جوهر چاپ

■ محمد مسجدی

Ink

Mohammad Masjedi

مرکب در چاپ نقش بسیار تاثیر گذار دارد، بطوری که می‌تواند یک کار را خوب جلوه دهد یا برعکس. اطلاع طراحان گرافیک و دست اندرکاران فرآیند چاپ از خصوصیات و ساختار کلی مرکب کمک بسیار موثری در تشخیص مشکلاتی است که می‌تواند ریشه در مرکب داشته باشد.

مرکب چاپ

مواد تشکیل دهنده و ساختار مرکب

مرکب‌های چاپ اصولاً از مواد زیر تشکیل می‌شوند:

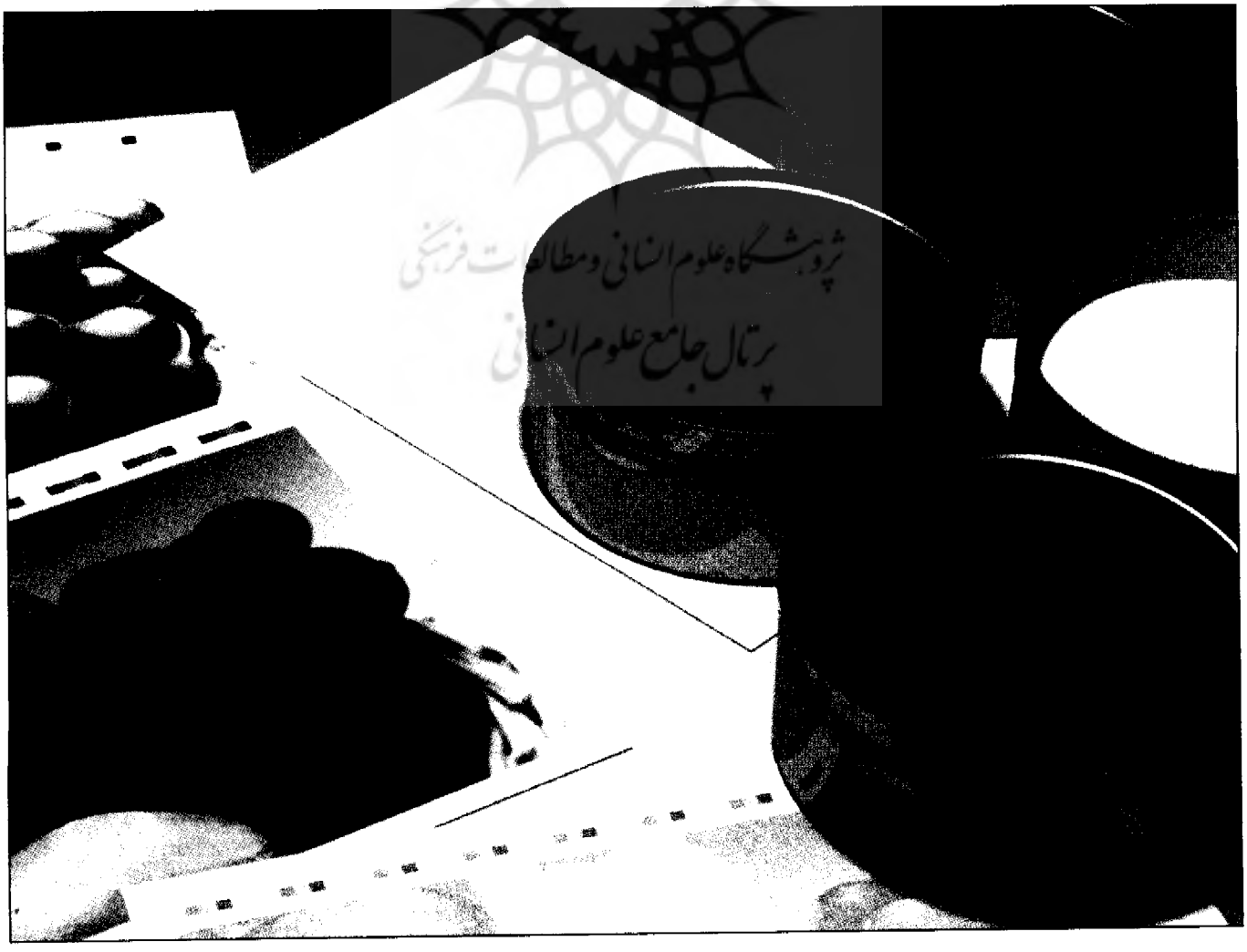
- مواد رنگی (پیگمنت‌ها و رنگ‌ها)[1]
- نگه‌دارنده‌ها [2]
- مواد افزودنی[3]
- مواد حامل (حلال‌ها)[4]

