



ХИМИКОТЕХНОЛОГИЧЕН И МЕТАЛУРГИЧЕН УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛТЕТ ПО ХИМИЧНИ ТЕХНОЛОГИИ

КАТЕДРА „ЦЕЛУЛОЗА, ХАРТИЯ И ПОЛИГРАФИЯ“

инж. Александър Михайлов Ганчев

Изследване на технологиите за изработване на фотополимерни
форми за флексо печат и оптималното им използване при печат на
опаковки

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация

за придобиване на образователната и научна степен „доктор”
по научна специалност 5.10. Химични технологии
(Технология на полиграфическото производство)

Научен ръководител: доц. д-р инж. Татяна Божкова

Научно жури:

1. доц. д-р инж. Искрен Спиридонов – председател, рецензент
2. проф. д-р инж. Стефан Стефанов - рецензент
- 3 доц. д-р инж. Татяна Божкова
4. доц. д-р инж. Красимир Савов
5. доц. д-р инж. Марин Маринов

София, 2019

Дисертационният труд е написан на 180 страници, съдържа 108 фигури и 6 таблици. Цитирани са 135 източника. Номерата на фигурите и таблиците не съответстват на тези в дисертацията.

Представеният дисертационен труд е обсъден и приет за защита на заседание на катедрен съвет на научното звено на катедра „Целулоза, хартия и полиграфия“, състоял се на 19.04.2019 с протокол 755.

Публичната защита на дисертационния труд ще се проведе на 17.09.2019 от 11.00 часа в зала 424, етаж 4, сграда „А“ на ХТМУ.

Материалите са на разположение на интересувалите се на интернет страницата ХТМУ и в отдел „Научни дейности“, стая 406, етаж 4 сграда „А“ на ХТМУ.

ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременното развитие на полиграфичните технологии в областта на опаковачното производство е тясно свързано с някои глобални тенденции на световната икономика. От една страна, това е увеличаващото се население в световен мащаб и превръщането на въпросите с изхранването, производството, съхраняването на хранителните продукти и тяхното ефективно използване във въпрос от първостепенна важност. Общеизвестен е фактът, че голяма част от произведените храни така и не успява да достигне до крайния потребител, се похабява или изхвърля, поради проблеми с транспортирането, съхраняването и опаковането.

От друга страна обаче е налице и втората тенденция на свръх производство, концентрация и глобализация и агресивна конкуренция на предлаганите стоки, в която активна роля, като средство за маркетинг и реклама играят опаковките и тяхното полиграфично оформление.

Производството на опаковки е една от най-бързо развиващите се области в съвременната полиграфическа промишленост, особено на фона на свиването на комерсиалния печат и по-специално печата на вестници, списания и книги. Това се изразява в постоянното търсене на нови материали и методи за опаковане, с по-малка себестойност и с по-добри екологични показатели.

Тази тенденция провокира у потребителите и възложителите изисквания за високо качество и широки изобразителни възможности, тъй като опаковките се възприемат като своеобразно пространство за реклама. Съвременните дизайни на опаковки включват висококачествени фотографии, плавни преходи на тоналната градация до нула, фини щрихови изображения и защитни елементи. Не на последно място е повишаващия се натиск за опазване на околната среда. Изискванията от страна на обществото, законодателството и различни екологични организации принуждава производителите и потребителите на опаковачна продукция все повече да търсят по-екологични решения, щадящи околната среда и консумиращи по-малко енергия.

През последните години флексопечатната технология се превръща в основен метод за печат при производството на опаковки. Флексо печатът позволява отпечатването на изображения върху най-различни видове материали – от груби и негладки повърхности, като вълнообразен картон и тъкани торби, различни видове хартии и картони, до гладки и неабсорбиращи филми.

От всички познати технологии за възпроизвеждане флексо печатът дава най-големи възможности в опаковачната индустрия, тъй като е подходящ за прилагане върху голямо разнообразие от материали за печат. При него могат да се използват различни видове мастила - на водна и спиртна основа, както и UV мастила. Днес резултатите, които се постигат при използването на флексо печат, са съизмерими с резултатите, които дава офсетовият и дълбокият печат.

Развитието на полиграфичните технологии и приложението им при печата на опаковки често води до противоречиви резултати. Причините са много, но в голяма степен се дължат на голямото разнообразие на използваните във флексо печата полиграфични технологии, оборудване, форми, материали, мастила и други консумативи. Това налага необходимостта от по-дълбочено и обхватно изучаване на технологичните възможности и приложението им в полиграфичното производство на опаковките и по-специално в областта на флексо печата.

Цел и задачи

Целта на настоящата дисертационна работа е да се изследват технологиите за изработване на печатни форми за постигането на най-добри резултати при флексо печат на различни видове опаковки. За постигането на тази цел е необходимо да се изследват характеристиките на предпечатните и печатни процеси и влиянието им върху качеството на печат на опаковките.

За постигане на поставената цел изследванията бяха насочени към разработване на следните задачи:

- 1) Да се изследват характеристиките на предпечатните процеси за различните технологии за изработване на печатни форми за флексо печат върху минималните стабилни растерови елементи, възпроизвеждането в светлите тонове, интервалът на възпроизвеждане на градацията, както и методите на растриране (стохастичен, хибриден растер и HD Flexo).
- 2) Да се изследва влиянието при технологиите за структуриране на повърхността на печатащите елементи върху печатните процеси и по-специално за повишаване преноса на мастилния слой, неговата равномерност, градационните характеристики и цветовъзпроизвеждането.
- 3) Изследванията да се проведат за различните видове опаковки, като етикети, гъвкави опаковки и вълнообразен картон, както и за използваните различни видове мастила на водна, алкохолна основа и UV мастила.

Целта е да се определят най-подходящите условия и технологии за изработване на печатни форми за различните групи печатни опаковки – етикети, гъвкави опаковки и тези от вълнообразен картон.

Методична част

1. Използвани уреди и методи на измерване

Съществуват няколко методики, при които се прави опит за оптимизация и стандартизация на флексопечатната технология, като първата и една от най-успешните в практическо отношение се явява системата CyFOS (Cyrel® Flexo Optimization System). Нейната най-нова версия CyFOS 4.0 представлява оптимизационна система за флексопечатния процес, основаваща се на спектрофотометричен анализ, за разлика от предхождащите я системи, базирани на денситометричния контрол на печатния процес. Основните принципи и методи от тази система са използвани при провеждането на настоящите изследвания и анализи.

2. Основни измервани характеристики

За решаване на задачите на настоящата работа бяха определяни следните основни характеристики на процесите на полиграфично възпроизвеждане:

- Зонална оптична плътност, измерена със спектрофотометър.
- Нарастване на растеровия тон.
- Разделителна и разрешаваща способност на печатната система.

Измерване на печатни форми

За определяне на относителната големина на растеровите елементи върху черната маска при лазерния запис, както и върху релфната форма е използваното устройството VIPflex 333 от VIPTRONIC. То позволява както да се замерват линейните размери на растеровите точки и микрошрихови линии, така и процесите на свиване на растеровите елементи под въздействие на кислорода от въздуха. (фиг. 1).



Фиг. 1. Устройство за измерване характеристиките на печатната форма VIPflex 333

Това устройство генерира изображение с висока резолюция, сканирайки повърхността на печатната пластина. Използва цифрова камера с висока разделителна способност и се анализира изображението планиметрично с помощта на софтуерно решение с цел обезпечение на гореспоменатите аспекти.

За определяне профила на растровите елементи и промяната в дълбочината на непечатащите елементи се използва анализиращо устройство FLEX 3 PRO, снабдено с камера с висока резолюция (12700 dpi), позволяващо фотографирането и анализирането на обемни растрови елементи (фиг. 2).



Фиг. 2. Устройство за измерване характеристиките на печатната форма FLEX 3 PRO

Измерване на тонални стойности

За измерване на тоналните стойности на възпроизвеждане са използвани спектрофотометри и спектроденситометри работещи в денситометричен и спектрофотометричен режим. Съществена особеност в прилаганата методика за измерване на изследваните характеристики на флексопечатната технология е използването на спектрофотометрични измервания посредством определяне на относителния колориметричен интензитет (Relative Colorimetric Intensity) за определяне на денситометричната стойност. Този

метод позволява да се минимизира типичната за флексо печата неравномерност на мастиления слой в рамките на печатащите елементи, особено при печат на невсмукващи повърхности върху получаваните резултати.

Във флексо печата трябва да се съобразяваме с някои съществени особености:

За целите на изследванията са използвани спектрофотометър CyFOS Spectro 2000 на Viptronic и спектроденситометър PRESTOdE на Peret, определящи спектрофотометрично оптичната плътност на отпечатъците, нарастването на растеровия тон и цветовите отклонения dE 2000. (фиг.3).



Фиг. 3. Спектрофотометър CyFOS Spectro и спектроденситометър PRESTOdE

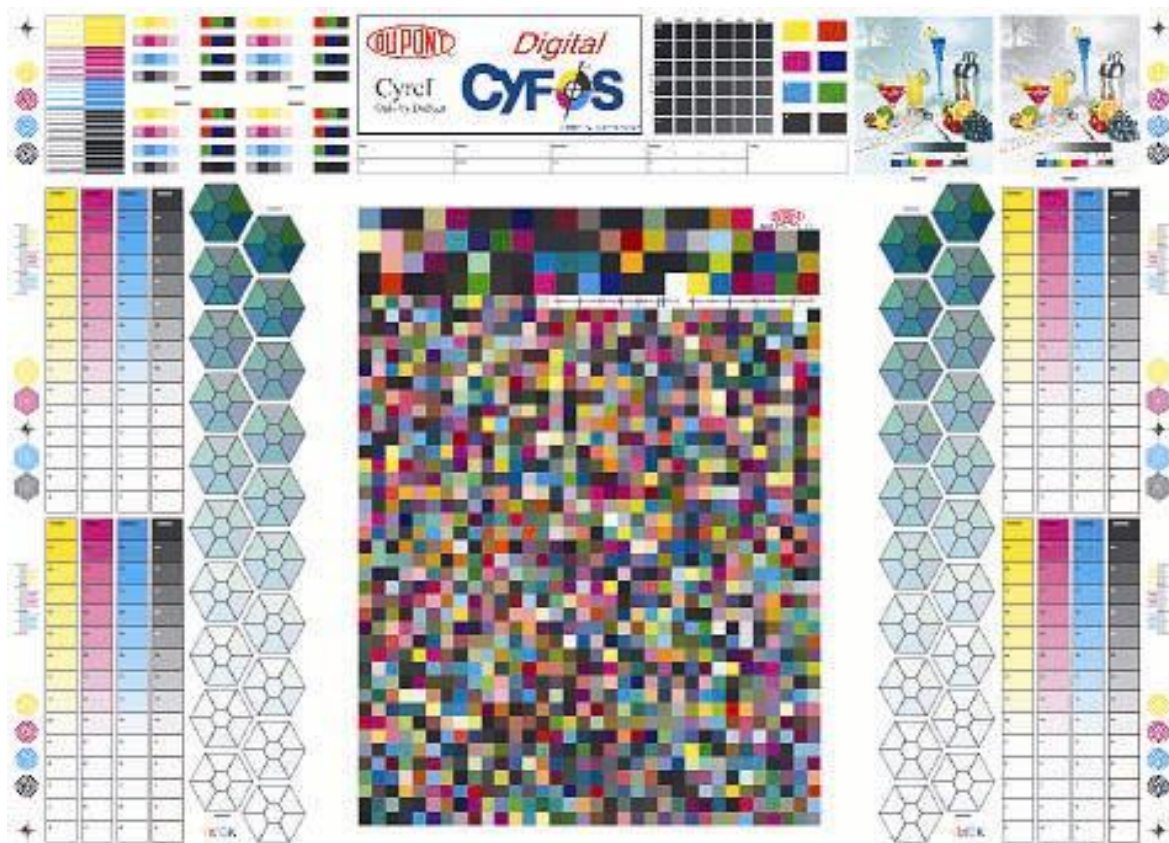
Използвани контролни скали и елементи

За определяне на оптималните характеристики за полиграфично възпроизвеждане на опаковките посредством флексо печат са приложени методите на предварителен печат на контролни тест обекти, с помощта на които да се изберат най-добрите комбинации от отделните технологии на предпечатните процеси, както и параметрите на печат.

