فصل دوم

تحولات فناوری در حوزه‌ی دانش

اهداف رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود :

۱ــ فرآیند چاپ را توضیح دهد.

۲ــ نقش عوامل تأثیرگذار را در فرآیند چاپ شرح دهد.

۳ــ طراحی مرکبدان‌ها را شرح دهد.

۴ــ طراحی واحد چاپ را توضیح دهد.

۵ــ فناوری اشکال کاغذ را شرح دهد.

۶ــ فناوری چاپ فلکسو را شرح دهد.

چاپ افست یک فناوری چاپ لیتوگرافی غیرمستقیم است. از سال ۱۹۷۰ تاکنون، این فناوری در مقایسه با فناوری چاپ لترپرس از قلمروی گسترده‌تر و تأثیراتی چشمگیرتر برخوردار بوده است. در حال حاضر فناوری چاپ افست، یکی از فناوری‌های اصلی صنعت چاپ به‌شمار می‌آید. به سبب گستردگی این فرآیند، ابتدا تحولات فناوری این روش چاپی را مورد بررسی قرار می‌دهیم :

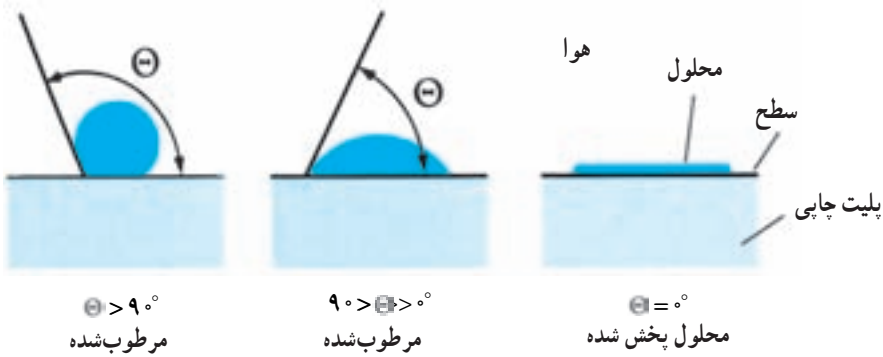
۱ــ۲ــ فرآیند چاپ (Print Process)

در فرآیند چاپ افست، مناطق چاپی و غیرچاپی عملاً در یک سطح‌اند. مناطق چاپی روی پلیت را، که پذیرای مرکب و دافع آب‌اند، (Oleophilic) و مناطق غیرچاپی روی پلیت را، که جاذب آب و دافع مرکب‌اند، (Hydrophilic) می‌نامیم.

این اثر توسط پدیده‌ی فیزیکی در سطوح تماس به‌وجود می‌آید. در این فناوری، سیستم رطوبت‌دهی وظیفه پوشش مناطق غیرچاپی روی پلیت را با یک لایه‌ی نازک محلول رطوبت‌دهنده به عهده دارد.

محلول رطوبت‌دهنده (آب، به‌اضافه افزودنی‌ها) روی مناطق غیرچاپی گسترده می‌شود. برای

دست‌یابی به رطوبت مطلوب، کشش سطحی (Surface Tension) توسط افزودنی‌ها می‌بایست کاهش یابد (شکل ۱ــ۲).



شکل ۱ــ۲ــ قابلیت رطوبت‌پذیری سطوح و زاویه‌ی رطوبت‌پذیری θ

در بسیاری از موارد، کاهش کشش سطحی تأثیر به‌سزایی در امولسیون مرکب چاپی و محلول رطوبت‌دهنده دارد. این مورد باعث می‌شود مناطق چاپی و غیرچاپی با هم تقابل مناسب داشته باشند و در زمان مرکب‌دهی نیز از هم تفکیک شوند.

۱ــ۱ــ۲ــ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مواد: فرآیند کارآمد چاپ افست، بستگی به بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مواد و اجزای دربرگیرنده‌ی این فرآیند دارد. در زیر، مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی تأثیرگذار در فرآیند را به‌اختصار توضیح می‌دهیم.