بسته به نوع فرآیند چاپ، مرکبها دارای خواص سیالی متفاوتی هستند و می‌توانند دارای ویسکوزیتهٔ کم (بسیار روان همانند آب) تا بسیار ویسکوز و حتی جامد (شبیه به پودر) باشند. مکانیسم انتقال و طریقهٔ تثبیت و خشک شدن مرکب برروی سطح، تعیین کنندهٔ ساختار و مواد تشکیل دهندهٔ مرکب چاپ است (شکل ۱)

الزامات مرکب چاپ

مرکب چاپ باید از مخزن مرکب در طی فرآیند چاپ برروی سطح انتقال داده شود. انتقال مرکب در طی عملیات زیر انجام می‌شود:

- پخش مرکب (چاپ افست، گراور و لترپرس): غلطک مرکب، پلیت چاپ (زینک و ...) و غلطک لاستیکی انتقال دهندهٔ لایه‌ی مرکب(در چاپ افست).
- انتقال مستقیم لایه‌ی مرکب از فویل برروی سطح (چاپ داغی)
- انتقال مرکب با استفاده از کلیشه (چاپ سیلک)



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

- اسپری مرکب به شکل قطرات ریز بدون تماس با سطح (مرکب افشان).

مرکب باید برروی سطح خشک شود. خشک شدن از طریق فیزیکی (جذب و تبخیر) و شیمیایی (اکسیداسیون و تابش نور UV) انجام می‌پذیرد. اغلب ترکیبی از این دو فرآیند بکار برده می‌شود و در نهایت مرکب باید بخوبی به سطح بچسبد. برای این کار چندین روش وجود دارد:

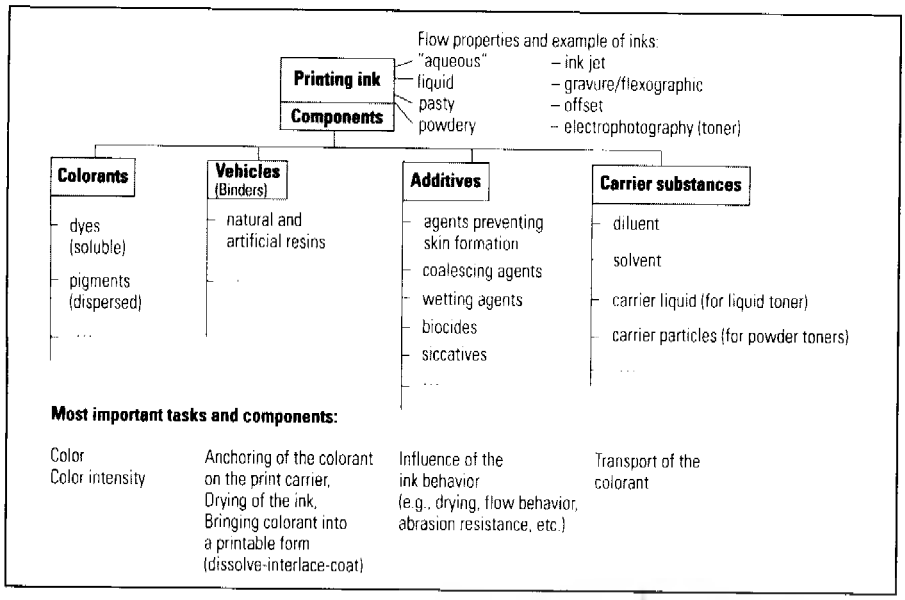
- مرکب بصورت مکانیکی برروی سطح تثبیت می‌شود (به داخل سوراخ‌های سطح نفوذ کرده و الیاف کاغذ را می‌پوشاند)؛ در اینجا بین حمل کنندهٔ مرکب (غلطک لاستیکی در چاپ افست) و سطح یک فشار اعمال می‌شود.
- با استفاده از اثر موئینگی، مرکب برروی سطح نفوذ می‌کند (مثل مرکب افشان).
- در مواقعی که سطح بسیار صاف است، مرکب از طریق جاذبهٔ بارهای ناهمسان (تأثیرات شیمیایی/فیزیکی) بین مرکب و سطح نگه‌داشته می‌شود.