За определяне характеристиките на възпроизвеждането е използван методът на отпечатване на тестови обекти. Те представляват тест форми, които съдържат специфични контролни полета и скали. При провежданите изследвания са използвани специализирани контролни скали за анализ на използваните технологии и за контрол на резултатите от печатните процеси и включват елементи за контрол на градацията на възпроизвеждане и преливането до нула, различни ъгли на завъртане на растеровите структури и стойностите на сивия баланс на възпроизвеждане. Използваните контролни скали са адаптирани за основните анализирани технологични процеси при флексо печата – печат на етикети и гъвкави опаковки върху тясно и широкоформатни флексопечатни машини и върху вълнообразен картон (фиг. 4,5,6).



Фиг. 4. Тест форма за печат върху вълнообразен картон CyFOS 4NW



Фиг. 5. Тест форма за печат върху вълнообразен картон CyFOS 4WW



Фиг. 6. Тест форма за печат върху вълнообразен картон CyFOS 4CB

Анализ на качеството на печат

Анализът на качеството на опаковките в практиката е извършен посредством визуален контрол на отпечатваните изображения и на измерване на денситометрични и спектрофотометрични характеристики на печата.

Основните параметри за измерване и контрол на качеството на печат на опаковки, използвани в проведените изследвания са:

- Оптична плътност;
- Нарастване на растеравия тон;
- Цветово отличие;

За измерване на тези характеристики са отпечатвани предварително зададени контролни форми, както и контролни скали и елементи, които се печатат едновременно с отпечатването на опаковъчното изделие. В зависимост от характера на контролните елементи, те се отстраняват от крайното изделие или се скриват в опаковката. В някои случаи контролните скали и елементи са отстранявани от печатната форма преди започване на печата на редовния тираж.

Експериментална част

1. Изследване на процесите при Computer to Plate (СТР) технологията на възпроизвеждане при флексо печата

За определянето на тези задачи са изследвани процесите на запис на информацията върху лазерната маска, формирането на релефните печатащи елементи, както и различните технологични характеристики на процесите на растриране върху качеството на печатните опаковки, включващо:

- Изследване влиянието на метода на растриране и типа на използвания растер;
- Определяне промяната в интервала на възпроизвеждане на растера;
- Изследване влиянието на линиатурата на растера;
- Изследване влиянието на форма на растровите елементи;
- Изследване на връзката на структурата на повърхността на печатащите елементи върху градационните и оптични свойства на отпечатъка.

1.1. Определяне на минималните стабилни растрови елементи

Бяха изследвани процесите на лазерен запис и степента на свиване на растровите елементи в най-светлите тонове в интервала под 10%, като възпроизвеждането бе зададено със стъпка от 0,39 D, съответстващо на градация на възпроизвеждане от 256 тона. За целта бяха изработени тест форми с линиатури на растриране от 30 до 60 lpcm при стандартна окръжна форма на растровата точка. Записът на изображението върху маската беше осъществен с линиатура на гравирание на маската от 2540 и 4000 dpi. Резултатите бяха анализирани визуално под микроскоп с увеличение 100x. Тестовите бяха проведени за цифрови фотополимерни формни пластини с дебелини 1,14 и 2,54 mm. Получените форми бяха сравнени с изработените при аналогични условия аналогови печатни форми. Получените тестови форми бяха отпечатани в стандартни производствени условия.

На база на проведените тестове бяха определени относителните размери на минималните стабилни растрови елементи за различните линиатури, дебелини и типове изследвани фотополимерни пластини. Получените данни за относителните големина на минималните стабилни растрови елементи за два типа и две дебелини фотополимерни форми са представени в фиг.7.

		Cyrel®	45 DPS/I	Cyrel®	100 DPN
Drum Circumference	1219.497 mm				
Focus-Offset	X mm				
Imaging Speed		500	rpm	500	rpm
Imaging	Laser power	13	W	13	W
	Resolution	2540	ppi	2540	ppi
	Imaging time full plate		min		min
	Screen ruling	Minimal dot size	Number of Pixels	Minimal dot size	Number of Pixels
	65 lpi	X %	X	X %	X
	78 lpi	2 %	23	2 %	24
	85 lpi	X %	X	X %	X
	91 lpi	2.5 %	20	2.5 %	20
	104 lpi	3.5 %	20	3%	20
	117 lpi	X %	X	X %	X
	124 lpi	5 %	21	5%	19
	130 lpi	X %	X	X %	X
	137 lpi	6 %	19	5.5%	19
	156 lpi	7 %	19	6%	19
	165 lpi	X %	X	X %	X
	178 lpi	X %	X	X %	X

Фиг. 7. Относителни големина на минималната стабилна растерова точка

Установено бе, че при по-високи линиатури на растриране броят пиксели, необходим за изграждане на минималната стабилна растерова точка намаляват. Тази тенденция може да бъде обяснена с това, че при увеличаване линиатурата на растриране растеровите елементи се разполагат по-близо и взаимно се подкрепят. Това дава възможност при по-високи линиатури на растриране да се печата с по-фини растерови елементи като реален размер на точките.

При определяне влиянието на линиатурата на запис върху изграждането на минималната стабилна растерова точка бяха съпоставени относителните размери на растеровите елементи при линиатури на гравирание 2540 и 4000 ppi. Резултатите показаха, че с увеличаване линиатурата на гравирание намалява свиването на растеровите елементи. По-големия брой пиксели с по-малки размери води до по-гладки краища на елементите. По-добре оформената кръгла форма на точката при по-високата линиатура може да обясни по-малкото свиване при експониране в присъствието на кислород. Дебелината на печатната форма е свързана с минималната стабилна растерова точка, но това влияние е по-слабо изразено.

Установено бе, че процесите на свиване на растеровите елементи е различна и се влияе най-вече от типа фотополимер, линиатурата растриране и линиатура на запис. При увеличаване линиатурата на растриране се увеличават относителните размери на минималните стабилни растерови точки, но се намалява броят на пикселите, които ги изграждат. Влиянието на типа фотополимер и неговата дебелина е по-слабо изразено.

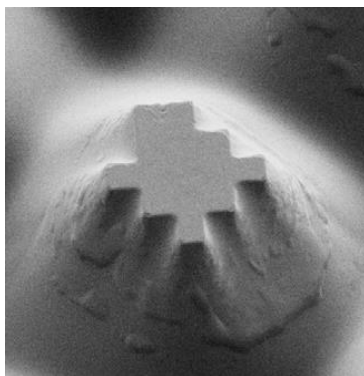
СТР технология позволява значително намаляване на линейните размери на растеровите елементи спрямо аналоговите технологии, като при цифровата прагът на възпроизвеждане достига 7-10 μ .

1.2. Изследване влиянието на форма на растеровата точка и линиатурата на растриране

За определяне влиянието на формата на растеровата точка бяха визуално анализирани отпечатащи, получени при различни характеристики на процесите на запис и линейна деформация при печат с използване на растерови структури, препоръчителни в офсетовото производство, както и такива с използване на кръгла и окръжна форма на растеровата точка, също и печатни форми, изработвани в кислородна и безкислородна среда.

При анализа на отпечатащи, при които се наблюдава образуването на моаре или розетка бе установено, че са получени с форма на растеровата точка, различна от кръглата - квадратна, геометрична или елиптична форма на точката. За да се определи възможната причина за тези явления беше анализиран цялостния процес на запис и печат и свързаните с това промени във формата на точката, като беше търсено различието между офсетовия и флексо печата.

Бяха сравнени и получените форми на растеровите точки при експониране в безкислородна среда спрямо класическата цифрова технология. Получаваните растерови елементи в безкислородна среда са представени на фиг. 8.



Фиг. 8. Форма на растеровата точка при възпроизвеждането и в среда без кислород

Експонирането на фотополимерната форма в отсъствието на кислородна среда показва, че технологията позволява точното копиране на пикселите върху формата и получаването на растерови елементи с плоска повърхност. Профилът на елементите е по-полегат и съответно по-устойчив на механични въздействия.

От микроскопския анализ на растеровите елементи се вижда още една разлика, свързана с изработването на формите в кислородна или безкислородна среда. Процесите на запис са базирани на използване на пиксели с квадратна или кръгла форма, като краищата на гравираниите върху маската елементи са неравни, а формата на растеровата точка са далеч от

изискванията да се използват структури с окръжна или кръгла форма на точката. Това в известна степен се подобрява с повишаване линиатурата на запис, но при всички случаи проблемът остава.

Сравнителният анализ на такива елементи с тези, получени при експониране на цифрови форми в кислородна среда показва, че свиването на фотополимерната точка оказва незаменима помощ – микроскопските снимки онагледяват, че в следствие на свиването на точката растровите елементи се получават с отлична кръгла форма. Това реализира изискването за използване на растрови елементи с кръгла форма на точката и значително спомага за намаляването на нарастването на растровия тон при печат.

Проведените изследвания и анализи позволяват да се направят следните заключения и препоръки към използваните технологии на растриране и изработване на печатните форми от позицията на формата на растровата точка:

Препоръчително е използването на растрови структури с окръжна или в някои случаи кръгла точка. Тестовите на печат върху хартиена повърхност с UV мастила показаха, че при някои от случаите при използване на Fogra Round има по-малко забележима облачност при отпечатване на равни тонове върху хартия с по-ниска гладкост.

1.3. Определяне интервала на възпроизвеждане, повдигащите, характеристичните и компенсиращите криви

Определянето на интервала на възпроизвеждане на растера бе извършено чрез отпечатването на контролни тест форми с тестваните линиатури, ъгли на завъртане и растрерни структури с полета от 1 до 100%. Измерването на получения отпечатък дава представа за реално възпроизводимия интервал на растера за конкретните технологични условия на печат. Определянето на тези характеристики бе извършено при печат при стандартни производствени условия.

Тестовите за определяне на интервала на възпроизвеждане бяха проведени за фотополимерни флексопечатни форми, изработени по различни технологии – аналогови, класически цифрови фотополимерни форми и такива със структурирана повърхност, експонирани в кислородна среда, както и изработени при експониране в контролирана атмосфера.

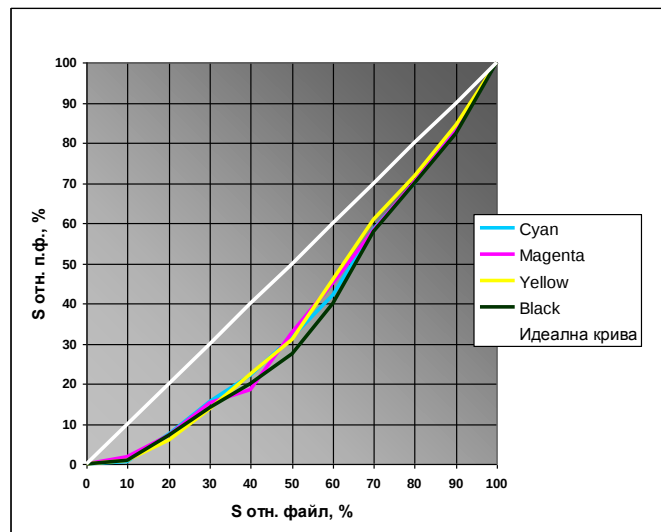
Тестовите показаха, че повдигащите криви зависят от линиатурата на растриране, типа фотополимер и технологичния процес за изработване на формата. При цифровите технологии се наблюдава повишаване интервала на възпроизвеждане най-вече спрямо този на аналоговите

технологии. Получените резултати варираха в интервала от 0,4% - 1,2% в светлите и до 98-99% в тъмните участъци на печатната форма. Резултатите върху отпечатъка зависеха в голяма степен от характеристиките на печатния процес и могат да се направят само обобщени изводи.

Най-високо разширяване на интервала на възпроизвеждане бе постигнато при класическите цифрови технологии при експониране в кислородна среда. Това може да се обясни с получавания най-стръмен профил на растеровите елементи и заоблената структура на повърхността на точката, която намалява изтласкването на мастилени слои извън периферията му. В тъмните участъци тези форми имат също по-стръмни реверсивни елементи и запълването им с мастило се наблюдава на по-късен етап от градацията. По-високите стойности на растеровия тон в светлите участъци при форми със структуриран слой може да се обясни с по-високия пренос на мастило от тези форми.

Тестовите показаха, че при цифровите технологии се наблюдава първоначално намаляване на относителните размери при формните процеси, следвано от увеличаването им при печат. За определяне на тези процеси беше измерена относителната големина на растеровите елементи върху фотополимерната форма и на растеровия тон върху отпечатъка, с помощта на измервателен прибор за определяне относителната площ на растеровите точки при флексо печат Vipflex 334 и спектрофотометър CyFOS Spectro. Определени бяха относителната площ на растеровите елементи върху формата (Sотн. п.ф.) и на отпечатъците (Sотн. отп, %) посредством относителния колориметричен интензитет и съответстващата за него идеална референтна крива. Направена бе и визуална оценка на възпроизвеждане на критични елементи от изображенията.

