

М.С. Шмаков, С.А. Бутько

Белорусский государственный технологический университет, Минск

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАВИТАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОЧИСТКЕ АНИЛОКСОВЫХ ВАЛОВ

*В работе приводится анализ и изучение технологических особенностей процессов очистки анилоксовых валов, а также их влияние на качество эксплуатационных свойств. Так как доля флексографской печати в общем рынке полиграфических услуг постоянно расширяется, то это указывает на актуальность данной темы и ее значимость. Научная идея заключается в оптимизации влияния ультразвукового фактора и химического воздействия.*

**Ключевые слова:** флексография, ультразвуковые колебания, кавитация, анилоксовый вал.

### Введение

Существенным фактором развития флексографской печати стало внедрение фотополимерных печатных форм (ФПФ). В последние годы белорусские предприятия начали привлекать к их изготовлению цифровую технологию «Computer-to-Plate (CtP)». Эта технология использует специально разработанные фотополимерные пластины с черным масляным слоем. Качество печатного оттиска в первую очередь зависит от правильного растривания. Одним из минусов цифрового получения ФПФ является то, что степень фотополимеризации уменьшается с увеличением глубины и плотности растровой структуры. Особенности процессов фотополимеризации, а также многофакторность самого технологического процесса получения ФПФ не позволяют стабилизировать качество полученного оттиска. В таком случае решающее значение при создании растровой структуры играет тщательная очистка анилоксового вала. Необходимы эффективные способы удаления нежелательных остатков, позволяющие восстановить прежний объем ячеек. Предпочтение отдается мощным композициям на основе экологически безопасных органических растворителей и водных растворов ПАВ, способных очищать микрорельефные поверхности от загрязнений [1].

Альтернативой органическим растворителям и хладам является УЗ очистка в водных растворах ПАВ. Воздействие УЗ полей на жидкие среды вызывает в них процессы кавитации, а также макро- и микропотоки в объеме жидкости, прилегающей к излучаемой поверхности ванны [2]. Возникающие микро- и макропотоки способствуют удалению загрязнений и ускорению процесса очистки микрорельефной поверхности.

Таким образом, актуальной задачей является повышение эффективности процессов удаления загрязнений со сложно профилированных и микро-

рельефных поверхностей анилоксовых валов в жидких мощных средах при воздействии ультразвукового поля, а также разработка ультразвукового оборудования и гибких производственных линий очистки для серийного производства.

Вместе с тем, сдерживающим фактором, определяющим масштабы их использования, является недостаточная изученность механизмов удаления загрязнений с микрорельефных поверхностей жидкими средами различного состава при воздействии энергии УЗ-полей. Высокая стоимость зарубежного технологического оборудования и расходных материалов для очистки создает трудности для развития полиграфического производства, в том числе высококачественной флексографской печати [3].

### Основная часть

Чистота анилоксовых валов во флексографии – один из ключей к качественной печати. Без ее поддержания невозможно решить, например, проблему разнооттеночности оттисков. Если ячейки анилоксового вала забиты грязью, засохшей краской или лаком, то добиться приемлемого качества вряд ли удастся. Следует сразу оговориться, что для поддержания высокого качества продукции анилоксовый вал должен проходить очистку сразу после окончания печатных работ, когда проще всего очистить ячейки. На практике это происходит не всегда, что приводит, прежде всего, к уменьшению величины краскопереноса анилоксового вала – то есть к снижению способности переносить необходимое количество краски или лака.

Прежде всего, к методам очистки предъявляются следующие требования:

– обеспечение глубокой очистки ячеек анилоксового вала;

– достижение и соблюдение баланса между скоростью и эффективностью очистки при обеспечении целостности покрытия вала;

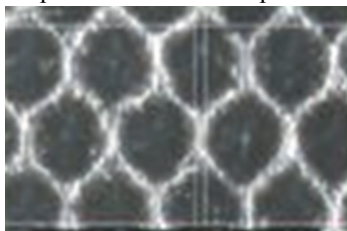
– при очистке анилоксовый вал не должен быть поврежден;

– сухие остатки красочного пигмента и лака, оседающие на дне ячейки, должны полностью удаляться.