روش تولید مرکب‌های چاپ

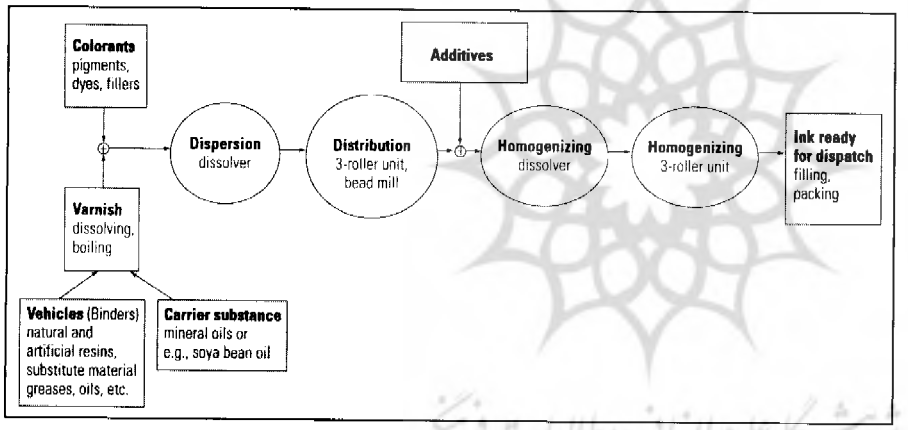
مراحل مختلف تولید مرکب چاپ افست در شکل ۲ به اختصار نشان داده شده است.

خواص رئولوژیکی مرکب‌ها: همگونی و سازگاری مرکب چاپ موضوعی است که تحت تأثیر کیفیت مرکب و نوع چاپ می‌باشد. این سازگاری را می‌توان با خواص متنوعی طبقه‌بندی کرد و باید طوری تنظیم گردد که با نوع چاپ، سطح مورد نظر، موضوع چاپ، سرعت و غیره هم‌خوانی داشته و تا حد امکان بهینه باشد. مهمترین عوامل موثر در این سازگاری عبارتند از:

- ویسکوزیته[5] دینامیکی (η) که می‌توان آن را بعنوان مقاومت در برابر جاری شدن مرکب تعریف کرد. مرکبی که دارای بیشترین ویسکوزیته است به راحتی جاری نمی‌شود و به سختی بصورت یک لایه (فیلم) برروی سطح قرار می‌گیرد. در جدول ۱ اطلاعاتی در خصوص ویسکوزیتهٔ مرکب‌ها درج شده است.
- تیکزوتروپی خاصیتی است که ویسکوزیتهٔ مرکب را از مقادیر زیاد (بطوریکه مرکب



شکل ۱ ▲



شکل ۲ ▲

خاصیت روانی خود را از دست می‌دهد) تا مقادیر بسیار کم تغییر می‌دهد.

- چسبندگی مرکب بین دو غلطک مرکب بسیار مهم است. هر چه چسبندگی بیشتر باشد حرارت ایجاد شده در قسمت غلطک بیشتر می‌باشد و باعث می‌شود تمایل بیشتری برای پخش شدن مرکب برروی کاغذ ایجاد گردد. از طرف دیگر هر چه چسبندگی بیشتر باشد چسبیدن مرکب برروی پلیت و غلطک لاستیکی بیشتر می‌شود و تصویر بهتر نمایان می‌شود (شارپ‌تر می‌شود).
- خاصیت مهم دیگر قابلیت جاری شدن مرکب به هنگام اعمال نیروهای جانبی برروی آن است. نیروهای فیزیکی بین ذرات پیگمنت و مولکول‌های نگه‌دارنده تعیین کننده قابلیت جاری شدن مرکب می‌باشد. مرکب‌هایی که دارای قابلیت جاری شدن

کم هستند به سختی پمپ می‌شوند و به هنگام کار خواص جاری شدن نامناسبی را از خود نشان می‌دهند. در هر صورت اینگونه مرکب‌ها تمایل کمی برای اسپری شدن و ایجاد یک تصویر واضح را دارند.

خشک کردن مرکب با تابش نور UV یا پرتو الکترونی: مزیت اینگونه مرکب‌ها بقرار زیر است:

- بلافاصله خشک می‌شوند (۱ تا ۱۰۰ میکرو ثانیه) و فرآیند چاپ سریع به اتمام می‌رسد.
- عاری از حلال هستند.
- به واحد خشک کن مرکب نیاز ندارند (بنابراین نیاز به تمیزکاری کمتری دارند).
- حرارت دادن سطح به حداقل می‌رسد یا اصلاً نیاز به این کار نیست.
- دارای مقاومت شیمیایی و پایداری مکانیکی زیادی هستند.