На първия етап бяха изследвани процесите на свиване на растеровите елементи при експониране в кислородна среда. По относителните площи на растеровите точки на печатните форми (Sотн.п.ф.) са построени градационни характеристики в координати $S_{отн.п.ф.} = f(S_{отн.ф})$ (фиг. 9).



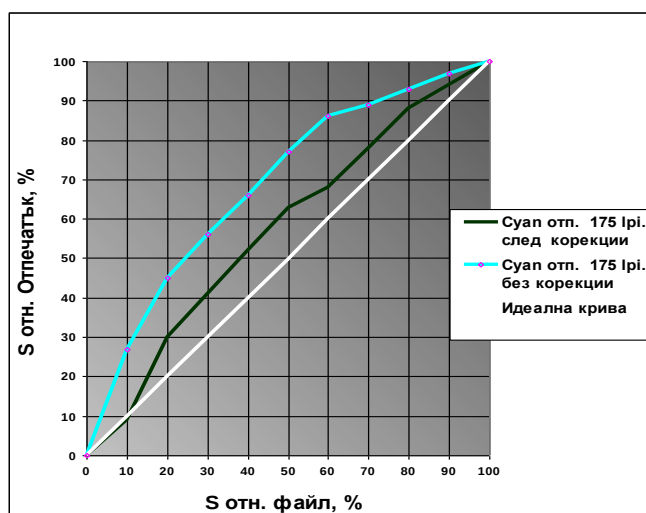
фиг. 9. Градационна характеристика на печатна форма с линиатура на изображението 175 lpi.

По получените криви на относителните размери на растровите точки върху печатната форма е определена корегиращата крива на свиване. Целта бе провеждане на линеаризация, при която заложените стойности на файла да бъдат възпроизведени и върху печатната форма. Този подход е стандартен в офсетовите технологии за изработване на печатни форми.

На следващия етап бяха проведени тестове за определяне характеристикните криви на възпроизвеждане при печат с използване на цифрови фотополимерни форми след приложената корегираща крива за линеализиране. Формите бяха изработени и отпечатани при стандартни производствени условия и оптимален технологичен процес с контролна скала с линиатура на растера 150 и 175 lpi, върху фотополимерна пластина с дебелина 1,14 mm, печат върху самозалепваща се хартия с UV мастила и с използване на твърд и на мек клишепласт.

Градационната крива показва значително нарастване на растровия тон при печат, подобно на наблюдаваното при аналоговите печатни форми.

Всъщност използването на метода на линеаризация наложи значително компенсиране на относителните големина на растровите точки върху формата с цел компенсиране свиването на фотополимера при експониране в кислородна среда. Отпечатването на такава линеализирана тест форма, обаче показва значително нарастване на растровия тон. Това доведе до необходимостта от обратния процес на корегирание за компенсиране прекомерното нарастване (фиг.10).



фиг. 10. Сравнение на тоновъзпроизвеждането при печат след направените корекции.

Изследванията показаха, че при този подход оптималната градация на възпроизвеждане може да бъде постигната, но изисква прилагане на две компенсиращи криви – тази за линеаризиране на записващото устройство с цел постигане на зададените на файла стойности върху фотополимерната форма и такава за компенсация нарастването на растеровия тон при печат. Това усложнява провеждането на предпечатните процеси и в този случай следва кривите на линеаризация да бъдат обединени с повдигащите криви.

Методът с линеаризация на формния процес и последваща компенсация на нарастването на растеровия тон значително усложнява предпечатната подготовка, защото преминава през множество етапи на преобразуване на изображенията от файла до отпечатък и може да доведе до загуба на детайли.

В тази връзка бе изследван нов подход, различен от използваните в офсетовия печат. Тестът бе повторен при отпечатване на същите контролни скали, но при прилагане само на повдигащи криви, без процес на линеаризация на изработваните печатни форми. Тестовите бяха проведени за две линиатури на растриране 150 и 175 lpi при използване на мек и на твърд клишепласт. Получената градационна крива на печатния процес при използване на мек клишепласт практически съвпадна със зададената референтна идеална крива на възпроизвеждане и не изискваше прилагане на компенсираща крива за керегиране нарастването на растеровия тон, докато при използване на твърдия клишепласт бе необходимо кривата за компенсиране на растеровия тон да се „повдигне“ от порядъка на +5% в средния тон. Резултатите бяха идентични за двете линиатури на печат, което налага извода, че в този подход влиянието на линиатурата на растриране върху нарастването на растеровия тон не беше съществена. Този параметър беше отделно изследван.

Аналогични тестове бяха проведени при печат с мастила на алкохолна основа с твърд клищепласт при печат върху филм BOPP при линиатура на растера 150 lpi, като бяха наблюдавани сходни резултати. Основното различие бе в по-високото нарастване на растеровия тон при мастилата на алкохолна основа спрямо UV мастилата и изискваше корекция в нарастването от -5% в средните тонове.

Тези процеси бяха изследвани и при печат върху вълнообразен картон, като отново бяха използвани аналогични тест форми, но с линиатура 107 lpi и дебелина 3,94мм и печат с мастила на водна основа. Резултатите показваха същите тенденции, както и в предходните тестове, като наблюдаваното нарастване на растеровия тон надвишаваше оптималното средно с около 10% в средния тон, което може да се обясни с използването на мастилата на водна при печат върху всмукващи повърхности.

Използването на цифровите технологии за изработване на фотополимерни флексопечатни форми в кислородна среда повишава интервала на възпроизвеждане спрямо останалите технологии. Може да се твърди, че именно това разширяване интервала и подобряването на градацията в светлите тонове се явява основната причина за засиления интерес към тях.

Изследванията показаха че при флексо печата не е удачно използването на метода на линеаризация на формните процеси поради значителното свиванне на растеровите елементи при експониране в кислородна среда и по-високото нарастване на растеровия тон спрямо офсетовия печат. Препоръчително е компенсирането на това нарастване да става на база на сравняване градационната крива на печат спрямо зададените стойности на файла, без да се измерват и корегират междинните стойности върху печатната форма. Още повече, че този подход премахва етапа на определяне на линеализиращите криви при възпроизвеждането. Очевидно този метод спестява една допълнителна операция на измерване и компенсиране, но най-вече предотвратява неизбежната загуба на детайли при двойното компенсиране и прави по-точното предаване на плавните тонови преходи в светлите участъци от изображението. Така нарастването на растерния тон е значително по-малко в целия тонов диапазон, което стабилизира печатния процес като цяло.

Методът да се разделят корегиращите криви вместо на линеаризираща свиването на фотополимера и компенсираща нарастването на растеровия тон при печат, на повдигаща крива и компенсираща нарастването на растеровия тон, без да се прави линеаризация дава възможност корекциите се разделят на такива, които касаят процесите на изработване на печатната форма и на такива, които касаят печатните процеси.

Сравняването на характеристичните криви на флексо печат, използвани за изработването

на основните групи опаковки показва следните тенденции – при използване на мастила на алкохолна или водна основа е необходимо слабо намаляване нарастването на растеровия тон, докато при използване на UV мастила може да е необходимо дори положителна корекция на компенсиращата крива на нарастването,

1.4. Изследване сивия баланс на възпроизвеждане

За да се определят възможностите за използване на предварително зададени еквивалентни неутрални плътности бяха отпечатани и анализирани т.нар. хексагони в целия градационен интервал, позволяващи визуално да се определи постигания сив баланс. За целта бяха отпечатани тест скали CyFOS с линиатури 48 и 54 lрcm при стандартните за конкретното производство условия за печат и използване на анилокси цилиндри с еднакъв пренос от 3,7 cm³/m² и линиатура 360 lрcm върху PP филм (фиг.11).



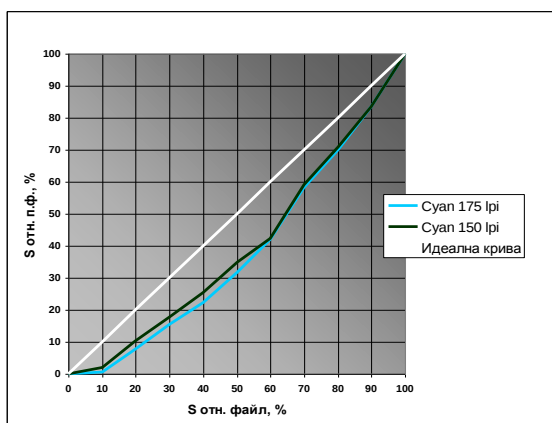
Фиг. 11. Определяне на сивия баланс на възпроизвеждане.

Получените резултати бяха анализирани визуално, като бе търсено поситигането на неутралните сиви тонове в центъра на хексагона, като беше променян интензитета на цвета на процесните мастила. Важно беше, че при постигнатите параметри, не само бе наблюдавано запазване на сивия баланс по цялата градация на изображението, но тя се запази и за двете изследвани линиатури на растриране.

Получените резултати показаха, че използваният подход на сбалансирани по обем анилокси цилиндри е възможен в практиката, като анализът на резултатите показва, че постигнатият сив баланс е стабилен за изследваните линиатури. В същото време тестовите показаха, че основно за постигането на стабилен сив баланс е поддържането на еднакво нарастване на растеровия тон за цветните процесни мастила. Нарушаването на този показател автоматично води до разбалансиране на сивия баланс и би поставил отново въпроса за търсене на нови еквивалентни неутрални плътности.

1.5. Определяне влиянието на линиатурата на запис върху резултатите от печатния процес

За да се анализира влиянието на линиатурата на запис върху резултатите от печатния процес, бяха изработени и отпечатани форми при напълно идентични технологични процеси за масово използваните линиатури на запис 2540 и 4000 ррi за линиатури на растриране 150 lpi и 175 lpi. Построени бяха градационните криви на възпроизвеждане върху печатната форма и върху отпечатъка, без да се прилагат компенсиращи криви за компенсиране нарастването на растровия тон. Анализирани бяха резултатите от свиването на растровите елементи върху печатната форма и на нарастването на растровия тон при печат (фиг.12).



Фиг. 12. Градационните криви на възпроизвеждане върху печатната форма

Проведените експерименти по отношение влиянието на линиатурата на запис върху възпроизвеждането на растровите изображения показва две тенденции – от една страна при увеличаване линиатурата на запис имаме по-малко свиване на растровите елементи при изработването на печатните форми в кислородна среда. Това изисква промяна в използваните компенсационни криви на нарастване на растровия тон, когато се преминава към по-висока линиатура на запис. От друга страна се наблюдава преминаването от позитивна в негативна точка и образуване на свързващите мостчета между точките да се появява при по-високи стойности на градацията. Що се отнася до резултатите от проведените тестове с различни линиатури на растриране, беше установено, че влиянието им е незначително.

Анализирано бе и влиянието на повишаването на линиатурата на запис върху възпроизвежданите нива на сивото. Стандартно в предпечатните процеси се използват 256 нива на сивото за възпроизвеждането на полутоновете. За изчисляване на възможните нива на сивото във възпроизвеждането бе използвана следната формула:

$$\text{Нива на сивото} = (\text{PPI}/\text{LPI})^2$$

където PPI е линиатурата на запис на използваното СТР устройство, а LPI е линиатурата на растера.

Установено бе, че увеличаването на линиатурата на запис води до по-малко свиване на растеровите елементи при изработването на печатните форми в кислородна среда, което изисква промяна в компенсационни криви, както и намалява ефекта на поява на мостчета между точките при намастиляване. Възпроизвеждането на минимум 256 нива на сивото е от ключово значение за качеството на възпроизвеждане, като линиатури на запис от 2540 rрi осигуряват правилно възпроизвеждане на линиатури до 150 lрi. За по-високи линиатури на растриране е необходимо преминаване към 4000 rрi. Използването на линиатури под 2540 rрi, както и метода на линеаризация на компенсацията на нарастването води до загуба на нива на сивото и снижаване качеството на изображенията.