الف) ویژگی‌های تأثیرگذار پلیت چاپی در فرآیند چاپ افست شامل موارد زیر است :

- کشش سطحی مناطق پذیرای مرکب
- کشش سطحی مناطق پذیرای محلول رطوبت‌دهنده
- زبری سطح پلیت، در قسمت بدون تصویر و مرکب‌ناپذیر
- جاذبه مویی، ساختار میکروسکوپی سطح بدون تصویر (Cohesion)
- نوع مواد سازنده‌ی پلیت چاپی
- روش‌های تولید در ساخت پلیت (دانه‌بندی مکانیکی یا الکترولیتی)

ب) ویژگی‌های تأثیرگذار نوردهای مرکب‌دهی در فرآیند چاپ افست شامل موارد زیر است :

- مختصات پوشش نوردها
- کشش سطحی، جنس نوردها

- زبری سطح نورد
- خواص گرانروی (ویسکوزیته) روکش نوردها
- فشار در خط تماس بین نوردها
- حرکت دورانی و نحوه‌ی انتقال مرکب توسط نوردها

پ) ویژگی‌های تأثیرگذار لاستیک در فرآیند چاپ افست شامل موارد زیر است :

- کشش سطح لاستیک
- زبری سطح لاستیک
- قابلیت تراکم و فشرده‌شدن لاستیک
- پذیرش مرکب و نحوه‌ی انتقال آن
- نحوه‌ی انتقال مقادیر ته‌رنگ (Tone)
- نحوه‌ی بستن، تأثیر بادکردن و جاخوردگی لاستیک، سختی و استحکام ابعادی آن

ت) ویژگی‌های تأثیرگذار مرکب در فرآیند چاپ افست شامل موارد زیر است :

- کشش سطحی
- مشخصه‌های فیزیکی تغییرپذیر (ویسکوزیته، چسبندگی،...) (Rheological Parameters)
- تأثیر حرارت بر مرکب
- میزان جذب‌پذیری محلول رطوبت‌دهنده و نحوه‌ی امولسیون
- نحوه‌ی جریان و حرکت درست در زمان شروع انتقال
- ترکیب مرکب
- نحوه‌ی خشک‌شدن

ث) ویژگی‌های تأثیرگذار محلول رطوبت‌دهنده در فرآیند چاپ افست شامل موارد زیر است :

- سختی آب، آلودگی‌های آب
- افزودنی‌های محلول رطوبت‌دهنده (الکل، شوینده‌ها، محلول‌های بافر ثابت نگهدارنده pH)
- میزان pH سطح چاپی
- مشخصه‌های رفتاری (گرانروی، چسبندگی)
- مشخصات رفتاری مواد و ارتباطش با تغییرات حرارت

ج) ویژگی‌های تأثیرگذار ماشین چاپ از نظر کیفیت و ثبات فرآیند چاپ شامل موارد

زیر است :

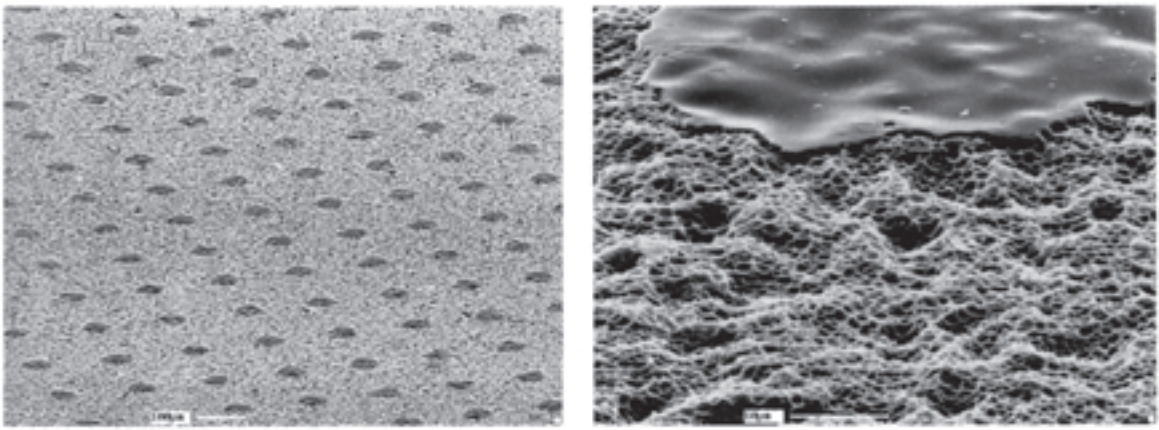
- طراحی واحدهای چاپ (دقیق‌بودن، پایداری، مقاومت در برابر لرزش و ...)
- طراحی واحد مرکب‌دهی
- طراحی واحد رطوبت‌دهی (رطوبت‌دهی تماسی، غیرتماسی)
- طراحی سیستم مرکب‌رسانی (اندازه‌گیری میزان مرکب)
- کنترل حرارت

این مرور کوتاه نشانگر آن است که فناوری چاپ افست باید به‌صورت یک سیستم چندعاملی دیده شود. تغییر تنها یک عامل می‌تواند بلافاصله در فرآیند چاپ افست اثر بگذارد. چاپ افست یک فناوری دوگانه با دو طبیعت فیزیکی و شیمیایی است.