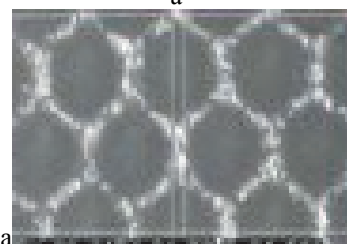
Несмотря на многообразие методов очистки, на текущий момент нет ничего лучше, чем планомерно и своевременно проводить очистку анилоксового вала самым доступным из них, не дожидаясь, пока краскоперенос снизится до критического уровня. Но если все-таки требуется глубокая очистка, то следует помнить, что при правильном применении любой из современных методов даст прекрасные результаты и позволит продлить жизнь анилоксового вала. Однако, поиск новых методов очистки позволит повысить эффективность производственных процессов на предприятии и добиться положительного экономического эффекта.

Структура поверхности анилоксового вала существенно влияет на качество его работы, следовательно, и на результат печати. Поверхность современного керамического анилоксового вала обычно покрывают тонким слоем оксида хрома, который перед лазерным гравированием полируют. От однородности и твердости керамического покрытия зависит износ вала, пористость его поверхности и стабильность результатов гравирования – особенно при работе с высокими линиятурами и ячейками малого размера.

Качественное покрытие анилокса примерно на 99% должно состоять из чистого оксида хрома (стандартная твердость по Викерсу 1200–1300). Основу, на которую оно наносится, как правило, подвергают специальной обработке, повышающей силу сцепления и снижающей риск отслаивания покрытия при работе с водными красками. На отполированной керамической поверхности лазер формирует ячеистую структуру, определяющую объем переносимой на печатную форму краски [4]. Результаты гравирования различных покрытий показаны на рис. 1.



а



б

а – карбид вольфрама; б – керамическое покрытие  
Рис. 1. Результаты гравирования различных покрытий

Выбор аппаратуры и мощных сред для УЗО зависит, прежде всего, от вида удаляемых загрязнений. В УЗ поле происходит механическое разрушение пленки загрязнений под действием кавитации и одновременно ускоряется процесс химического взаимодействия моющей жидкости с загрязнением под действием акустических течений. Классификацию загрязнений проводят по трем основным признакам [5]: способности противостоять воздействию микроударных нагрузок; прочности связи пленки загрязнений с очищаемой поверхностью; характеру химического взаимодействия с моющей жидкостью.

Выбор аппаратуры и мощных сред для УЗО зависит, прежде всего, от вида удаляемых загрязнений. В УЗ поле происходит механическое разрушение пленки загрязнений под действием кавитации и одновременно ускоряется процесс химического взаимодействия моющей жидкости с загрязнением под действием акустических течений. Классификацию загрязнений проводят по трем основным признакам [5]: способности противостоять воздействию микроударных нагрузок; прочности связи пленки загрязнений с очищаемой поверхностью; характеру химического взаимодействия с моющей жидкостью.

По первому признаку загрязнения подразделяются на кавитационно стойкие и кавитационно не стойкие, по второму – на прочно и слабо связанные с очищаемой поверхностью, по третьему – на химически взаимодействующие и не взаимодействующие с моющей жидкостью. Следует отметить, что классификация загрязнений по характеру взаимодействия с моющей жидкостью достаточно условна, так как всегда можно подобрать химический состав жидкости таким, что загрязнение будет вступать с ней в химическую реакцию. Поэтому под средой, химически взаимодействующей с загрязнением, понимают такую жидкость, которая, удаляя загрязнение с поверхности, не вступает в химическую реакцию с материалом очищаемого изделия.