1.6. Определяне влиянието на линиатурата на растриране върху резултатите от печатния процес

Изследвано бе влиянието на линиатурата на растриране върху резултатите от печатния процес, като включваха два етапа – за влиянието на линиатурата на растриране за цифрови фотополимерни форми върху резултатите от печатния процес по сравнение с аналоговите технологии и възможностите за увеличаване линиатурата на растриране над масово използваната в производствената практика. Използвани бяха HD Flexo контролни скали с линиатури на растриране 150, 175 и 198 lрi, които бяха отпечатани с мастила на алкохолна основа на машина с централен натисков цилиндър.

Сравняването на получените градационни криви за цифровите фотополимерни форми със заложените криви при използване на аналогови печатни форми показваха съществени различия, както в нарастването на растеровия тон, така и в интервала на възпроизвеждането.

По-голямото свиване на фотополимера при експониране в кислородна среда компенсира по-голямото нарастване на растеровия тон при печат с по-високи линиатури на растриране, т.е. ако не се прилага процес на линеаризация, влиянието на линиатурата на растриране върху нарастването на растеровия тон при печат може да се игнорира.

При увеличаване на линиатурата на растриране се подобрява възпроизвеждането в най-светлите учатъци и фините детайли от изображението и се намалява ефекта на розетката, но се увеличава риска от поява на мастилени „мостчета“ (dot bridging). Процесът на възникване на такива мостчета е по-бърз при по-високи линиатури на растриране, при мастила с по-нисък вискозитет и анилокси цилиндри с по-голям пренос. Ефектът е по-силно изразен при печат със солвентни мастила и в много по-малка степен при UV мастила.

2. Изследване влиянието на метода на растриране върху резултатите от печатния процес

За да се определят техническите предимства и възможните сфери на приложение бяха тествани и анализирани основните методи на растриране, включващи стохастичното растриране, хибридният растрер и технологията HD Flexo по отношение на възпроизвеждането. Те бяха съпоставяни спрямо класическото растриране с регулярен растрер, както в най-светлите участъци, така и в средните и тъмните тонове. Резултатите бяха съпоставяни за постиганите градации на възпроизвеждане, както и за визуалното възприятие за равномерност в преминаването на тоновете и преливането до нула.

Анализът на градационните характеристики при използване на стохастичен растрер показва значително нарастване на растреровия тон. Непредвидимостта в нарастването на растреровия тон създава допълнителни проблеми с постигането на стабилен сив баланс при многоцветен печат. Използването на стохастичен растрер води до значително нарастване на растреровия тон, проблеми, свързани с използване на малки печатащи елементи по цялата градация на изображението, трудности с постигането на стабилен сив баланс при многоцветен печат, но дават по-плавно преливане до нула.

2.1. Изследване параметрите на хибридно растриране.

За целта бяха сравнени резултатите от печат с използване на Samba Screening – Esko (Barco) Graphics с Hybrid Screening от PCC/Artwork. Сравняването на двете технологии показва сходни резултати при преливането до нула. Основна разлика се наблюдаваше при преминаване от стохастична в регулярна структура. При Samba Screening преминаването от нерегулярната в регулярна се получава при постепенното подреждане на точките, докато при Hybrid Screening има наличие на зона на преплитане на двете структури.

За определяне влиянието на тези фактори бяха изследвани фотополимерни форми изработени по термичен метод, както и цифрови фотополимерни форми с прилагане на хибридно растриране Samba Flex. Бяха анализирани светлите участъци при минимални големина на растреровите елементи съответно 11, 16, 19 25 и 36 пиксела с цел определяне на стабилността им при печат. Беше определено нарастването на растреровия тон в най-светлите участъци от изображенията при линиатури 133 и 156 lpi, при използвани стандартни контролни скали с ъгли на завъртане на растера 7.5 , 22.5 , 52.5 и 82.5. Използвана бе линиатура на запис 2540 ppi.

Съпоставянето на резултатите от използването на класическия регулярен и класическия стохастичен (Monet Screens) растрер с хибридният Samba Flex Screens показва подобряване на

градационната крива на възпроизвеждане и предимствата на хибридният пред изцяло стохастичния и класическия регулярен растер. В сравнение със стохастичния растер Monet Screens, който бе използван при тестовете, нарастването на точката в средните тонове е значително по-малко, докато по отношение на класическия растер се наблюдава съществено подобрене в предаването на светлите тонове под 10%.

Прилагането на хибридно растриране Samba Flex Screening разширява интервала на възпроизвеждане на растера, особено в светлите участъци и преливането до нула, като при това не е толкова критично към линиатурата на анилоксния цилиндър, както при регулярния растер. Причината може да се обясни с фиксирането на минималното количество пиксели, което да изгражда минималната растерова точка.

Проведените тестове с прилагане на повдигащи криви показва, че този подход е по-успешен, тъй-като се запазва по-малката базова точка, а постигането на по-стабилни резултати се осъществява със съгъстяването на растеровите елементи в следствие на прилагане на повдигащите криви. Установено бе, че оптималните резултати се постигат при прилагането на повдигащи криви с минимални нива на повдигане – В и С от интегрираните в СТР системата (повдигане с 039 или 0,78 тонални стойности), тъй-като повишаването на стабилността на минималните растерови елементи увеличава незначително минималните стойности на градацията. В този случай действието на тези повдигащи криви се ограничава в най-светлите стойности на градиента. Прилагането им в алгоритъма на Samba Flex, води до увеличаване гъстотата, респективно намаляване разстоянието между точките, което ги прави по-стабилни при натиск и съответно с по-малко нарастване на растеровия тон. При това броят на пикселите, изграждащи растера се запазва и не се нарушава зрителното възприятие.

2.2. Определяне оптималните параметри на HD Flexo в реални производствени условия

Целта на проведените тестове бе да се определят възможностите за практическото приложение на тази технология, предимствата, които могат да бъдат постигнати и параметрите на нейното прилагане. Критерии за повишаване качеството бе зададено повишаване тоналния обхват на възпроизвеждане, плавно преливане до нула, а от там да се подобри визуалното възприятие на опаковачните изделия. Факторите, чието влияние беше изследвано са вида на печатната форма и метода за нейното получаване (солвентна, термална), също така от използваните видове мастила и запечатвания материал. На тази база бе поставена задачата да се изследва влиянието на линиатурата на растриране и калибрациите на HD Flexo технологията.

За реализиране целите на изследването бяха отпечатани тест обекти и бе направен анализ на параметрите за прилагане на технологията HD-Flexo при реални производствени условия. Бяха избрани печат върху полимерен филм и върху хартия на печатна машина с централен цилиндър и солвентни мастила, както и на редова печатна машина за етикети с UV мастила. Бяха използвани фотополимерни форми, получени чрез солвентно и термично измиване. Тест формите бяха изработени при линиатури на растриране 161, 175 и 198 lpi и линиатура на запис 4000 rpi. Използвани бяха профили на растреризация, адаптирани към тестваните фотополимери. За тестването на резултатите са използвани тест форми с приложен оптимизиран алгоритъм за съответния тип фотополимер и за двата диапазона на пренос на анилоксния цилиндър – съответно Low и Midium volume анилоксни цилиндри.

Възможностите за плавен преход на градацията до нула е определен визуално по отпечатаните в теста концентрични растрови кръгове и генерираното върху печатната форма плавно преливане в най-светлите участъци, така и чрез сравняване на характеристичните криви на възпроизвеждане с прилагане на HD Flexo и при използване на класически растрер.

Печатът беше извършен върху фолио PE LD и върху хартия на печатна машина с централен цилиндър, анилоксни цилиндри с линиатура 350 lpcm и пренос 5,2 cm³/m² и солвентни мастила, както и на редова машина за печатане на етикети, печатаща с UV мастила с анилоксни цилиндри с линиатура 470 lpcm и пренос 2.3 cm³/m².

При отпечатването бяха приложени стандартните за печатниците условия за печат, като вискозитет на мастилата, скорост на печат, натиск и други.

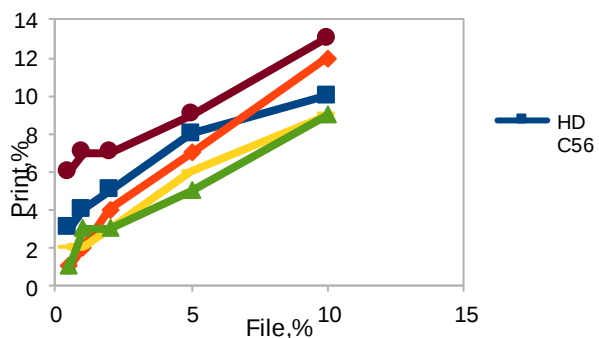
Използвани са тест формите за определяне общите параметри на технологията HD Flexo Benchmark Test, върху които могат да бъдат направени измервания и визуални оценки. като при отпечатване на едноцветна контролна скала може да се дефинират оптималните условия като калибрацията на минималния растров елемент, нарастването на растровия тон, интервала на възпроизвеждане и параметрите на гравирание в тъмните участъци, позволяващи повишаване на оптичната плътност и равномерността на мастиления слой.

Визуалният анализ е извършен, като са анализирани концентричните кръгове от тестовата форма за плавен преход до нула, отсъствието на скок в градацията на възпроизвеждането при преливането до нула с отсъствието на ореол и градационните характеристики при печат с HD Flexo спрямо класическо растриране с Fogra Round.

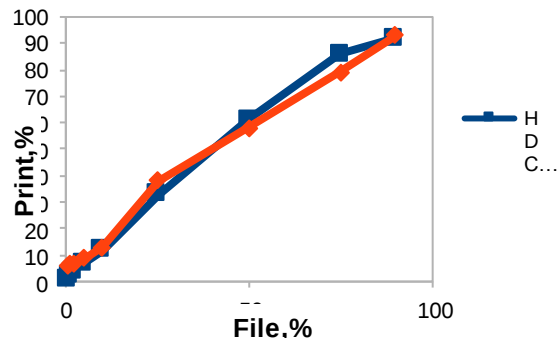
Освен визуалното определяне на възможностите за получаване на плавен преход в градацията до нула, са проведени измервания на нарастването на растровия тон с помощта на спектрофотометър, като данните са използвани за построяване на характеристичните криви на възпроизвеждането за различните условия на печат.

Представени са резултатите от проведените тестове при печат върху хартия с цифрови фотополимерни форми със солвентно измиване за трите тествани линиатури на растриране –

161, 174 и 198 lpi. В този случай са определени стойностите за нарастването на растеровия тон в най-светлите участъци от изображения за различните стойности на калибрации, както и градационните криви на избраните стойности на калибрациите спрямо класическо растриране с използване на Fogra round. При използване на технологията на класическо растриране са приложени съответните за фотополимера повдигащи криви (фиг.13,14,15).



a)

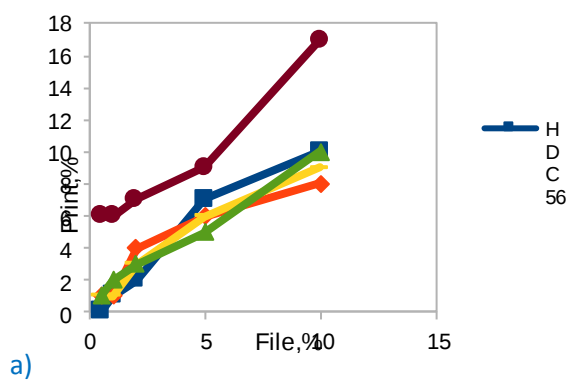


б)

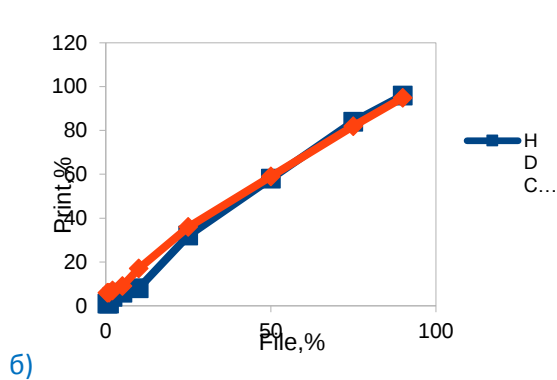
а) Градация на възпроизвеждането в светлите участъци

б. Градация на възпроизвеждането в целия интервал

Фиг. 13. Градация на възпроизвеждането при линиатура на запис 161 Ipi, хартия - фотополимер солвентно измиване



a)