۲ــ۲ــ نقش عوامل تأثیرگذار در فرآیند چاپ

ویژگی‌های پلیت، شیوه مرکب‌دهی و شیوه‌ی رطوبت‌دهی در فرآیند چاپ نقش عمده‌ای ایفا می‌نماید. در زیر به شرح هریک از آن‌ها می‌پردازیم :

۱ــ۲ــ۲ــ نقش پلیت‌های چاپی: آلومینیم در مقایسه با فلزات روی و استیل بیش‌ترین کاربرد را در میان پلیت‌های فلز پایه دارد. امروزه عملاً تمام پلیت‌های چاپی توسط فرآیند الکترولیتی دانه‌بندی می‌شوند. این دانه‌بندی به روش الکتروشیمیایی و اکسیداسیون صورت می‌گیرد. شکل ۲ــ۲ دانه‌بندی پلیت چاپی آلومینیم و نقاط چاپی (هافتن) را نشان می‌دهد.



بزرگنمایی دوهزار برابر ۱۰μm ⟵ مقیاس

بزرگنمایی یکصد برابر ۱۰۰μm ⟵ مقیاس

شکل ۲ــ۲ــ دانه‌بندی سطح پلیت آلومینیم و نقاط هافتن

ــ **ویژگی لایه‌ها:** لایه‌ی مرکب‌پذیر حساس به نور بر روی سطح پلیت انتقال داده می‌شود (ضخامت لایه حدود یک میکرومتر). معمولاً مواد پایه‌ی پلیت در پلیت‌های چندفلزی پلیمر و یا مس است.

هم‌اکنون، پلیت‌های مورد استفاده در چاپخانه‌ها، بیش‌تر پلیت‌های آلومینیم هستند با روکش اولیه و دیازو (فتوپلیمر، پلیمرهای حساس به نور). انتقال تصویر بر روی سطح پلیت با توجه به مشخصات لایه‌ی حساس پلیت و عملیات نوردهی صورت می‌گیرد. در این حالت سطح پلیت دارای دو خاصیت متفاوت پذیرش آب و مرکب است.

لایه‌ی حساس روی پلیت براثر نور، تغییر می‌یابد و مناطق مرکب‌پذیر (Oleophilic) را، که تشکیل‌دهنده‌ی اجزای تصویرند، به‌وجود می‌آورد.

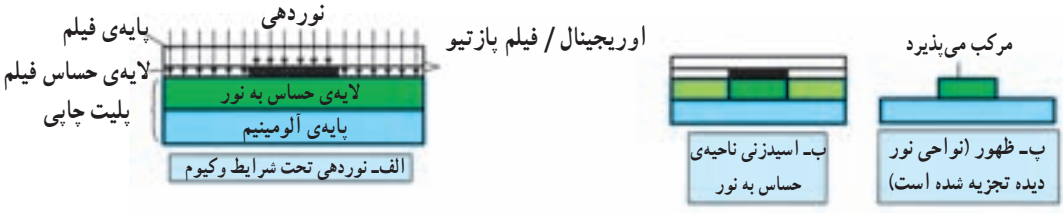
لایه‌ی نازک اکسید آلومینیم با روش خاصی روی آلومینیم پایه ایجاد می‌شود و بدین ترتیب سطح پلیت، آمادگی پذیرش آب (Hydrophilic) را به‌دست می‌آورد.

ــ **نوردهی:** در فرآیند نوردهی مهم‌ترین هدف، دست‌یابی به سطح تفکیک‌پذیر پلیت است. این سطح پس از مراحل ظهور و ثبوت به‌دست می‌آید. تغییرات شیمیایی درنتیجه‌ی تأثیر و نفوذ تابش نور مؤثر (نور مشتق شده از اشعه‌ی UV)، رخ می‌دهد. این تغییرات واکنش‌های متفاوتی را در لایه‌ی حساس به نور، نسبت به نوع و ساختار آن ایجاد می‌کند.

در زیر نوردهی و نوع پلیت نگاتیو و پلیت پازتیو به‌اختصار شرح داده می‌شود.