Любое загрязнение можно охарактеризовать совокупностью вышеперечисленных признаков в различных сочетаниях. Например, тонкие жировые пленки на металлической поверхности, когда их очистка производится в воде, относятся к числу кавитационно стойких, слабо связанных с очищаемой поверхностью, химически не взаимодействующих с моющей жидкостью. Поэтому УЗО таких пленок в воде неэффективна и для обеспечения высококачественной очистки необходимо применить химически активную моющую жидкость, а параметры УЗ поля подбирать такие, которые обеспечивали бы образование интенсивных акустических течений.

Классификация загрязнений позволяет определить области применения УЗО. Если загрязнение прочно связано с очищаемой поверхностью, химически не взаимодействует с моющей жидкостью и его

кавитационная стойкость равна или превосходит кавитационную стойкость материала детали, например, пригары формовочной земли на поверхности литых алюминиевых деталей, то для удаления таких загрязнений нельзя рекомендовать применение УЗО [5].

Перечень наиболее распространенных загрязнений и их классификация по характерным признакам приведены в табл. 1.

Таблица 1  
Классификация и свойства загрязнений

Виды загрязнений		Свойства загрязнений
Кавитационно стойкие	Пыль, шлам после печати	Слабо связаны с поверхностью, химически не взаимодействуют с моющей жидкостью
	Неполярные загрязнения в виде масел	Прочно связаны с очищаемой поверхностью, химически не взаимодействующие с моющими жидкостями
	Лаковые пленки, краски	Прочно связаны с поверхностью, химически взаимодействуют с моющей жидкостью
	Продукты коррозии, полярные загрязнения в виде остатков флюсов	Прочно связаны с поверхностью, химически взаимодействующие с агрессивными жидкостями
Не стойкие	Жировые пленки, отпечатки пальцев	Прочно связаны с поверхностью, химически взаимодействуют с моющей жидкостью

Приведенный перечень загрязнений характерен для большинства анилоксовых валов. Значение классификации загрязнений состоит в том, чтобы определить, по какому из признаков легче удалить их с поверхности. Определив этот признак, можно правильно выбрать технологию УЗО (моющие среды и параметры звукового поля).

С поверхности анилоксовых валов в основном подлежат удалению два основных вида загрязнений: лаковые пленки, краски и пыль. Пыль, в основном, механически связана с керамической поверхностью и удаляется в моющих растворах при воздействии ультразвука. Для определения состава загрязнений необходимо было провести спектральный анализ образцов прополимеризованной ультрафиолетовой краски.

В основе спектрального анализа лежит изучение строения света, который излучается или поглощается анализируемым веществом. Методы спектрального анализа делятся на эмиссионные (эмиссия – испускание) и абсорбционные (абсорбция – поглощение).

Каждому веществу соответствует строго определенный спектр излучения и поглощения. Разреженные одноатомные газы и газы простых молекул обладают линейчатыми спектрами. Такой спектр состоит из отдельных узких линий различной интенсивности, группирующихся в спектральные серии. У газов многоатомных молекул и у веществ, состоящих из органических молекул, наблюдаются серии очень близко расположенных узких спектральных линий, образующих полосы поглощения или излучения. Жидкие и твердые диэлектрики имеют сплошные спектры, состоящие из сравнительно широких полос, в пределах которых коэффициент поглощения  $\alpha$  или интенсивность излучения изменяются плавно. За пределами этих полос коэффициент поглощения близок к нулю, т.е. для излучения с длинами волн за пределами полос поглощения диэлектрики прозрачны. В результате работы спектрографа был получен спектр пропускания, представленный на рис. 2.