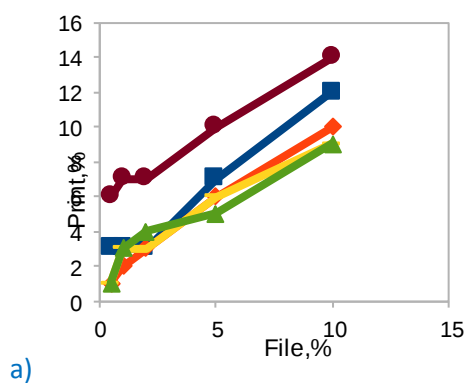


б)

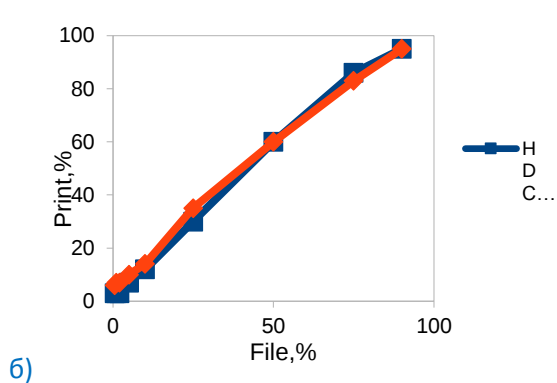
а. Градация на възпроизвеждането в светлите участъци

б. Градация на възпроизвеждането в целия интервал

Фиг. 79. Градация на възпроизвеждането при линиатура на запис на изображението 174 Ipi, хартия - фотополимер солвентно измиване



a)



б)

а. Градация на възпроизвеждането в светлите участъци

б. Градация на възпроизвеждането в целия интервал

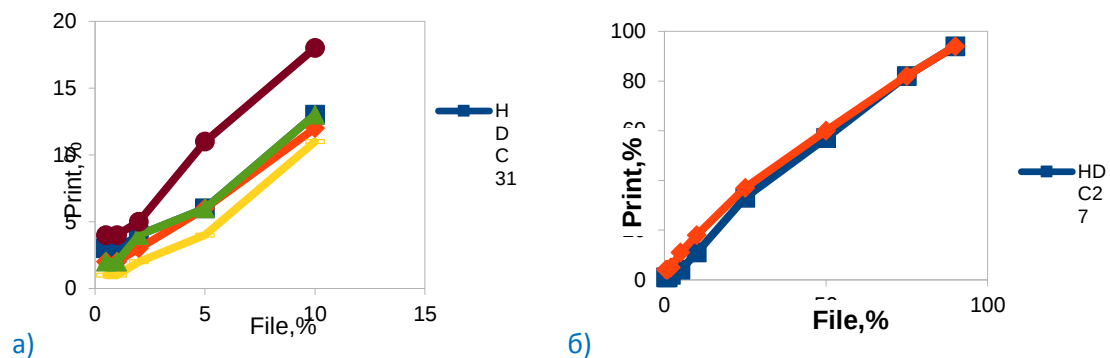
Фиг. 80. Градация на възпроизвеждането при линиатура на запис на изображението 198 Ipi, хартия - фотополимер солвентно измиване

Аналогично са построени характеристичните криви за печат върху фолио от PE LD, използвано за печат на гъвкави опаковки.

Наблюдава се наличие на инверсия в някои от кривите. Инверсията присъства както при отпечатъците върху хартия, така и при печат върху филм, като при печат върху филм бе по-силно изразена. Инверсията води и до получаване на видими ореоли в изображенията. Съпоставянето на резултатите за различните линиатури на растриране показва, че при увеличение линиатурата на растриране се наблюдава увеличение на броя на необходимите пикселите, изграждащи минималната стабилна растерова точка, при която не се забелязва видим ореол върху отпечатъка.

Подобно на предишните тестове са построени характеристичните криви за печат върху хартия и PE фолио, използвано за печат на самозалепващи се етикети за анализирани линиатури на растриране, като отново са определени кривите с най-плавен преход на градацията до нула и характеристичните криви, при които се получават оптималните резултати на градационно възпроизвеждане. В този случай бяха постигнати значително по-ниски стойности на калибрационните настройки, при които се наблюдаваше равномерен преход до нула, както и случаите на инверсия в градацията се наблюдаваше по-рядко. По-ниските стойности на калибрациите означава автоматично намаляване броя пиксели изграждащи минималната стабилна растерова точка и по-незабележимо преливане до нула (фиг.16,17,18).

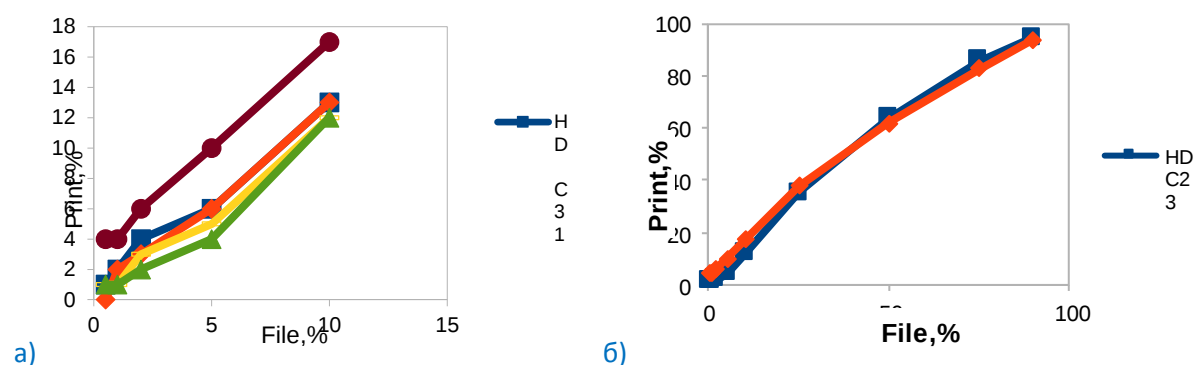
Аналогично резултатите при печат с различните линиатури на растриране за върху PE фолио. В този случай се наблюдава намаляване на броя пиксели, изграждащи минималната стабилна точка при увеличаване линиатурата на растриране, което може да се обясни с приближаването на точките, което ги прави по-стабилни (фиг.19,20,21).



а. Градация на възпроизвеждането в светлите участъци

б. Градация на възпроизвеждането в целия интервал

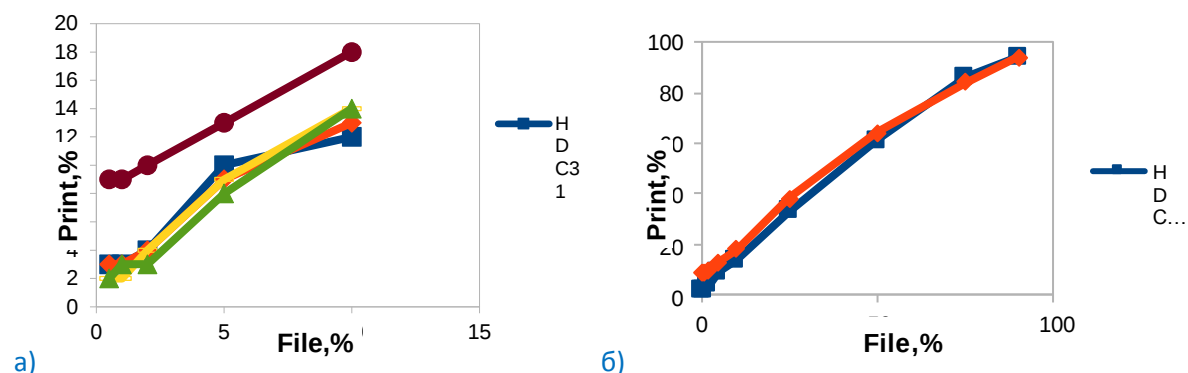
Фиг. 16. Градация на възпроизвеждането при линиатура на записа на изображението 161 Ipi, хартия - фотополимер термично измиване



а. Градация на възпроизвеждането в светлите участъци

б. Градация на възпроизвеждането в целия интервал

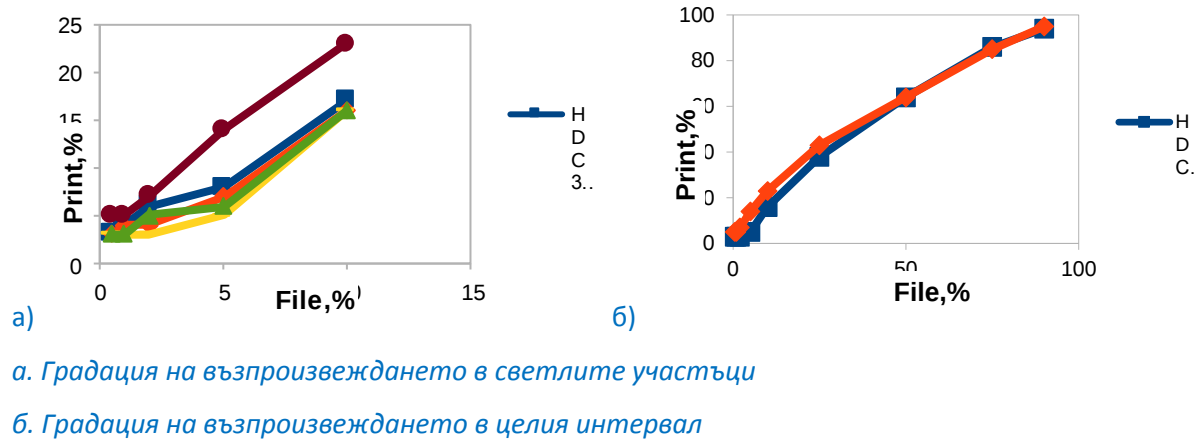
Фиг. 17. Градация на възпроизвеждане при линиатура на записа на изображението 174 Ipi, хартия – фотополимер термично измиван.



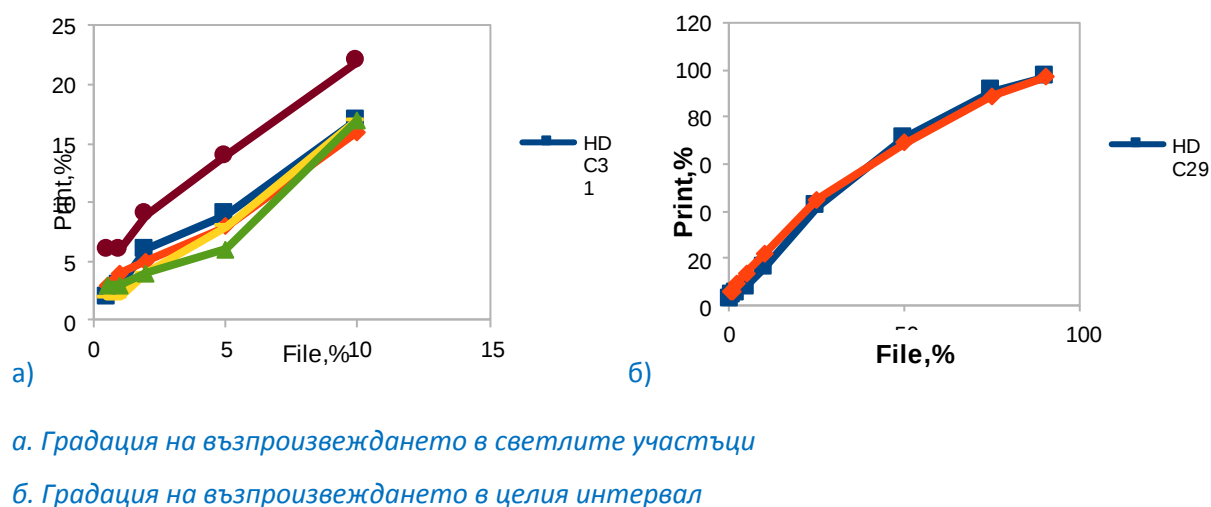
а. Градация на възпроизвеждането в светлите участъци

