота расхода цинка, а также общая эффективность и продолжительность противокоррозионной защиты ЦНП намного возрастают.

В описании к патентам [23, 24] предложено использовать в качестве пленкообразователей при изготовлении цинкнаполненных составов алкидные олигомеры, модифицированные различными соединениями: стиролом, акриловыми мономерами, диизоцианатами, эпоксидными, карбамидо-, меламиноформальдегидными смолами и др. Применение указанных модификаторов в составе алкидных олигомеров позволяет целенаправленно регулировать основные эксплуатационные свойства грунтовочных покрытий (твердость, прочность при ударе, атмосферно-, водо-, химстойкость и др.) и использовать их в самых различных отраслях промышленности. Авторы патента [25] применяют в рецептурах цинксодержащих протекторных грунтовок алкидно-фенольные смолы марок АФ-

033 (ТУ 2311-025-54651722—2000, производитель — ООО Завод «Краски КВИЛ») и АМФ 30/60 (ТУ LVUTN-40003245470-10-02, производитель — фирма Biolar) с кислотным числом не более 15 мг КОН/г, отличающиеся высокой адгезией к металлам. Добавками, обеспечивающими седиментационную устойчивость композиций, служат бентонит марки SD-1, лецитин и оксид цинка. При этом антиседиментационный эффект оксида цинка проявляется за счет его химического взаимодействия с карбоксильными группами пленкообразователя, что приводит к загущению системы. Следует подчеркнуть, что алкидные смолы подвержены щелочному гидролизу, что будет отрицательно сказываться на долговечности образующихся покрытий.

Эффективная цинкнаполненная антикоррозионная грунтовка была создана с использованием одноупаковочного полиуретанового лака в качестве пленкообразователя и диизоцианата (толуилдиизоцианат и др.) в качестве модификатора поверхности цинкового порошка [26]. Получаемые покрытия характеризуются высокой ударной прочностью, адгезией к окрашиваемой поверхности, антикоррозионной стойкостью, оптимальной эластичностью, устойчивостью к растрескиванию в процессе эксплуатации, термо- и химстойкостью. На основе этого же пленкообразователя с применением высокодисперсного порошка цинка, полученного методом испарения металлического цинка в атмосфере инертного газа с последующей его конденсацией, изготовлена новая одноупаковочная лакокрасочная композиция [27]. Она отличается длительным сроком хранения без необратимых изменений свойств, а покрытие на ее основе обладает высокой антикоррозионной стойкостью в агрессивных средах при повышенных температурах.

С целью снижения выбросов в атмосферу летучих органиче-

ских соединений при производстве и применении ЛКМ создаются новые виды ЦНГ на основе водоразбавляемых органических пленкообразователей (эпоксидные, алкидные смолы и др.) [5, 11, 17, 18]. В этом случае (особенно для одноупаковочных грунтовок) разработчикам различными приемами приходится решать проблему, связанную с предотвращением возможного выделения водорода при хранении таких ЛКМ, который образуется за счет побочных реакций цинковой пыли в водной среде.

Обычно при защите стальных изделий, эксплуатирующихся в неагрессивных средах (незагрязненная атмосфера, светлые нефтепродукты и т.п.), ЦНГ используются как самостоятельные покрытия. Однако в коррозионно-агрессивных средах на грунтовку с учетом высокой химической активности цинка требуется наносить верхнее защитное покрытие. Это намного увеличивает срок эксплуатации протекторной грунтовки и комплексного защитного покрытия в целом, придает поверхности заданные декоративные свойства.

Следует также учитывать, что покрытия наносят на металлические изделия различного назначения, которые эксплуатируются в различных условиях (климатические факторы, загрязненность окружающей среды и др.). Поэтому важное практическое значение приобретают работы по созданию комплексных систем покрытий (ЦНГ + верхние покрывные материалы) для долговременной защиты конкретных видов металлических изделий и конструкций при их эксплуатации в определенных условиях.

В этой связи хочется отметить достижения отечественных специалистов в этой области [28—30]. В частности, в [29] сообщается о хороших защитных свойствах систем покрытий, содержащих протекторную грунтовку ЭП-0444, разработанную ЗАО НПП

«Спецтехнопроцесс». В системах комплексных покрытий эта грунтовка используется совместно с эмалями ЭП-1527 и ЭП-1532 производства этой же компании, а также с акрилуретановыми эмалями АК-1301 (производитель ОАО «Русские краски») и АУ-1518Р (производитель ОАО НИИ ЛКП с ОМЗ «Виктория»).