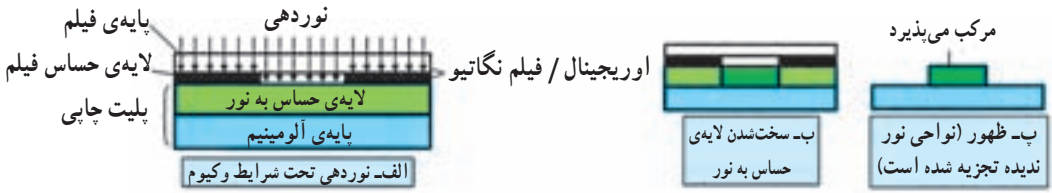
الف) نوردهی پلیت نگاتیو: برای کپی پلیت نگاتیو از یک فیلم نگاتیو به‌عنوان اوریجینال استفاده می‌شود.

با تابش نور لایه‌ی حساس به نور روی پلیت چاپی سخت می‌شود. این نواحی پس از فرآیند ثبوت باقی می‌مانند. در مقابل نواحی نور نخورده برداشته می‌شوند و نواحی نوردیده در چاپ مرکب می‌گیرند (شکل ۳ــ۲).



شکل ۳ــ۲ــ تهیه‌ی پلیت نگاتیو

ب) *نوردهی پلیت پازتیو:* تجزیه اگر لایه‌ی حساس به نور به‌صورت فتوشیمیایی سخت گردد، این لایه در مرحله‌ی ظهور به یک لایه‌ی حل‌نشدنی تبدیل خواهد شد. از سوی دیگر، اگر لایه‌ی حساس به نور به‌صورت فتوشیمیایی تجزیه شود، محلول ظهور، لایه‌ی حساس به نورِ مورد تابش قرارگرفته را از سطح پایه‌ی پلیت حل می‌کند و برمی‌دارد. بدین ترتیب نواحی شفاف در چاپ مرکب می‌گیرند (شکل ۴ــ۲).



شکل ۴ــ۲ــ تهیه‌ی پلیت پازتیو

ــ در کپی پلیت پازتیو (تولید پلیت سنتی) از یک فیلم پازتیو به‌عنوان اوریجینال استفاده می‌شود.

ــ تابش نور بر روی لایه‌ی حساس به نور در نواحی بدون تصویر و نواحی بدون مرکب، باعث می‌شود تا لایه‌ی حساس به نور، ضمن تجزیه‌شدن، در مرحله‌ی ظهور از روی آلومینیم پایه حل شود.

ــ سپس به پلیت‌های تثبیت‌شده صمغ می‌زنند، درنتیجه سطح پلیت‌ها حفاظت و نگهداری می‌شود.

پلیت‌های چاپی آماده، صرف نظر از نگاتیو و یا پازتیوبودن آن، برای انتقال اطلاعات در چاپ افست مورد استفاده قرار می‌گیرند. فقط نوع فیلم آن‌ها برای تولید پلیت متفاوت است. مطلب مهم دیگر تفاوت میزان رنگ پایه‌ی تصاویر است هنگامی که کپی پلیت از فیلم به روی پلیت قرار گرفته، که باید در مرحله‌ی پیش از چاپ محاسبه شود.

برخی از پلیت‌های چاپی قابلیت سوزاندن نیز دارند، که این مهم جهت افزایش راندمان تیراژدهی پلیت استفاده می‌گردد.

در ابعاد چاپی کوچک‌تر، و کارهای چاپی تک رنگ و یا چندرنگ با کیفیت متوسط، هزینه‌ی پلیت‌های (پایه پلی‌استر)، نسبت به پلیت‌های (پایه آلومینیم) کم‌تر است، ضمن این که در چاپ استحکام کم‌تری دارند.

برای تضمین کیفیت در حین کپی پلیت، از «نوار کنترل» با مشخصه‌های ویژه‌ی کنترل کیفیت استفاده می‌شود. این نوار را روی پلیت کپی می‌کنند.

شکل ۵ــ۲ــ نوار کنترل رنگ با مربع‌های نشانه سنجش رنگ

نوارهای استانداردسازی از سوی مؤسسات معتبری چون (FOGRA و UGRA) عرضه می‌شود.