معایب آنها عبارتند از:

- هزینهٔ اینگونه مرکب‌ها بیشتر از مرکب‌های معمولی است.
- خشک کن آنها نیاز به تکنولوژی پیشرفته دارد.
- از نظر سلامتی و مسائل ایمنی نیاز به دقت بیشتری دارد.

مرکب‌های UV: (خشک کردن با تابش نور ماوراء بنفش با طول موج حدود ۱۰۰ تا ۳۸۰ نانومتر) ساختار اینگونه مرکب‌ها با مرکب‌های چاپ معمولی کاملاً متفاوت است.

عمدتاً از اینگونه مرکب‌ها در چاپ مواد غیر جاذب مثل پلاستیک‌ها و ورقه‌های فلزی استفاده می‌شود. ولی اغلب در چاپ لیبل‌ها و کارت‌ها با کیفیت عالی، بکار برده می‌شود.

مرکب‌های EB (خشک کردن با استفاده از پرتو الکترونی): در این روش فیلم‌های با ضخامت زیاد می‌توانند به راحتی پیوند جانبی ایجاد نمایند، چون پرتوهای الکترونی به عمق نفوذ کرده و دخالت پیگمنت در خشک شدن به حداقل می‌رسد.

مرکب‌های خاص (فلزی/صدفی): مرکب‌های چاپ خاصی وجود دارند که با استفاده از پیگمنت‌های فلزی، پیگمنت‌هایی که ایجاد حالت صدفی می‌کنند یا پیگمنت‌هایی که حالت تداخل ایجاد می‌کنند، ساخته می‌شوند. اینگونه مرکب‌ها اغلب مرکب‌های چاپ طلایی یا نقره‌ای و یا مرکب‌هایی هستند که حالتی شبیه به فلز ایجاد می‌کنند. پیگمنت‌های برنز از آلیاژ برنج با نسبت‌های مختلف از مس و روی ساخته می‌شوند. هر چه میزان مس در آلیاژ بیشتر باشد، رنگ برنز قرمزتر می‌باشد. تکنولوژیی که برای تولید برنز استفاده می‌شود، قادر است اندازهٔ ذرات پیگمنت‌های فلزی را طوری تنظیم کند که در چاپ قابل استفاده باشد. برای چاپ افست این اندازه ۳/۵ میکرون و برای چاپ گراور ۸ تا ۹ میکرون می‌باشد (بنابراین ضخامت فیلم مرکب بسیار بیشتر از مرکب‌های معمولی است که دارای ضخامت ۰/۱ تا ۳ میکرون است).

برای ساخت پیگمنت‌های نقره‌ای، آلومینیم با خلوص ۹۹/۵٪ مورد نیاز است. در اینجا پس از ذوب آلومینیم در کوره‌های القایی، تودهٔ مذاب با استفاده از هوای فشرده پخش می‌شود و در نهایت محصول با پوشش فلزی ایجاد می‌گردد. اینگونه مرکب‌ها همانند مرکب‌های افست با استفاده از جذب و اکسیداسیون خشک می‌شوند.

پیشرفت‌های اخیر باعث گردیده که مرکب‌های چاپ طلایی و نقره‌ای با آب قابل رقیق شدن باشند و با سیستم Chambered blade برروی سطح انتقال یابند.

این مرکب‌ها از طریق جذب برروی سطح و تبخیر آب موجود در مرکب خشک می‌شوند و دارای درخشندگی بیشتری از مرکب‌های چاپ نقره‌ای و طلایی معمولی هستند.

مرکب‌هایی که حاوی پیگمنت‌های صدفی هستند قادرند حالتی را شبیه به جلای صدف در تصویر چاپ شده ایجاد نمایند. اینگونه پیگمنت‌ها حاوی ذرات میکا هستند که با یک یا چند لایهٔ اکسید فلزی احاطه شده‌اند.