В [30] приводятся результаты ускоренных комплексных испытаний на коррозионную стойкость в соответствии с ГОСТ 9.401 и ИСО 12944-6 системы покрытий на основе полиуретана, состоящей из ЦНГ, промежуточной и покрывной эмалей, разработанных компанией «ВМП». Выявлены хорошие защитные свойства этой системы покрытий даже при сравнительно небольшой их толщине (160—200 мкм) в атмосфере с широким диапазоном коррозионной активности. Прогнозируемая долговечность комплексного полиуретанового покрытия составляет 15—20 лет. Отметим также, что в настоящее время комплексные системы лакокрасочных покрытий, содержащие ЦНГ, включены в нормативные документы (стандарты организаций и др.), которые определяют выбор материалов для антикоррозионной защиты различных металлических поверхностей в ряде промышленных отраслей (мостостроение, тяжелое машиностроение, судостроение и др.).

Несомненным лидером среди производителей цинкнаполненных протекторных составов в России является компания «ВМП» [28, 30—36]. Этому способствует наличие собственного производства цинкового пигмента. Такие виды продукции фирмы «ВМП», как ЦВЭС, ЦИНОЛ и другие, широко известны в нашей стране и за ее пределами. ЛКМ составляют успешную конкуренцию зарубежным грунтовкам аналогичного типа. Другими отечественными производителями ЛКМ этого вида являются ООО «Гамма Индустриальные краски», ЗАО «НПК ЯрЛИ», ЗАО

«Эмлак», ОАО «Кронос-СПб», ООО «Разноцвет», ООО «НПФ Спецэмаль» и др. Среди зарубежных производителей протекторных грунтовок, представленных на российском рынке ЛКМ, следует выделить компании Tikkurila Coating Oy, Steelpaint, Tambour, International Paint Ltd., Ameron, Hempel, Zingametall, International Protective Coatings и др.

Специалисты Смоленского ЛКЗ также проводят работы в области создания протекторных грунтовок. Нами разработаны и подготовлены к производству следующие разновидности таких антикоррозионных материалов:

- двухупаковочная грунтовка на основе суспензии высокодисперсного цинкового порошка в растворе эпоксидной смолы (компонент А) и полиамидного отвердителя (компонент Б);
- одноупаковочный цинксодержащий состав естественной сушки на основе высокомолекулярного термопластичного полимера. Свойства этих грунтовочных композиций представлены в табл. 2.

Покрытия на основе разработанных грунтовок обладают устойчивостью к действию солей, кислот, щелочей и минеральных масел. О высоких протекторных свойствах этих ЦНГ свидетельствуют проведенные ускоренные испытания на нитевидную коррозию по методике, описанной в международном стандарте ИСО 4623-1 «Лаки и краски. Испытания на стойкость к нитевидной коррозии. Часть 1. Стальная подложка» (табл. 2).

Созданные ЛКМ предназначены для использования как в качестве самостоятельных покрытий, так и грунтовочных слоев под покрывные материалы в комплексных системах защиты. При этом наиболее эффективными областями применения этих ЦНГ (в зависимости от их типа) является защита стальных изделий и сооружений, эксплуатируемых в морской и пресной воде, водных растворах электро-

Свойства цинкнаполненных протекторных грунтовок Смоленского лакокрасочного завода

Показатель	Slaven-Zn-EP	Slaven-Zn-PS	
	(ТУ 2312-041-18511586—2010)	(ТУ 2312-041-18511586—2010)	
Внешний вид покрытия	После высыхания покрытие должно быть матовым, однородным, без посторонних включений		
Цвет покрытия	Серый, оттенок не нормируется	Светло-серый, оттенок не нормируется	
Условная вязкость по вискозиметру ВЗ-246 с диаметром сопла 4 мм при температуре (20±0,5) °С, с, не менее	30	40	
Массовая доля нелетучих веществ, %	87 ± 2	78 ± 2	
Время высыхания до степени 3 при температуре (20±2) °С, ч, не более	1,5	1,0	
Жизнеспособность после смешения компонентов при температуре (20±2) °С, ч, не менее	12	—	
Прочность покрытия при ударе, см, не менее	50	50	
Эластичность покрытия при изгибе, мм, не более	3	5	
Адгезия покрытия, балл, не более	1	1	
Стойкость покрытия к статическому воздействию жидкостей при температуре (20±2) °С, ч, не менее:			
	- воды	24	24
	- 3%-ного раствора NaCl	24	24
	- индустриального масла	24	24
Ускоренные коррозионные испытания по ИСО 4623-1:2000 в течение 500 ч	На царапинах покрытий ржавчина отсутствует. Поверхность покрытий без изменения. Металл чистый	На царапинах покрытий отсутствует ржавчина, точки коррозии на 2—3 % поверхности. Изменение декоративных свойств покрытий: появление на поверхности темных пятен и разводов	
Примечание. Методы нанесения грунтовок – ручной (кисть, валик), воздушное и безвоздушное распыление.			