б. Градация на възпроизвеждането в целия интервал

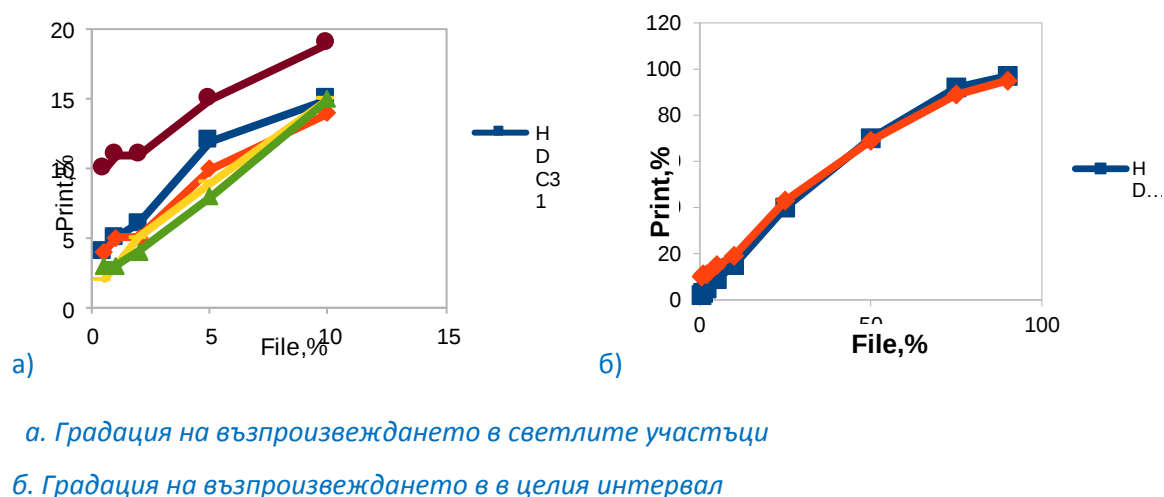
Фиг. 18. Градация на възпроизвеждането при линиатурана записа на изображението 198 Ipi, хартия-термично измиване



Фиг. 19. Градация на възпроизвеждането при линиатура на запис на изображението 161 lpi, полиетилен - термично измиване



Фиг. 20. Градация на възпроизвеждането при линиатура на запис на изображението 174 lpi, полиетилен - термично измиване



Фиг. 21. Градация на възпроизвеждането при линиатура на запис на изображението 198 lpi, полиетилен - термично измиване

Използването на HD Flexo технологията подобрява репродуцирането в светлите тонове и преливките до нула. Повишаването на линиятурата на растриране дава възможност за по-добро възпроизвеждане на средните тонове, като неутрализира ефекта от визуализацията на розетки в сивите и триадните участъци от изображенията. По-високата линиятура на растриране позволява да се изобразят по-финни детайли на изображението. HD Flexo подобрява качеството на получените отпечатъци, като спомага за плавното възпроизвеждане на светлите тонове и преливането до нула. Освен постигането на плавен преход се разширява интервала на възпроизвеждане на изображенията и прави нарастването на растеровия тон в светлите участъци по-плавно. Повишаването на линиятурата на растриране при HD Flexo технологията също подобрява равномерния преход до нула. Повишаването на линиятурата на растриране намалява разстоянието между растеровите елементи и подобрява тяхната стабилност. При прилагане на технологията HD Flexo изборът на линиятурата на растриране трябва да бъде съгласуван и с общите изисквания за възпроизвеждане при флексо печата.

Визуалният анализ на получаваните изображения в най-светлите тонове и сравняването на хибридното растриране с HD Flexo показват, че при Samba Flex може да бъде постигната по-ниско поле на градация, но разликите не са значителни. В същото време при HD Flexo се запазва регулярният характер на растера, което премахва облачността на изображението, което е съществено предимство на технологията спрямо хибридното растриране. Единствено при високите калибрации (използване на минимални елементи около и над 50 пиксела) характерни за анилоксни цилиндри със среден пренос, беше забелязано, че алгоритъмът променя възпроизвеждането по посока на стохастично разпределение. Тестовите показаха, че при HD Flexo не е необходимо да се прилагат повдигащи криви, или ако се прилагат, то повдигането трябва да е минимално. Що се отнася до компенсирането нарастването на растеровия тон в средните тонове, то не се променя при използването на HD Flexo, тъй като технологията запазва алгоритъма на растеризация в средния тон.

3. Изследване и анализ на технологиите, подобряващи преноса на мастилото в плътните участъци на изображенията

За целта беше приложено структуриране на печатната форма и бе изследвано влиянието върху пренесения мастилен слой и неговата равномерност, като бяха въведени фини растерови елементи в тъмните участъци, които да повишат предаването на мастилото към материала и да подобрят равномерността на мастиления слой върху отпечатъка.

За симулиране различно количество пренасян мастилен слой са използвани анилоксни цилиндри със следните показатели (таблица №1):

Таблица 1. Анилоксни цилиндри с различен обем на чашките използвани в експеримента

Обем на чашките [см ³ /м ²]	5,5	6,5	7,5	10
Линиатура на анилоксния цилиндър [lpi]	800	800	750	250

Резултатите от проведените тестове в лабораторни условия за цветовите отливия при различен пренос на мастилен слой и влиянието на количеството мастило са представени в таблица 2 и показани на фиг. 22.

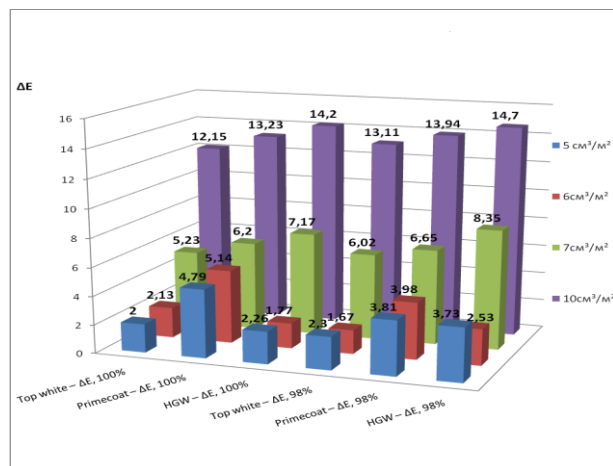
Таблица 2. Цветови отливия на отпечатъци получени на пробопечатна машина:

Обем на анилоксния цилиндър [см ³ /м ²]	5	6	7	10
ΔE 100% за Top white	7	3,13	4,49	8,46
ΔE 100% на Primecoat	15,18	14,17	14,26	14,53
ΔE 100% на HGW	10,32	6,3	8,32	8,05

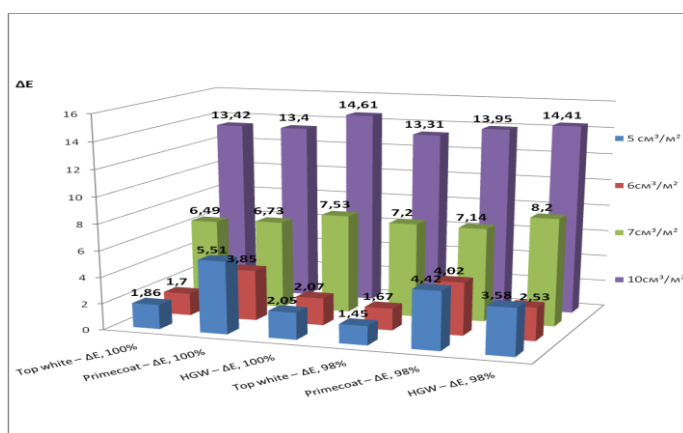


Фиг.22 Сравнение на цветовите разлики при три вида запечатван материал, намастиляван при еднакви условия с мастило Pantone® 345

Измерените и усреднени цветови различия, получени при реалния печат са представени на фиг. 2 и фиг. 91.



Фиг. 91. Сравнение на ΔE при трите вида субстракт с използване на меки клишепласти



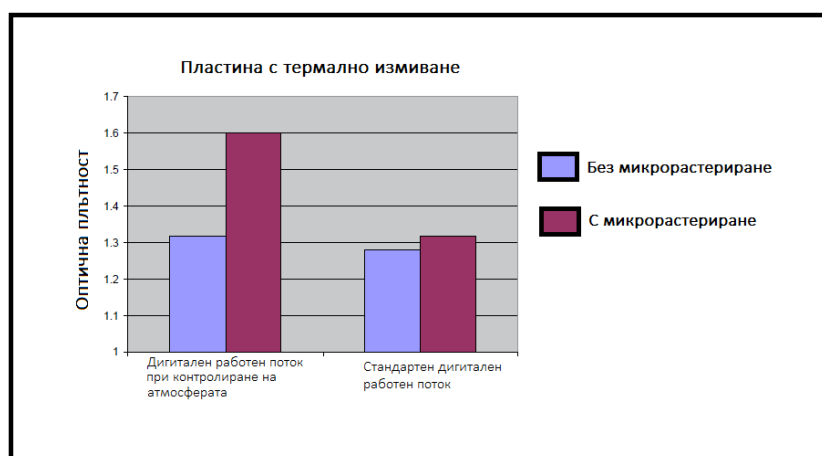
Фиг. 92. Сравнение на ΔE при трите вида материали с използване на твърди клишепласти.

Проведените тестове показаха, че се наблюдава подобряване равномерността на мастиления слой, а от там и визуалното възприятие, но не се отчита съществено повишаване на постигнатата оптична плътност в плътните участъци. Технологията HD Flexo подобрява възпроизвеждането на изображения в светлите участъци, но по-слабо влияе върху възпроизвеждането на тъмните участъци. Аналогични резултати бяха наблюдавани и при печат върху хартия. Пренесеното количество мастило влияе съществено върху точността на цветовъзпроизвеждането, като основен фактор е преносът на растер вала и в по-малка степен зависи от твърдостта на формата и клишепласта. Цветовете отклонения зависят както от пренесения мастилен слой, така и от материала, върху който се печата. Що се отнася до влиянието на структурирането на повърхността то изследванията показаха, че то е ограничено, т.к. се наблюдава подобряване равномерността на мастиления слой, но не се отчита съществено повишаване на постигнатата оптична плътност в плътните участъци.

3.1. Изследване на преноса на мастилото в плътните участъци на изображенията при експониране на фотополимерните пластини в контролирана атмосфера

Проведените експерименти включваха тестове с два метода за получаване печатни форми в безкислородна среда, които протичат практически при пълно отсъствие на кислород и такива, при които целенасочено се запазва контролирано количество кислород при експонирането им. Бяха тествани различни алгоритми за създаване на структура в процеса на растриране, като Microcell, Groovy, Full HD, DigiCap, Pixel+, при което върху маската или филма за изработване на фотополимерните форми в плътните (а в последствие и в растровите) участъци се създават микроизображения. Печатните тестове бяха разделени на два етапа. В първия етап бяха извършени тестове с форми, получени в контролирана атмосфера, без създаване върху повърхността на неравна структура, за да се определи ефекта от печат с точка с равна повърхност. За експониране на печатните форми бяха използвани два метода - технологията DigiFlow при концентрация на кислорода в зоната на експониране 1,3%, както и експониране в самото гравиращо устройство CDI UV In-Line 2, с използване на високоинтензивни UV LED лазерни диоди. Използвани бяха фотополимерни пластини за термично измиване.

Печатът бе проведен в стандартни производствени условия на печатна машина W&H Primaflex с анилоксни цилиндри с обем 3,7 cm³/m² с мастила в висока интензивност (HD). Проведените тестове показаха идентични резултати по отношение на увеличаването на преноса и равномерността на мастиления слой, както за формите, експонирани по технологията DigiFlow, така и с използване на UV In-Line 2 (фиг.23).



Фиг. 23. Оптична плътност на 100% растров тон за отпечатъци от печатни форми, изработени при стандартен работен поток и при работен поток с контролирана атмосфера, както и промяна на плътността чрез прилагането на структуриране.

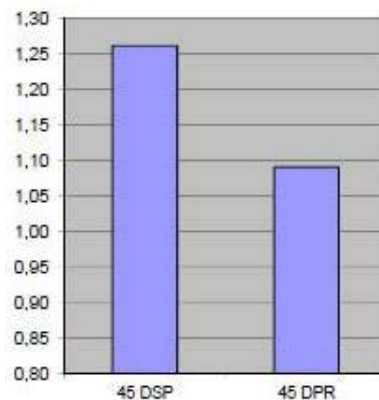
Бяха извършени тестове с форми, получени в контролирана атмосфера, като върху повърхността на печатната форма бе създадена неравна структура, за да се определи ефекта от печат с точка със структурирана повърхност. Тестове показаха, увеличаване на оптичната плътност с 0,1-0,3 D спрямо класическата технология, както и подобряване равномерността на мастиления слой. По равномерното разпределение на мастиления слой визуално подобри зрителното възприятие на отпечатаните плътни участъци, без да се променят другите характеристики на печатния процес.