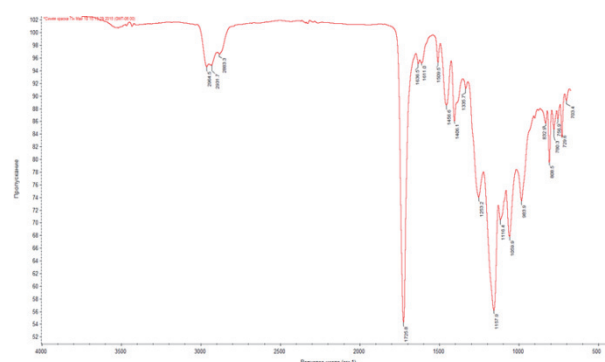


Рис. 2. Спектр пропускания флексографской УФ-краски

На данном графике представлены основные перепады уровня пропускания света, которые весьма специфичны для любого вещества, что позволяет, сравнивая с образцами других веществ, подобрать соответствующий спектр пропускания уже известного вещества. После сравнения были получены следующие данные, представленные на рис. 3.

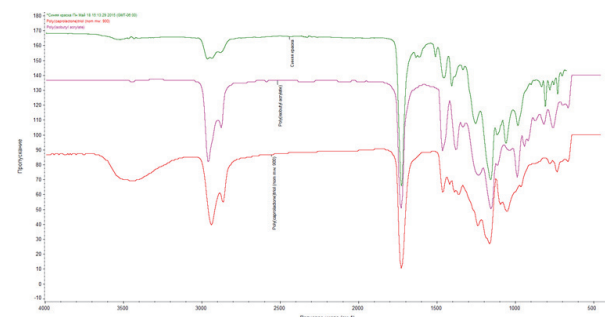


Рис. 3. Сравнение спектров пропускания с образцом

Результатами сравнения оказалось сходство полученного спектра пропускания со спектрами пропускания капролактана и изобутилакрилата.

Бутилакрилаты – типичные эфиры сложные. Гидролизуются в присутствии кислот или щелочей, переэтерифицируются в присутствии кислых катализаторов.  $CH_3ONa$ . Кроме того, бутилакрилаты легко полимеризуются под действием тепла, света, инициаторов, а также легко сополимеризуются, например с акриловой кислотой, ее солями и эфирами, акриламидом, метакрилатами, акрилонитрилом, виниловыми мономерами, бутадиеном. Для предотвращения самопроизвольной полимеризации бутилакрилаты ингибируют гидрохиноном, его монометилловым эфиром, пирокатехином, *n*-трет-бутилпирокатехином и др. (0,001–0,1% по массе).

Характер взаимодействия лаковых пленок с керамической поверхностью анилоксого вала сложный. Он включает простое механическое сцепление, межмолекулярное и химическое взаимодействие, вследствие чего удаление отпечатков пальцев требует разработки специальных моющих растворов.

Разрушение поверхностных пленок в жидкости под действием ультразвука происходит благодаря кавитации и акустическим течениям. В некоторых случаях, при очистке контактным методом, когда УЗК возбуждаются в самом изделии, определенную роль могут играть знакопеременные напряжения, возникающие в пленке загрязнений при изгибных колебаниях и способствующие отслаиванию пленки, если ее усталостная прочность незначительна.

Интенсивность кавитации, скорость и характер акустических течений, величина радиационного давления и амплитуда колебаний изделий зависят от частоты и интенсивности УЗ поля, физических свойств жидкости и в особенности – от ее температуры. Разрушение, отделение и растворение пленки загрязнений при УЗО происходит благодаря совместному действию химически активной среды и факторов, возникающих в жидкости в УЗ поле [5; 6].

Выбор моющих сред определяется видом загрязнения, материалом, из которого изготовлена очищаемая деталь, ее конструктивными особенностями, а также оптимальными условиями формирования кавитационной области с регулируемой эрозивной активностью.

Продолжительность УЗО колеблется от нескольких секунд до 15 мин при мощности 250 Вт и зависит от вида загрязнения и количества загрязнений на единице площади поверхности, подвергаемой очистке [7]. Если количество загрязнений на поверхности изделия превышает  $200 \text{ мг/м}^2$ , то УЗО целесообразно сочетать с химическими методами обезжиривания [8], используя очистку в УЗ поле на конечной стадии удаления пленки загрязнений для получения высокого качества очистки поверхности при плотности мощности до 10 Вт/л объема.