литов (рН= 5,0—9,0), нефти и нефтепродуктах, спиртосодержащих растворах и других агрессивных средах.

С использованием данных протекторных грунтовок нами были также разработаны и комплексные системы покрытий для долговременной защиты металла от коррозии, которые проходят в настоящее время испытания в ведущих российских и зарубежных научно-технических центрах. Результаты проведенных исследований будут представлены нами в отдельной публикации.

Литература

1. Розенфельд И.Л., Рубинштейн Ф.И., Жигалова К.А. Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями. М.: Химия, 1987. 224 с.
2. Дринберг А.С., Ицко Э.Ф., Калинин Т.В. Антикоррозионные грунтовки. М.: ООО «Пейнт-медиа», 2008. 168 с.
3. Окрасочные работы в машиностроении: Справочник /Под общ. ред. Е.В. Искры. Л.: Машиностроение, 1984. 256 с.
4. Кулешова И.Д. ЛКМ. 2009. № 9. С. 34—42.
5. Undrum Н. ЛКМ. 2009. № 8. С. 23—26.
6. Клименко В.Л. Цветные металлы. 1984. № 4. С. 34—37.

7. Латышев Ю.В., Лелев Л.М., Семенов Н.Ф. ЛКМ. 1997. № 2. С. 14—18.
8. Кирьятцева Т.В. ЛКМ. 2001. № 1. С. 30—33.
9. Кирьятцева Т.В. ЛКМ. 2001. № 9. С. 25—28.
10. Стойе Д., Фрейтаг В. Краски, покрытия и растворители. СПб.: Профессия, 2007. 528 с.
11. Undrum Н. ЛКМ. 2009. № 10. С. 39—41.
12. Волосюк В.Ф. Очистка, окраска. 2008. № 3. С. 12—13.
13. Волосюк В.Ф. Очистка, окраска. 2008. № 4. С. 12—14.
14. Брок Т., Гротэклаус М., Мишке П. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям. М.: ООО «Пейнт-медиа», 2007. 548 с.
15. Kruba L., Stucker P., Schuster T. ЛКМ. 2005. № 7—8. С. 27—32.
16. Kruba L., Stucker P. Лакокрасоч. промышленность. 2008. № 12. С. 8—11.
17. Kruba L., Stucker P. Лакокрасоч. промышленность. 2007. № 1. С. 7—12.
18. Kruba L. В сб.: Тез. докл. II Сибирского лакокрасоч. форума. М.: ООО «Издательство «ЛКМ-пресс», 2009. С. 8.
19. Кудрявцев Б.Б. ЛКМ. 2004. № 1—2. С. 50—58.
20. Пат. 2246513 RU.
21. Ануфриев Н.Г., Гончаров В.Л., Иванов А.М. и др. ЛКМ. 2001. № 4. С. 7—9.

22. Верхованицев В.В. Функциональные добавки в технологии лакокрасочных материалов и покрытий. М.: ООО «Издательство «ЛКМ-пресс», 2008. 280 с.
23. Пат. 2068434 RU.
24. Пат. 2152413 RU.
25. Пат. 2304602 RU.
26. Пат. 2169164 RU.
27. Пат. 2169165 RU.
28. ЛКМ. 1999. № 7—8. С. 22—23.
29. Кулешова И.Д. ЛКМ. 2009. № 10. С. 23—28.
30. Субботина О.Ю., Герт Н.В., Залесова О.Л. и др. ЛКМ. 2009. № 10. С. 10—17.
31. Фишберг И.В., Юркина Л.П., Субботина О.Ю. и др. ЛКМ. 1997. № 2. С. 8—13.
32. Субботина О.Ю., Пирогов В.Д., Самсонова А.И. и др. ЛКМ. 1998. № 9. С. 25—30.
33. Ярославцева О.В., Рудой В.М., Останина Т.Н. и др. ЛКМ. 1998. № 7. С. 28—31.
34. Ярославцева О.В., Рудой В.М., Останина Т.Н. и др. ЛКМ. 1998. № 1. С. 3—6.
35. Соловьев А.С., Останина Т.Н., Рудой В.М. и др. ЛКМ. 2000. № 1. С. 3—6.
36. Останина Т.Н., Рудой В.М., Соловьев А.С. и др. ЛКМ. 2000. № 2—3. С. 31—40.