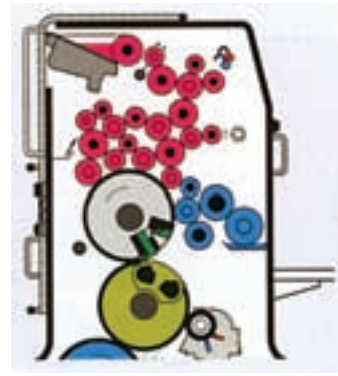
۲ــ۲ــ۲ــ واحدهای مرکب‌دهی: واحدهای مرکب‌دهی در انواع گوناگونی طراحی شده‌اند. مرکب‌دهی از نوع نوردی و واحد مرکب‌دهی آنیلوکسی با مسیر کوتاه از رایج‌ترین انواع آن است که در زیر به شرح آن‌ها می‌پردازیم :

مرکب‌دهی نوردی (Roller - type Inking Units): واحد مرکب‌دهی از نوع نوردی، متشکل از تعدادی نورد روکش‌شده‌ی نرم و سخت است. نوردهای سخت عموماً در حین دَوَران، حرکتی جانبی نیز دارند. این نوردها با حرکت در مسیر جانبی به‌صورت رفت و برگشت، باعث نرم و صاف‌شدن ضخامت لایه‌ی مرکب بر روی نوردها می‌شوند و از خطوطی که مرکب در مسیر حرکت کاغذ ایجاد می‌کند، جلوگیری می‌کنند. این نوع نوردها، نوردهای توزیع‌کننده (Distributor Roller) نیز نام گرفته‌اند.

در شکل ۶ــ۲ طراحی‌های متنوعی از واحدهای مرکب‌دهی از نوع نوردی مشاهده می‌شود.

پ ــ رپیدا ۱۰۴ (ک ب ا)

ب ــ رولند ۷۰۰ (مان‌رولند)



الف ــ اسپیدمستر ۱۰۲ (هایدلبرگ)

شکل ۶ــ۲ــ طراحی‌های واحد مرکب‌دهی

مرکب‌دهی آنیلوکسی با مسیر کوتاه (Anilox Inking Units): ماشین‌های چاپ روزنامه، نسبت به ماشین‌های چاپ تجاری، به کیفیت چاپی پایین‌تری نیاز دارند. در این نوع ماشین‌ها از فناوری واحدهای مرکب‌دهی مسیر کوتاه استفاده می‌کنند.

واحدهای مرکب‌دهی آنیلوکسی، نسبت به واحدهای مرکب‌دهی نوردی، از طراحی ساده‌تری برخوردار است و مزایای بسیاری دارد. در این واحدها با مقدار کمی از مرکب و گردش کوتاه آن می‌توان به موازنه‌ی پایدار مرکب دست یافت.

مزیت اصلی این سیستم‌ها توانایی در استفاده از مرکب با ویسکوزیته‌ی پایین است، به‌طوری که امکان چاپ با سرعت‌های بالا را میسر می‌کند. البته این نوع مرکب‌ها، در حین چاپ، موجب چاقی ترام بیش‌تر نیز می‌شوند. مزیت اصلی دیگر واحدهای مرکب‌دهی کوتاه مسیر، عدم وجود مناطق مرکب‌دهی و شیرهای مرکب است.

۳ــ۲ــ۲ــ شیوه‌ی رطوبت‌دهی (Dampening Units): واحدهای رطوبت‌دهی از نوردهای رطوبت‌دهی، که برای مرطوب‌کردن سنگ لیتوگرافی به‌کار می‌رفته نشئت گرفته است. سیستم‌های متداول چاپ افست نیازمند یک سیستم رطوبت‌دهی است. این سیستم لایه‌ی بسیار نازک محلول رطوبت‌دهی (حدود ۲ میکرومتر) را روی نواحی بدون تصویر پلیت چاپی تأمین می‌کند.

از آن‌جایی که بخشی از محلول رطوبت، از طریق مرکب، پلیت و لاستیک، به سطح چاپ‌شونده انتقال می‌یابد و بخش دیگر منتشر می‌گردد، لازم است محلول رطوبت‌دهی به‌صورت یکنواخت و ثابت تأمین گردد.