При пульсациях кавитационных пузырьков на пленку загрязнений воздействуют динамические

нагрузки. Кавитационные пузырьки производят микроударное разрушение поверхностной пленки. Микроударные нагрузки характеризуются резким возрастанием давлений до значительной величины, за которым следует столь же быстрое уменьшение нагрузки. Распределение напряжений, вызванных такими нагрузками, отличается локальностью и сильной неравномерностью, что приводит к появлению в пленке загрязнений трещин, а также следов эрозии, которые наблюдаются на поверхности пленки в виде точечных кратеров. Захлопывающиеся кавитационные полости могут создавать локальные давления до 50 МПа и тепловые поля до 6000 К [9–11].

Известны три возможных механизма разрушения поверхностных пленок пульсирующими кавитационными пузырьками: отслоение, струйная очистка, эмульгирование [12]. Характер этих процессов во многом зависит от критических размеров кавитационных пузырьков [13].

Разрушение поверхностных пленок в жидкости под действием ультразвука происходит в результате кавитации и акустических течений, причем основной вклад дает кавитация. В связи с этим обоснована необходимость равномерности кавитационной области. Однако распределение кавитационных пузырьков в кавитационной области в большинстве случаев далеко от равномерного. В жидкой среде количество кавитационных пузырьков существенно превышает число их зародышей. Вокруг захлопывающегося пузырька идет процесс размножения зародышей, в результате чего появляются скопления пузырьков той или иной формы. Наличие таких скоплений существенно нарушает равномерность распределения пузырьков: в скоплениях число их велико, а в пространстве между скоплениями мало или даже равно нулю. Как правило, скопления возникают на границе раздела «жидкость–твердое тело», где всегда в достаточном количестве присутствуют кавитационные зародыши. Часто можно наблюдать скопления кавитационных пузырьков, имеющих форму тяжей, которые исходят из одной точки. Причины образования скоплений такой формы пока не ясны, однако конфигурация тяжей существенно меняется при незначительном изменении рабочей частоты. Отсюда можно предположить, что тяжести связаны с интерференционной структурой ближнего поля излучателя – единственным фактором, сильно реагирующим на незначительные изменения частоты.

Таким образом, достаточно трудно получить в технологическом объеме УЗ ванны равномерную кавитационную область. В наиболее часто используемых конструкциях дном ванны служит излучающая диафрагма преобразователя ПМС-6-22 [14]. Распределение акустического давления, создаваемого такими системами, крайне неравномерно – до 50%. В центре ванны над диафрагмой давление

принимает максимальное значение и уменьшается к краю мембраны. Иногда для обеспечения равномерности ультразвукового поля на большой площади используют изгибно-колеблющуюся диафрагму, возбуждаемую системой распределенных магнито-стрикционных преобразователей, припаянных попарно в пучностях изгибных колебаний пластины. Такую конструкцию имеет преобразователь ПМС-38. Однако значение акустического давления над такой системой также имеет максимумы и минимумы. Кроме того, сборка и настройка таких систем чрезвычайно сложна.

Таким образом, необходима разработка УЗ ванн с распределенными по площади малогабаритными преобразователями, обеспечивающими высокую равномерность УЗ поля.

Основное уравнение пульсаций кавитационной полости представлено ниже:

$$R \frac{d^2 R}{dt^2} + \frac{3}{2} \left( \frac{dR}{dt} \right)^2 + \frac{1}{\rho_0} \times \left[ P_0 - P_n - P_m \sin \omega t + \frac{2\sigma}{R} - \left( P_0 + \frac{2\sigma}{R_0} \right) \left( \frac{R_0}{R} \right)^{3\gamma} \right] = 0,$$

где  $R$  – эффективный радиус пузырька;

$R_0$  – начальный радиус пузырька;

$\gamma$  – показатель политропы;

$P_0$  – гидростатическое давление;

$\rho_0 = \text{const}$  – плотность жидкости;

$\sigma$  – поверхностное натяжение;

$P_m$  – амплитуда УЗ-поля;

$\omega = 2\pi f$  – частота УЗ-поля;

$P_n$  – давление пара.