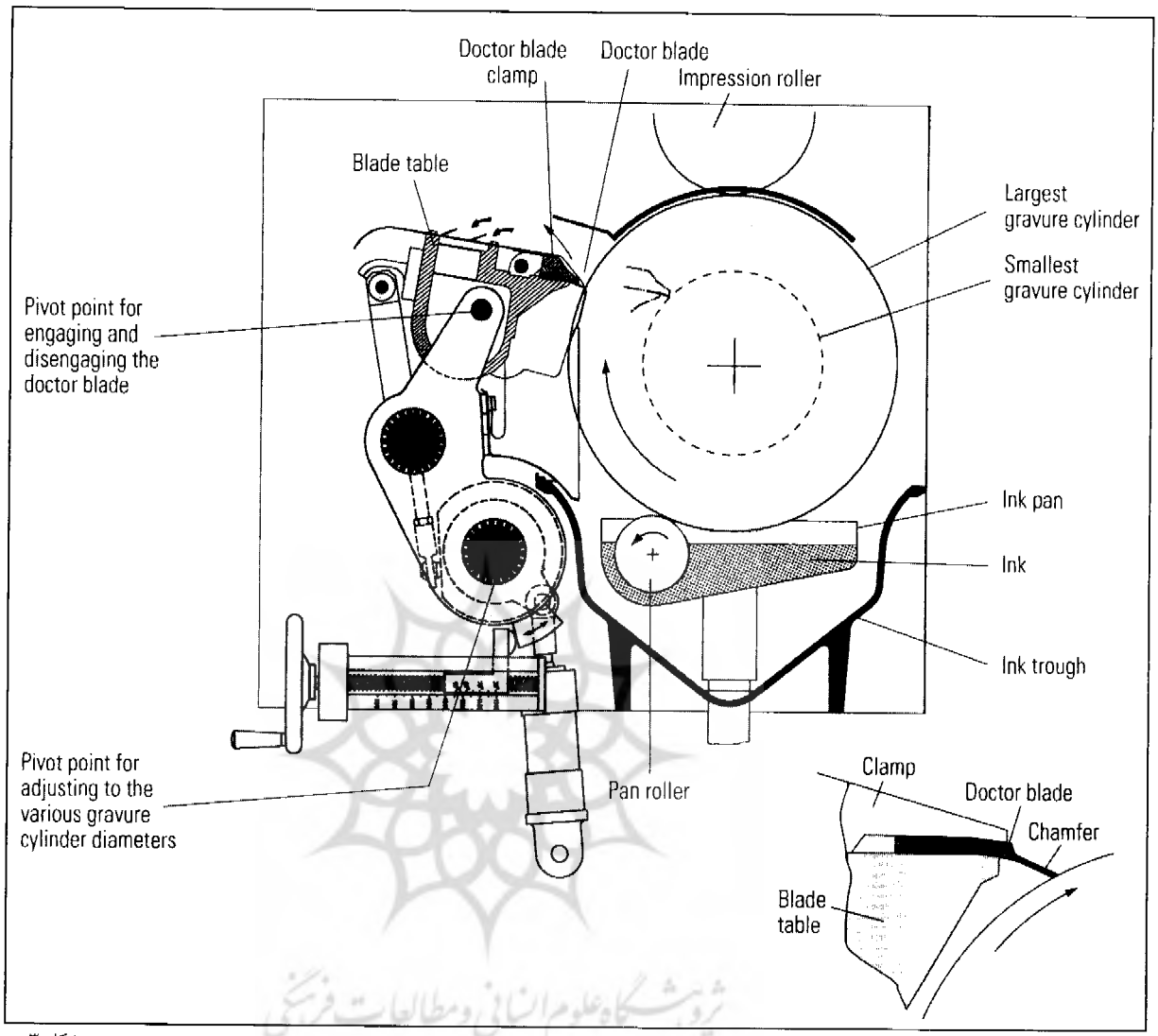
مرکب‌های حاوی پیگمنت‌های فلزی اغلب در چاپ گراور و فلکسو بکار برده می‌شوند. ساختار این مرکب‌ها شبیه به پیگمنت‌های رنگی آلی و معدنی است. مرکب‌های چاپ فلزی نقره‌ای که با مرکب‌های رنگی با نسبت‌های مختلف مخلوط می‌شوند، به‌عنوان مرکب‌های لکه‌ای دسته‌بندی شده و مرکب‌های رنگی فلزی براق را تشکیل می‌دهند.

مرکب‌های چاپ افست

برای چاپ افست، مرکب باید بسیار ویسکوز و چسبناک باشد. اینگونه مرکب‌ها باید طوری ساخته شوند که مواد خشک شوندهٔ آنها به هنگام پخش برروی غلطک لاستیکی و یا سطح چاپ شونده، سفت نشود. علاوه بر این مرکب چاپ افست باید مقدار مشخصی از محلول را به هنگام تماس با پلیت در خود حفظ کند تا وقتی برروی لاستیک چاپ قرار گرفت روی پلیت باقی نماند (در چاپ افست بدون آب از روغن سیلیکون در فرمولاسیون مرکب استفاده می‌کنند تا مطمئن شوند مرکب برروی مناطقی که عکس وجود ندارد جذب نمی‌شود). در چاپ افست لایهٔ نازکی از مرکب به ضخامت ۰/۵ تا ۱/۵ میکرون روی سطح منتقل می‌شود.