Прилагането на контролирана атмосфера (без кислород или в ограничаването му) при изработването на печатните форми за флексо печат позволява да се възпроизведат микронеравности, които да доведат до структуриране на повърхността. Експонирането на фотополимерната пластина в среда без кислород води до получаването на печатна форма с плоска повърхност, но ефектът от повишаване преноса на мастилото се дължи на създаване на структура върху маската (от типа на Microcel и Pixel+), който предава неравности и намалява изтласкването на мастилото към периферията, а не на плоската повърхност на печатащите елементи. Структурирането на повърхността на печатните елементи води до увеличаване на оптичната плътност с 0,1-0,3 D спрямо класическата технология, както и подобряване равномерността на мастиления слой. По равномерното разпределение на мастиления слой визуално подобрява зрителното възприятие на отпечататите. Подобряването преноса на мастило и равномерността на мастиления слой в плътните участъци от изображението обаче променя градацията в светлите тонове и прехода до нула.

3.2. Изследване на възпроизвеждането с пластини с вграден структурен слой

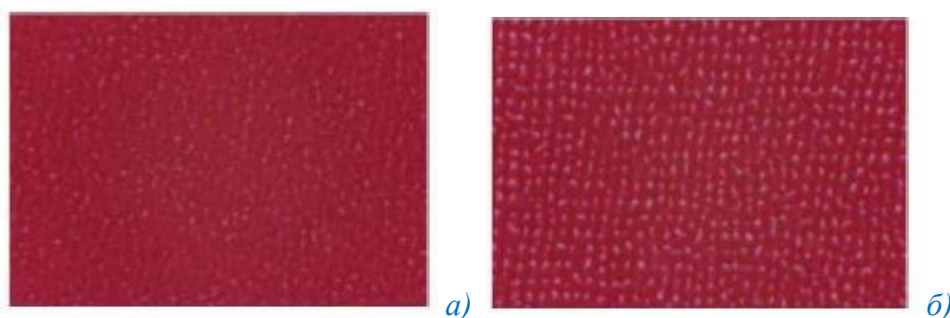
За изследване влиянието на вграден структуриран повърхностен слой върху печатно-техническите характеристики на фотополимерните форми за флексо печат бяха изработени и отпечатани тест форми върху два типа пластини Cyrel DPR 45 – стандартна цифрова формна пластина и Cyrel DPS 45 – пластина със структурирана повърхност. Печатът на тест обектите беше проведен на флексопечатна машина W&H Primaflex върху филм от полипропилен при стандартни производствени условия на печат с мастила на алкохолна основа. Формите бяха монтирани на един и същ формен цилиндър и печатът се проведе с двете форми едновременно с цел да се елиминира влиянието на условията на печат върху резултатите от теста.

За сравняване на резултатите беше измерена оптичната плътност в плътните участъци (фиг.24) и равномерността в пренасяния мастилен слой.



Фиг. 24. Максимална оптична плътност за форми със структурирана посърхност 45 DSP и стандартни форми 45 DPR.

Както се вижда от приложените графики, структурирането на повърхностния слой на печатната форма води до повишаване на оптичната плътност с около 0.15 D. В конкретния тест получените максимални оптични плътности не бяха високи, както за стандартните форми (1.10 D) така и за формите със структурирана повърхност (1.25 D), което бе свързано с типа мастила, използвани в конкретните производствени условия и вискозитетът им. За повишаване на оптичната плътност до стойности от порядъка на 1,40 – 1,50 D, би следвало да се използват по-интензивни серии мастила и да се повиши техният интензитет. Въпреки това, проведените изследвания недвусмислено потвърждават, че вследствие на структуриране повърхността на печатащите елементи оптичната плътност нараства. Както се вижда от приложените фотографии се наблюдава повишаване на равномерността на мастиления слой върху отпечатъка (фиг. 25).



Фиг.25. Сравнение на отпечатани плътни тонове с форми със структурирана посърхност а) и стандартни форми б).

При сравняване на тестови отпечатъци, получени при подготовката на машината за печат, където могат да се намерят образци с еднаква оптична плътност на мастилото за двата типа печатни форми, се наблюдава още нещо – независимо, че оптичната плътност за конкретните образци, измерена със спектрофотометър имаше близки стойности, визуалното възприятие на отпечатъците, получени с форми със структурирана повърхност създаваше усещането за по-наситени цветове, което може да се обясни с по-равномерното разпределение

на мастилени слой върху отпечатъка. Резултатите от процеса на структуриране на повърхността при пластините с вграден структурен слой са значително по-стабилни, докато при структуриране посредством прилагане на структура върху черната маска или филм при изработването на самите печатни форми е значително по-критично и се наблюдават повече отклонения в получаваните резултати, както при изработването на формите, така и при повторемите тиражи.

Използването на печатни форми с фабрично нанесен повърхностен структурен слой позволява, благодарение на подобряването на равномерното нанасяне на мастилени слой, да се постигне визуално усещане за по-интензивни цветове, които иначе биха се получили при по-дебел мастилени слой и по-голям разход на мастило. Подобряването на визуалното възприятие на отпечатъците и усещането за по-наситени цветове позволява да се намали разходът на мастило и подобрят икономическите показатели на производствения процес.

3.3. Изследване възпроизвеждането на градацията на при фотополимерните форми със структурирана повърхност при експониране на фотополимерните пластини в контролирана атмосфера

Изследвано бе влиянието на структурирането върху репродуцирането на растеровите елементи с използване на технологията Pixel+ в различен диапазон от градацията, като бяха използвани формни пластини със солвентно измиване Cytel DPR45, изработвани в съответствие с изискванията и препоръките на производителя. Тестовите са проведени на печатна машина W&H Primaflex в стандартни производствени условия на печат и мастило на солвентна основа.

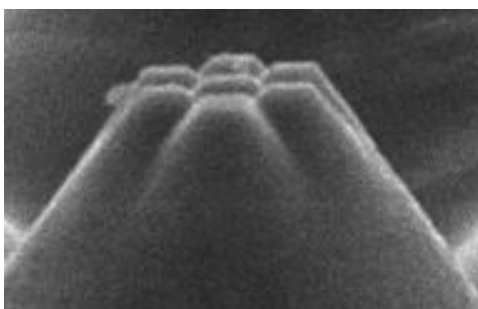
За да се определи влиянието на присъствието или отсъствието на кислорода върху растеровите елементи, бяха анализирани техните микрофотографии и профила на склоновете (фиг.26).



Фиг. 26. Микрофотографии на растерови елементи, а) получени по класическата технология за изработване на цифрови фотополимерни форми, б) в контролирана атмосфера и в) по технологията FTD с ламиниране на предварително гравирани филм.

Изработването на цифрови фотополимерни печатни форми в кислородна среда води до закръглена форма на върха и стръмен профил на рамената на растеровия елемент. Тестовите показаха, че такива елементи са по-чувствителни към натиск, но при упражняване на минимален натиск при печат показват много добро възпроизвеждане на градацията. При възпроизвеждане на растеровите елементи в контролирана атмосфера, растеровите елементи са с плоската форма на върха със слабо изразено заобляне и по-полегати склонове, което би им придало по-голяма механична устойчивост на натиск по време на печат. В същото време точката е с по-голяма контактна повърхност по време на печат. Измерването на нарастването на растеровия тон показва около 8% по-голямо нарастване на растеровия тон при експониране в контролирана атмосфера с 1,3% съдържание на кислород, спрямо резултатите в кислородна среда при еднакви условия на печат. При тях се забелязва заглаждане на пикселната структура. Минималните растерови елементи в контролирана атмосфера не изискват прилагане на повдигащи криви. Формите, получени при експониране в контролирана атмосфера показват по-високи стойности в най-светлите участъци, но значително по-ниски от тези на аналоговите технологии. При изработване на печатни форми в безкислородна среда склоновете са още по-полегати, а също е запазена пикселната структура на точката. По-полегатите склонове на растеровите елементи и наличието на стъпаловидна структура в следствие възпроизвеждането на пикселите водят до по-нататъшно повишаване на нарастването (около 5% спрямо измерваните стойности в ограничено присъствие на кислород) на растеровия тон и съответно намаляване интервала на възпроизвеждане, както в светлите, така и в тъмните участъци от изображението.

Изследванията показаха, че проблеми възникват първо с възможността да се структурират растеровите елементи в целия диапазон от градацията, включително и в най-светлите тонове. Прилагането на микроструктурирането чрез микро канали нарушава самите фини растерови елементи. Това добре се вижда от микрофотографията на такъв елемент (фиг.27).



Фиг. 27. Микрофотография на структуриран растеров елемент в светлите тонове от градацията.

Отпечатаните тестове показаха добере изразен скок в градацията при преминаване от неструктурирани към структурирани области, което нарушава плавното и равномерно

преминаване на полутоновете и влошава зрителното възприятие. Анализът на резултатите от печат при различни стойности на преминаване от неструктурирани към структурирани тонове в градацията показва, че визуално този скок е най-слабо забележим, когато преходът между тези зони е в тъмните участъци при стойности на растровите плътности над 70%, където се наблюдава типичният скок при преминаването от позитивна към негативна точка. При тези стойности на градациите площта на растровите елементи е достатъчно голяма и не създава проблем структурирането на растровите точки да не нарушава контурите и, без те да се разкъсват по тяхния периметър, тоест няма проблем при изграждането на самата растрова точка (фиг. 28).



Фиг. 28. Структурирани растрови елементи с относителна големина 85% .

Изтласкването на мастиления слой към периферията присъства и при точките с плоска и със заоблена повърхност, като при тези с плосък връх са наблюдава допълнително нарастване на растровия тон и съответно намаляване интервала на възпроизвеждане. Формите, получени при експониране в контролирана атмосфера показват по-високи стойности на нарастване в най-светлите участъци, но значително по-ниски от тези на аналоговите технологии. При експониране в контролирана атмосфера с 1,3% съдържание на кислород, се получава загладяване на пикселната структура и доближаване до оптималната форма на точката, докато в безкислородна среда се запазва пикселната структура на точката. Формите с вградена структурирана повърхност не създават проблеми с неравномерност в градацията, но се наблюдава по-голям пренос на мастило в целия тонален диапазон и по-високи стойности на оптичните плътности при преливането до нула.

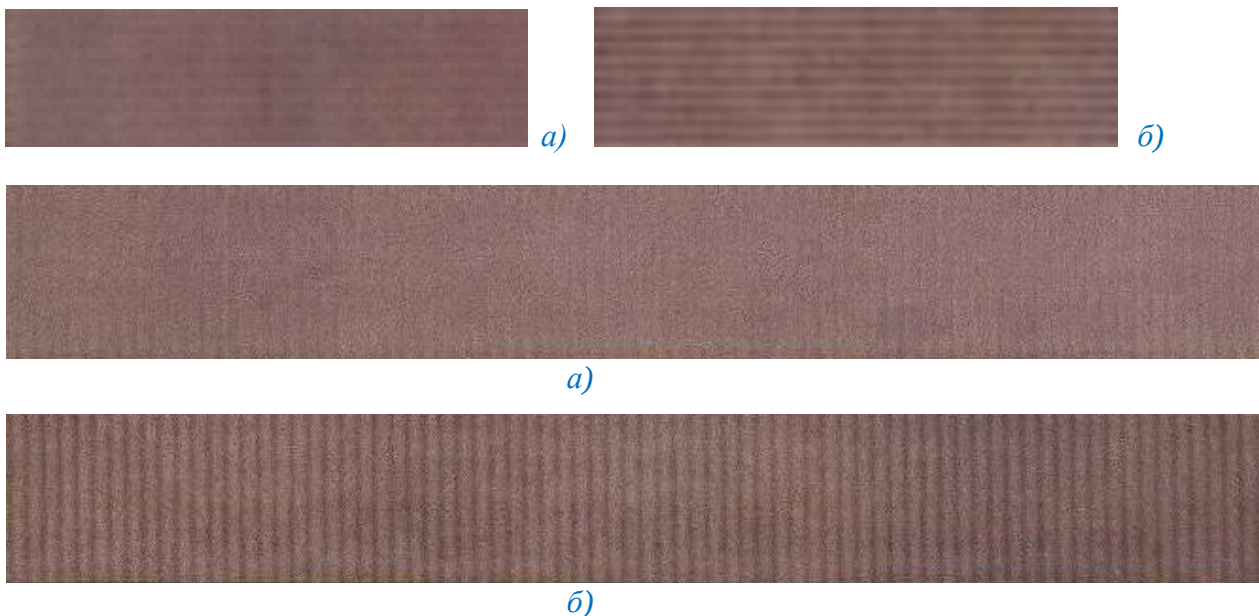
3.4. Изследване на технологиите на експониране на фотополимерните пластини в контролирана атмосфера за вълнообразен картон

Изследвани бяха различни технологии за възпроизвеждане на форми в контролирана атмосфера за производството на вълнообразен картон, както за предварителен печат върху хартия, предназначена за изработване на вълнообразния картон, така и при директен печат върху вълнообразния картон.