Впервые оно было получено и исследовано Нолтингом и Непайрасом [15] и его принято называть уравнением Нолтинга-Непайраса.

Численные решения этого уравнения, полученные в ряде работ, значительно расширили представления о возможном характере пульсаций реальных кавитационных пузырьков. Сопоставление этих решений с соответствующими экспериментами показало, что уравнение Нолтинга-Непайраса достаточно хорошо описывает изменение радиуса кавитационного пузырька, пульсирующего в поле ультразвуковой волны.

В конечной стадии захлопывания, когда скорости движения границы пузырька становятся соизмеримыми со скоростью звука в жидкости, предположение о несжимаемости жидкости становится некорректным. Поэтому уравнение Нолтинга-Непайраса не позволяет определить максимальные скорости захлопывания кавитационных полостей и связанные с ними максимальные давления, определяющие различные явления, наблюдаемые в жидкости.

Для создания кавитационной области используется некоторая часть энергии первичного звукового поля. Обозначим отношение затраченной энергии к полной энергии первичного поля через  $\chi$  и назовем его коэффициентом кавитационного использования акустической энергии [16]:

$$\chi = \frac{E_k}{E},$$

где  $E_k$  – энергия, затрачиваемая на образование кавитации в единице объема;

$E$  – плотность подводимой первичной энергии.

Ясно, что вся энергия  $E$  не может быть израсходована на образование кавитации, так как и при  $E < E_k$  кавитация прекращается, поэтому всегда  $\chi < 1$ .

Часть этой энергии отдается обратно при захлопывании пузырьков в различных формах, часть энергии затрачивается на образование активных химических радикалов, на люминесценцию и т. д.

Если считать, что вся работа, затраченная на рост пузырька до  $R_{\max}$ , а также его сжатие до  $R_{\min}$  расходуется затем на образование ударной волны и пренебречь потерями звуковой энергии на сонолюминесценцию и другие явления, сопутствующие ультразвуковой кавитации, то критерием эрозионной активности является величина  $T/\tau_0$ , где  $T$  – период колебаний, а  $\tau_0$  – время, в течение которого накопленная энергия переходит в энергию ударной волны:

$$\chi = \frac{R_{\max}^3}{R_{\min}^3} \frac{T}{\Delta t}.$$

## Заключение

В результате теоретического анализа структуры пленок различной физикохимической природы разработана классификация загрязнений по кавитационной стойкости и удаляемости разными по химической активности жидкими средами, которая является основой создания новой методики и выбора параметров обработки модулированными УЗ сигналами в жидких средах сложно профилированных и микрорельефных поверхностей оптических и электронных модулей.

Моделированием распределения УЗ давления в ваннах с пакетными УЗ излучателями определены условия обеспечения равномерного давления в жидких средах при удалении загрязнений в групповых процессах обработки. Для обеспечения высокой равномерности распределения давления по площади в ваннах групповой обработки предложено размещать пакетные пьезоэлектрические преобразователи в узлах решетки треугольной структуры, с длиной стороны кратной и применять частотную ( $\pm 100$  Гц) и фазовую (на  $120^\circ$ ) модуляцию УЗ сигнала.

Установлені закономірності управління мікропотоками в жидких середовищах і пропонуються схеми процесів удалення забруднень, включаючи послідовні етапи впливу водними моючими розчинами ПАВ з рН=12–12,5, оптимальні параметри кавітаційного тиску, температури моючих серед, концентрації ПАВ, забезпечуючі ефективне удалення забруднень з мікрорельєфних поверхонь очищуваних виробів в УЗ.