مرکب‌های چاپ گراور

تفاوت اساسی بین مرکب چاپ افست و گراور در ویسکوزیته وجود دارد. مرکب چاپ گراور باید مایع باشد تا بتواند سلول‌های تشکیل تصویر را در سیلندر گراور در سرعت زیاد پر نماید. واحدهای مرکب گراور کوتاه‌ترین واحدهای مرکب در تکنولوژی‌های چاپ معمولی هستند (کوتاه‌ترین مسیر مرکب از ظرف مرکب تا کاغذ را داراست). این واحدها فقط شامل محفظهٔ مرکب و یک تیغه می‌باشد که در آنها مرکب مستقیماً برروی صفحه ریخته می‌شود. در این سیستم بسته، مرکب با ویسکوزیتهٔ بسیار کم استفاده می‌شود (شکل ۳). از نقطه نظر فرآیندی، ترکیب و ساخت مرکب‌های گراور ساده‌تر از مرکب‌های افست است. محدودهٔ کاربردی این مرکب‌ها بسیار وسیع است مثلاً برای ضخامت‌های بیشتر از ۲ میکرون یا مرکب‌های مخصوص پیگمنت‌های فلزی، قابل استفاده هستند. ترکیب شیمیایی این مرکب‌ها اجازهٔ تنوع بیشتری نسبت به مرکب‌هایی که مستقیماً برروی سطح منتقل می‌شوند را می‌دهد. در چاپ گراور حلال‌ها به دلیل اینکه ویسکوزیتهٔ کم مرکب را تأمین کرده و باعث تغییر در غلظت پیگمنت و دانسیتهٔ نوری مرکب می‌شوند، نقش ویژه‌ای را ایفا می‌کنند. در تکنولوژی‌های مدرن چاپ گراور معمولی، استفاده از مرکبهایی که با آب رقیق



شکل ۳ ▲

می‌شوند توصیه نمی‌شود. به دلیل ویژگی‌های مختلف چاپ گراور بسته‌بندی (مثل واکنش ندادن با محتویات بسته‌بندی و عدم تغییر در رایحه) تعداد زیادی از حلال‌های آلی با مقادیر بسیار کمتر از حلال اصلی، در مرکب چاپ بکار برده می‌شوند.

مرکب‌های چاپ فلکسوگرافیک

از نظر ویسکوزیته مرکبهای چاپ فلکسوگرافیک بسیار شبیه به مرکب‌های گراور هستند و ایجاد لایه‌ای از مرکب به ضخامت تقریباً بیشتر از ۱ میکرون می‌کنند. مرکب فلکسوگرافیک از طریق یک واحد مرکب‌زنی که شامل یک تیغه با یک سیلندر چرخان است برروی سطح انعطاف پذیر انتقال می‌یابد. برای دستیابی به یک چاپ با کیفیت مناسب، تنظیم ویسکوزیتهٔ مرکب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای داشتن یک چاپ خوب باید نکات زیر رعایت شود:

- برروی لبه‌های تصویر نباید مرکب فشرده شود
- ضخامت مرکب باید کافی باشد
- مرکب باید به خوبی برروی سلول‌های سیلندر چرخان پخش شده و آنها را پر نماید

پیگمنت‌های مناسب برای چاپ فلکسوگرافیک بسیار زیاد می‌باشد، به همین دلیل کاربرد این نوع چاپ بسیار وسیع است. همانند چاپ گراور، نوع حلال در چاپ فلکسوگرافیک نقش مهمی را ایفا می‌کند. پس از انتقال مرکب به سطح مورد چاپ، با استفاده از حرارت، حلال تبخیر شده و یک فیلم خشک از مرکب باقی می‌ماند.