В тази връзка бяха отпечатани тестови форми, изработвани в контролирана атмосфера при контролирано присъствие на кислород (DigiFlow), пълно отсъствие на кислород (DigiCorr), с ламиниране на предпазна мембрана върху гравиранията маска (LUX), както и получени при извършване на основната експонация с мощно УВ експониране с високоинтензивни UV LED източници, значително ограничаващи въздействието на кислорода, поради изключително краткото време на въздействие. За постигане на оптимални резултати тестовите форми бяха изработвани от разработчиците на технологиите и са сравнявани спрямо форми, получавани върху същите фотополимерни пластини, но при прилагане на класически технологии. Тестовите с използване на ламиниране на мембрана и високоинтензивни UV LED източници показаха сходни резултати с тези с използване на контролирано присъствие на кислород (DigiFlow), поради което по-нататъшните изследвания и сравнения бяха фокусирани върху DigiCorr.

Печатният процес бе извършен на печатна машина BOBST Masterflex HD при тиражни условия на печат. Тест елементите включваха контролни растерови скали с линиятура 32 lpcm, разположени успоредно и напречно на вълните, както и цветни изображения. Печатните форми бяха монтирани заедно и печатът бе извършен с двете форми едновременно (изработвани по класическата и алтернативната технологии), за да се изключи влиянието на конкретните настройки на печатната машина върху изследваните технологии. Тестовите бяха отпечатани върху вълнообразен картон с В, Е и F вълни, като за сравнителния анализ бяха използвани отпечатъците с В вълни, при които възпроизвеждането на вълните върху изображението е най-силно изразено. За целите на изследването бяха анализирани тестови отпечатъци, получени върху вълнообразен картон Kraftliner White 135g и B-Flute 125g. При използване на технологията за печат върху вълнообразен картон с Е и с F вълни, визуално разликата не е толкова силно изразена.

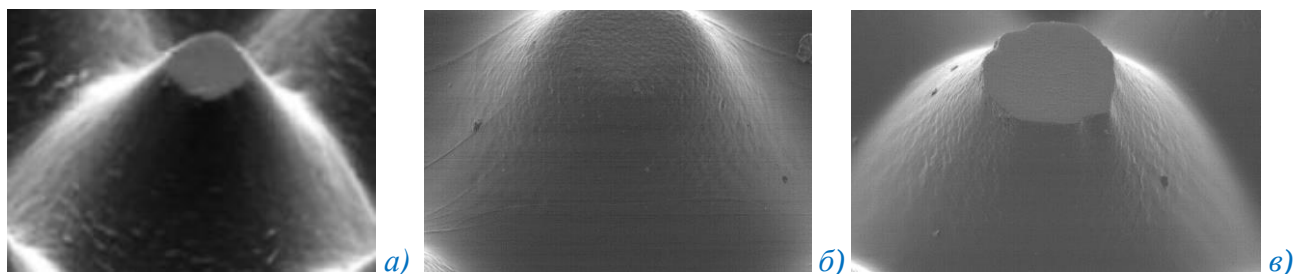
Резултатите, получени при директен печат върху вълнообразен картон при използване на форми, изработени с безкислородни и класически технологии, са коренно различни, което добре се вижда от направените фотографии за възпроизвеждане на равномерен растеров тон (фиг 29).



Фиг . 29. Печат върху вълнообразен картон с тест форми, изработени в инертна атмосфера а) и в присъствието на кислород б) при напречно и надлъжно разположение на тест обектите спрямо направлението на вълните.

При използване на печатни форми, получени в отсъствие на кислород, растеровият тон се получава по-равномерен и се намалява т.нар. флутинг ефект. Неравномерното отпечатване на изображението върху вълнообразния картон се изразява в по-светли и по-тъмни линии, формирани от различния натиск в печатната машина, в следствие от вълните във вълнообразния картон. Причините са свързани с неравномерния натиск в различните участъци от изображението, водещо до неравномерно нарастване на растеровия тон. Влиянието на технологията е най-силно забележима в критичните зони на прехода на растера от позитивна в негативна точка и зависи и от другите фактори, влияещи върху нарастването на растеровия тон при печат, като твърдост на фотополимерната форма, наличието на компресираща подложка, вискозитет на мастилото, натиск при печат и др. Беше констатирано характерното по-високо нарастване на растеровия тон, типично за технологиите на изработване на форми без кислород.

Микрофотографиите на растеровите елементи, получени при различните технологии потвърждават разлики в профила на склоновете на елементите и дават основание да се предположи, че в това се заключава причината за различните резултати при директен печат върху вълнообразен картон. Сравняването на горната част на профила при формите, изработени по аналогов път, по стандартна цифрова технология и при експониране на цифрова форма в инертна среда добре очертава разликите в горната част на тези елементи. При формите, експонирани в инертна среда растеровата точка е с плоска повърхност и получен стръмен „П“ образен профил в най-горната част на растеровите елементи в следствие на химичните реакции, протичащи при експониране на фотополимерните форми в различни атмосфери (фиг. 30).



Фиг. 30. Аналогова (а), цифрова стандартна (б) и DigiCorr (в) точки

П-образната структура на растеровите елементи ограничава разликите в деформацията на печатащите елементи и от там различията в нарастването на растеровия тон. Намаляването на флутинг ефекта е различен в зависимост от използвания вълнообразен картон, но по-добрите печатни резултати бяха забележими при болшинството от отпечатаните изделия. Пикселообразната форма на растеровите елементи, характерна за технологиите, при които точката е с плоска повърхност, на практика може да се пренебрегне при печата върху вълнообразен картон, т.к. използваните линиатури при печат са ниски, а и поради печата с мастила на водна основа върху всмукваща повърхност пилообразната структура на краищата на растеровите точки се заглажда при печат.

По отношение на предварителния печат, технологиите с контролирано присъствие на кислород по-скоро влошават отколкото да подобряват градацията на възпроизвеждането, поради което не се препоръчва използването им в предварителния печат за производството на вълнообразен картон.

Изводи

Изводи, свързани с процесите на запис на формите за флексо печат:

- Линиатурата на растриране влияе значително върху минималните стабилни елементи и в по-малка степен върху нарастването на растеровия тон.
- Използването на растерови структури с форма, различна от окръжната не се препоръчва, допустимо е използването на кръгла форма на точката при печат върху хатии, докато алтернативните на окръжната елиптични форми могат да предизвикат моаре.
- Използването на методите на линеаризация при компенсиране нарастването на растеровия тон, води до загуба на детайли и раиране в градацията и не следва да се прилага. Практиката на увеличаване на линиатурата на растриране без увеличаване линиатурата на запис предизвиква загуба на детайли и влошава възпроизвеждането.
- Най-плавно преливане до нула в градацията се наблюдава при хибридно растриране и HD Flexo технологията, като трябва да се избягва възпроизвеждането на стохастичен растер в светлите тонове при наслагване на повече от един цвят.

Изводи, свързани с влиянието на метода за изработване на печатните форми върху резултатите от печат:

- Формите със структурирана повърхност повишават преноса на мастило и неговата равномерност при печат върху полимерни материали с мастила на алкохолна и водна основа. При печат с УВ мастила ефектът е негативен, т.к. прекомерно увеличава оптичната плътност, а в същото време увеличава нарастването на растеровия тон и е възможна визуализация на структурата върху изображението.
- Структурирането на повърхността на плътните участъци подобрява равномерността на пренесения мастилен слой и подобрява зрителното възприятие.
- Увеличаването на оптичната плътност над препоръчителните стойности по стандарт не води до повишаване интензитета на цветовете, а променя цялостното цветовъзпроизвеждане.
- При софтуерно структуриране на повърхността се наблюдава нежелан скок в градацията при преминаване от неструктурирани към структурирани нива на градацията. Този ефект е най-слабо забележим, когато се извършва в зоните на преход от позитивна в негативна точка.

Изводи, свързани с влиянието на метода за изработване на печатните форми при печат на вълнообразен картон:

- Структурирането на повърхността при печат върху хартия не е препоръчително т.к. не повишава преноса на мастилото, но увеличава нарастването на растеровия тон.
- Раирането при печат върху вълнообразен картон намалява при печат с форми, изработени при пълно отсъствие на кислород. Подобряването на качеството на възпроизвеждане е най-видимо в светлите и средни тонове и при по-голяма вълна на вълнообразния картон.

Приноси

- Определяне влиянието на технологиите на регулярно, стохастичното, хибридно и HD растриране и изискванията към линиатурата на растриране и линиатурата на запис, възпроизвежданите нива на сивото, градацията и преливане до нула върху качеството на изображенията. Определено влиянието на линеаризацията и приложението на повдигащи и компенсиращи криви за HD Flexo.
- Изследване зависимостите между технологиите за изработване на фотополимерни форми, параметрите на растриране и печатните технологии при печат на опаковки с мастила на водна, алкохолна основа и УВ мастила, както и препоръки за практическото им приложение при отпечатване на етикети и гъвкави опаковки.
 - Установено бе, че технологиите със структуриране на повърхността в най-голяма степен подобрява качеството на печат със солвентни мастила, докато за УВ мастилата и тези на водна основа при печат върху хартия не подобряват преноса и равномерността на мастиления слой, като в същото време влошават градацията на възпроизвеждане поради по-високо нарастване на растеровия тон.
 - Определено бе влиянието на структурираната повърхност и върху градацията на възпроизвеждане при софтуерно структуриране и вградено структуриране в полимерния слой, като бяха установени препоръчителните стойности за преход между структурираните и неструктурираните участъци в градацията на възпроизвеждане.
 - Определена бе връзката на технологиите за изработване на печатните форми и използваните анилоксни цилиндри, както и структурата на печатащите елементи върху преноса на мастило, равномерността на мастиления слой и отклоненията в цветовъзпроизвеждането.
- Печат на опаковки от вълнообразен картон:
 - Беше установено, че при експониране на форми при пълното отсъствие на кислород намалява ефекта на раиране на изображенията. Определена бе причината за това явление, свързана с инхибиране с минимални количества кислород на повърхностния профил на печатащите елементи.
 - Показано бе, че структурирането на повърхността не подобрява качеството на печат, както при предварителния, така и при директния печат върху вълнообразен картон и не следва да се прилага.

Изследванията бяха проведени в промишлени условия, като получените резултати и направените препоръки са приложени в производствената практика.

Списък на научни публикации

1 Ганчев А, Тончев Д, Нейчев Е, Илиев К, Метод за лазерен пренос при изготвяне на офсетови печатни форми, Авт.свидетелство #48366, София 10.06.1993.

2 Божкова Т., Ганчев А, Златев Б, "Холограми — методи на защита и приложението им в полиграфията“, сп. Опаковки и печат, 5, 2007 г., 37-41.

3 Boshkova T, Rosalinov D, Todorova D, Ganchev A, "Investigation the fluence of some compound from the PVC-plasisols over the properties of polyvinyl wall-paper", Cellulose Chemistry and technology, vol. 43, 1-3, 2009, 81 – 87.

4 Bozhkova T, Gergov S, Ganchev A, "Improving the quality of flexo pre-press and platemaking", Packaging South Asia, 5, 2009, 60 – 63.

5 Bozkova T, Peeva N, Ganchev A, Shterev K, “Optimization of the printing and pre-press processes for flexo printing”, 42th conference 19-20 October 2010, Moscow, 22-28.

6 Ганчев А, Божкова Т, ”Алтернативни методи за цвето възпроизвеждане в опаковачното производство”, сп. Опаковки и печат”, 6, 2009г., 8-16.

7 Bozkova T., Ganchev A, “Effects of the surface treatment on a paper and print materials”, JCTM, 48, 4, 2013, 347-351.

8 Bozhkova T, Ganchev A, Kisova J, “Optimizing HD Flexo for Different Plate Technologies and Substrates”, International Circular of Graphic Education and Research”, 7/2014, pp. 44-53.

9 Божкова Т, Ганчев А, Джолов П, “Фактори влияещи на флексо-печата”, Опаковки и печат, 2, 2015, ст.10-23.

10 Джолов П., Божкова Т, Ганчев А, “Зависимост на качеството на флексо-печата от използваните материали за печат”, Опаковки и печат,4, 2015, ст.10-20.