### Список літератури

1. Иващенко В.Н. Формирование вакуумными методами на дисковых поверхностях равномерных по толщине тонких плёнок / В.Н. Иващенко, Н.К. Касинский, В.С. Томаль // Вакуумная техника и технология. – 2003. – Т. 13, № 3. – С. 127-133.
2. Fuchs F.J. The Key to Ultrasonics-Cavitation and Implosion / F.J. Fuchs // Precision Cleaning. – 1995. – № 3(10). – P. 13-17.
3. Аксельруд Г.А. Растворение твердых веществ / Г.А. Аксельруд, А.Д. Молчанов. – М.: Химия, 1977. – 268 с.
4. Прохоренко П.П. Ультразвуковой капиллярный эффект / П.П. Прохоренко, Н.В. Дежунцов, Г.Е. Коновалов. – Минск: Наука и техника, 1981. – 135 с.
5. Бреславец А.В. Ультразвуковая очистка радиоаппаратуры / А.В. Бреславец, В.Д. Хуторненко. – М.: Советское радио, 1973. – 80 с.
6. Murray J. Ultrasonic Clearing: What's The Buzz? / J. Murray // Circuits Manuf. – 1990. – V. 30. № 1. – P. 72-74.
7. Ultrasonic Clearing gets a big Boost // Electron. Packaging and Prod. – 1990. – V. 30. – № 5. – P. 22.

8. Основы физики и техники ультразвука / Б.А. Агранат, М.Н. Дубровин, Н.Н. Хавский, Г.И. Эскин. – М.: Высшая школа, 1987. – 352 с.

9. Абрамов О.В. Воздействие мощного ультразвука на жидкие и твердые металлы / О.В. Абрамов. – М.: Наука, 2000. – 312 с.

10. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике / Л. Бергман. – М.: Изд-во иностр. литературы, 1957. – 726 с.

11. Матаушек И. Ультразвуковая техника / И. Матаушек. – М.: Металлургиздат, 1962. – 511 с.

12. Ультразвуковая технология / Под ред. Б.А. Аграната. – М.: Металлургия, 1984. – 503 с.

13. Ktefting D.R. High-speed observation of acoustic cavitation erosion in multibubble systems / D.R. Ktefting // Ultrasonics Sonochemistry. – 2004. – № 11(3-4). – P. 119-123.

14. Геризгал Д.А. Ультразвуковая технологическая аппаратура / Д.А. Геризгал, В.М. Фридман – М.: Энергия, 1976. – 320 с.

15. Кнэпп Р. Кавитация / Р. Кнэпп, Дж. Дэйли, Ф. Хэммит. – М.: Мир, 1974. – 686 с.

16. Розенберг Л.Д. Об оценке кавитационной эффективности акустической энергии / Л.Д. Розенберг // Акуст.ж., 1965.

Поступила в редколлегию 5.05.2017

**Рецензент:** канд. физ.-мат. наук доц. М.В. Неофитный, АО «НИИ «Лазерных технологий», Харьков.

## ВИКОРИСТАННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ЕФЕКТИВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВІЙ ОЧИСТЦІ АНІЛОКСОВИХ ВАЛІВ

М.С. Шмаков, С.А. Бутько

У роботі наводиться аналіз і вивчення технологічних особливостей процесів очищення анілоксів валів, а також їх вплив на якість експлуатаційних властивостей. Через те, що частка флексографічного друку в загальному ринку поліграфічних послуг постійно розширюється, то це вказує на актуальність даної теми та її значущість. Наукова ідея полягає в оптимізації впливу ультразвукового фактора і хімічного впливу.

**Ключові слова:** флексографія, ультразвукові вагання, кавітація, анілоксів вал.

## USING CAVITATION EFFECTS IN THE ULTRASONIC CLEANING OF ANILOX ROLLS

M. Smakov, S. Butsko

The paper analyzes and studies the technological features of anilox roll cleaning processes, as well as their impact on the quality of operational properties. Since the share of flexographic printing in the general market of printing services is constantly expanding, this indicates the relevance of this topic and its significance. The scientific idea is to optimize the influence of the non-sound factor and the chemical effect.

**Keywords:** flexography, ultrasonic vibrations, cavitation, anilox roll.