حلال‌های زیر بطور گسترده‌ای در چاپ

Printing process (Ink type)	Transfer mechanism in the printing process	Drying	Dynamic viscosity*(η), layer thickness on the substrate	Proportion of ink to be cured on the substrate	Comments
Offset					
• Oil-based	Ink splitting Pressure about 1 MPa in contact zone (nip)	Physically: Absorption, Chemically: cross-linking/ oxidation	40–100 Pa · s (pasty), 0.5–1.5 µm	90–100%	Slow drying, high print quality
• UV/EB (curing)		Radiation cross-linking		100%	Rapid drying
Gravure printing					
• Solvent	Ink splitting, emptying of cells Pressure approx. 3 MPa in the contact zone	Evaporation of solvents (H_2O/Toluene),	0.05–0.2 Pa · s, 0.8–1 (2) µm	25%	Absorbent paper Solvent recycling
• UV (curing)		Radiation cross-linking	5–8 µm	100%	Thick ink layers possible
Flexographic printing					
• Solvent	Ink splitting Pressure approx. 0.3 MPa in the contact zone	Evaporation of solvents (H_2O, alcohol, etc.)	0.05–0.5 Pa · s, 0.8–1 µm	20–30%	Medium quality Solvent recycling
• UV (curing)		Radiation cross-linking	Up to 2.5 µm	100 %	High ink layer thickness possible, Better quality
Letterpress printing	Ink splitting Pressure approx. 10 MPa in the contact zone	Absorption and cross-linking	50–150 Pa · s, 0.5–1.5 µm	90–100%	Slow drying
Screen printing					
• Solvents	Pressing ink through holes in the screen	Dependent on ink type	Dependent on the mesh width up to about 12 µm	Dependent on ink type	Versatile application, Low quality
• UV (curing)					
Electrophotography					
• Dry/Powder toner	Electrostatic (powder film)	Melting (+ pressure)	Powder, 5–10 µm	100%	High layer thickness
• Liquid toner	Electrostatics extracts toner particles from base liquid	Anchoring, melting (+ pressure) Evaporating base fluid	10–20 mPa · s (dispersion), 1–3 µm	2–5% in ready-for-use mixture, 25 % concentrated	Elimination of of the base fluid

* Dynamic viscosity η: Pa · s (Pascal seconds) or 1 mPa · s (milliPascal seconds) (For example: water = 1 mPa · s; honey = 1 Pa · s)

Ink Jet					
• Thermal technolgy (DoD) (dyes/ pigments in base fluid, water)	Pressure impulse Drop volume 6–30 pl	Evaporation/absorption	1–5 mPa · s, < 0.5 µm	3–5%	Avoiding bleeding in the paper by means of special coating
• Piezo technology (DoD) – conventional (dyes/ pigments in base fluid, oil or water)	Pressure impulse ("diaphragm/pump") Drop volume 4–30 pl	Evaporation/absorption	5–20 mPa · s, < 0.5 µm	5%	Avoiding bleeding in the paper by means of special coating
– Hot-melt (Pigments in melted polymers/ wax, 80–100 °C)	Pressure impulse Drop volume 20–30 pl	Hardening through cooling	10–30 mPa · s, 12–18 µm	100%	Thick ink layer, sensitive to scratching
– UV (Pigments in liquid monomers, etc.)	Pressure impulse Drop volume 10–30 pl	Radiation cross-linking	15–30 mPa · s, 10–20 µm	100%	Thick ink layer on non-absorbent substrates
• Continuous-technology (dyes in solvent, water, MEK, etc.)	Ink drop jet, splitting up into drops of 5–100 pl for printing	Evaporation/absorption	1–5 mPa · s, < 0.5 µm	< 5%	Avoiding bleeding in the paper by means of special coating

* Dynamic viscosity η: Pa · s (Pascal seconds) or 1 mPa · s (milliPascal seconds) (For example: water = 1 mPa · s; honey = 1 Pa · s)

فلکسوگرافیک مورد استفاده قرار می‌گیرند:
- اتیل استات
- الکل
- آب (معمولاً اضافه می‌شود تا خاصیت چسبندگی برروی سطح بهبود داده شود)

اصولاً پیگمنت‌ها بعنوان عامل‌های رنگی در مرکب بکار برده می‌شوند. مرکب‌های پایه آبی (که حلال آنها آب می‌باشد) در چاپ بسته‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای چاپ لیبل و برچسب، مرکب‌های چاپ UV بیشتر استفاده می‌شود.

مرکب‌های چاپ لترپرس

در چاپ لترپرس به علت آنکه اجزاء اصلی تشکیل دهندهٔ مرکب چاپ، پیگمنت‌های آلی و معدنی و براق کننده‌ها می‌باشد، از مرکب‌های ویسکوز استفاده می‌شود (η=۵۰-۱۵۰ Pa.S). در چاپ لترپرس برروی کاغذ و مقوا همانند چاپ افست، مرکب ابتدا از طریق فیزیکی جذب و سپس از طریق شیمیایی در طی واکنش اکسیداسیون خشک می‌شود. وقتی چاپ برروی سطح غیر جاذب مثل کاغذ ترانسپرنت یا کاغذهای متالیک مد نظر باشد، عملیات خشک شدن از طریق اکسیداسیون و با استفاده از مرکب‌های فویل انجام می‌پذیرد.

برای چاپ لترپرس روزنامه که خیلی معمول نیست، از مرکبهایی با ویسکوزیتهٔ متوسط استفاده می‌شود بطوریکه اجزاء اصلی آن پیگمنت سیاه کربن و روغن‌های پایه است. در اینجا عملیات خشک شدن از طریق جذب مرکب برروی کاغذ روزنامه (که جذب کنندهٔ قوی مرکب است) انجام می‌پذیرد.

مرکب‌های چاپ اسکرین

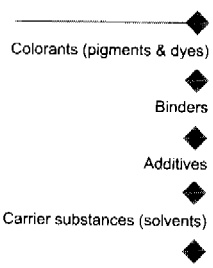
در مقایسه با سایر تکنولوژی‌های چاپ، چاپ اسکرین به دلیل ارزان و در دسترس بودن تجهیزات آن، بیشترین کاربرد را دارد. دامنهٔ کاربرد این نوع چاپ به چهار دسته تقسیم می‌شود:
- چاپ اسکرین تجاری جهت تبلیغات در محیط‌های مختلف
- چاپ سیلک اسکرین که به سری‌گرافی یا چاپ ابریشمی نیز معروف است
- چاپ اسکرین صنعتی برای بطری، لوله و فنجان
- چاپ‌های خاص مثل چاپ برروی پارچه یا چاپ مدارات الکترونیکی

علاوه بر کاغذ و مقوا، چاپ اسکرین در سطوح دیگری مثل پلاستیک، شیشه، فلز، پارچه و غیره نیز قابل استفاده است. تنوع زیاد در خواص فیزیکی و شیمیایی اینگونه مواد باعث گردیده که گونه‌های مختلفی از مرکب چاپ اسکرین وجود داشته باشد. در چاپ برروی مواد پلاستیکی، مرکب چاپ اسکرین از نظر مواد تشکیل دهنده شبیه به مرکب‌های چاپ گراور و فلکسوگرافیک است. ویسکوزیته باید براساس نوع مرکب، ضخامت لایه و اندازهٔ ذرات مواد تنظیم شود. خشک کردن از طریق تبخیر حلال انجام شده و با استفاده از هوای گرم تسریع می‌گردد. در اینگونه چاپ برای سطوح کاغذ و مقوا، مرکب‌های چاپ مات و براق با پایه روغن یا براق کننده استفاده می‌شود. اینگونه مرکب‌ها بیشتر از طریق فرآیند اکسیداسیون خشک می‌شوند. گاهی اوقات هم مرکب‌های UV در چاپ اسکرین بکار برده می‌شود. ویژگی چاپ اسکرین امکان چاپ با لایهٔ مرکب بیشتر از ۱۲ میکرون در آن است.

مرکب‌های چاپ تامپو

چاپ تامپو به تکنولوژی چاپ گراور غیرمستقیم اطلاق می‌شود و در چاپ‌های غیرمعمول و سطوح سخت بکار برده می‌شود. در این نوع چاپ در ابتدا تصویر به یک تامپو الاستیکی که برروی یک سطح گراور قرار دارد، منتقل شده و سپس برروی سطح مورد نظر چاپ می‌شود. مرکب این نوع چاپ شبیه به مرکب چاپ اسکرین، با ویسکوزیتهٔ کمتر می‌باشد.

در چاپ تامپو به دلیل اینکه یک لایه بسیار نازک از مرکب برروی سطح قرار می‌گیرد، درصد پیگمنت زیاد است (تقریباً ۳۰٪). به دلیل سرعت زیاد تبخیر حلال در آنها، خشک شدن، سریع اتفاق می‌افتد، البته بسته به نوع سطح مورد نظر در مرکب چاپ تامپو از معرف‌های خشک کننده استفاده می‌شود. همانند چاپ اسکرین برای هر سطح مثل چوب، پلاستیک، چرم، چرم مصنوعی، شیشه، چینی و سطوح پوشش‌دار، نوع خاصی مرکب بکار برده می‌شود. معمولا در چاپ تامپو برای تعیین میزان چسبندگی مرکب، آزمایشاتی توسط افرادی که چاپ را انجام می‌دهند، صورت می‌گیرد. ■



تمایل برخی از ژله‌ها و امولسیون‌ها به جذب آب در اثر تکان و به‌هم خوردن و دوباره سفت شدن در اثر عدم حرکت