سیر تکامل فناوری در سیستم‌های رطوبت‌دهی نشانگر آن است که در طراحی‌های اولیه، برای انتقال و توزیع لایه‌ی رطوبت، از سیستم‌های رطوبت‌دهیِ بدون تماس و سپس با تماسِ نوسانی و حرکت پاندولیِ نورد توزیع رطوبت، استفاده شده است. انتقال غیرمستقیم رطوبت از طریق نورد مرکب روی پلیت نیز از فناوری‌هایی است که در ماشین‌های کوچک چاپ با سیستم ساده‌تر به کار رفته و در طراحی‌های پیشرفته از سیستم‌های رطوبت‌دهی پیوسته بهره گرفته‌اند. در زیر به‌صورت مختصر به‌شرح آن‌ها می‌پردازیم :

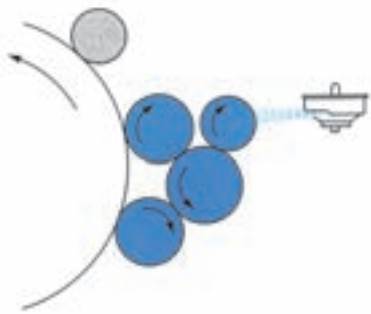
رطوبت‌دهی بدون تماس (Contact - free Dampening Systems): محلول رطوبت‌دهی باید خیلی دقیق اندازه‌گیری شود. در سیستم‌های رطوبت‌دهیِ بدون تماس، به دلیل عدم تماس پیوستگی نوردها، محلول رطوبت قابلیت بازگشت به منشأ رطوبت را از پلیت ندارد. این‌ها به سیستم (نورد فرچه‌ای یا ماهوتی) و سیستم رطوبت‌دهی گریز مرکز (سانتریفوژی) معروف‌اند.

رطوبت‌دهی فرچه‌ای (Brush - type Dampening System): یکی از فناوری‌های این سیستمِ رطوبت‌دهیِ بدون تماس، سیستم رطوبت‌دهی فرچه‌ای است. در این سیستم، برای توزیع رطوبت و انتقال آن به پلیت، از نورد فرچه‌ای (Brush roller) استفاده می‌شود (شکل ۷ــ۲).

رطوبت‌دهی گریز مرکز (سانتریفوژی) (Centrifugal Dampening System) : در این روش، محلول رطوبت‌دهی به‌صورت قطرات ریزی به روی پلیت پرتاب می‌شوند. میزان کشش سطحی باید به‌گونه‌ای باشد که قطرات به‌سرعت گسترده شوند (شکل ۸ــ۲).

امتیاز اصلی سیستمِ رطوبت‌دهیِ گریز مرکز، که به‌صورت پراکنشی عمل می‌کند، این است که مقدار محلول رطوبت می‌تواند در راستای محوریِ نورد و پلیت اندازه‌گیری شود و شرایط مناسب تعادل مرکب و محلول را در هر منطقه به میزان متفاوت از مرکب پدید آورد.

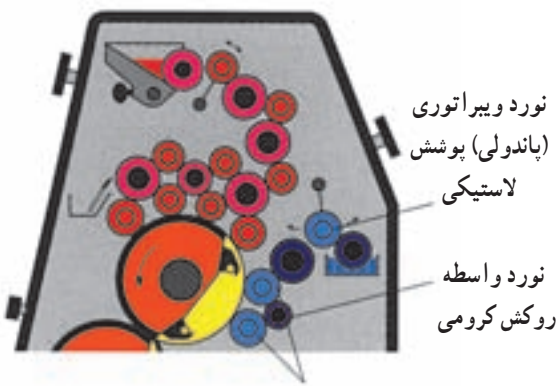
شکل ۷ــ۲ــ سیستم رطوبت‌دهی فرچه‌ای



شکل ۸ــ۲ــ سیستم رطوبت‌دهی گریز مرکز (سانتریفوژی)

رطوبت‌دهی ویبراتوری (Vibrator-type Dampening System):

سیستم رطوبت‌دهیِ ویبراتوری از نوع سیستم‌هایی هستند که با تماس بین تشتک محلول رطوبت‌دهی، نورد ویبراتور و پلیت چاپی کار می‌کنند (شکل ۹ــ۲).



شکل ۹ــ۲ــ سیستم رطوبت‌دهی ویبراتوری (پاندولی)

از معایب این سیستم رطوبت‌دهی این است که، ذرات زایدی از قبیل گرد و غبار کاغذ و مرکب می‌تواند از طریق پلیت چاپی به تشتک محلول رطوبت‌دهی سرایت نموده و باعث آلودگی این منشأ بشود. این مورد در سیستم‌هایی که بدون تماس‌اند اتفاق نمی‌افتد و از جریان برگشتی از پلیت تأثیری نمی‌گیرند.

سیستم‌های رطوبت‌دهی ویبراتوری اغلب دارای نوردهای رطوبت‌دهی‌اند و با روکش جاذب رطوبت (روکش مخملی) پوشیده شده‌اند. با توجه به نیاز تغییرات رطوبتِ مورد انتقال، نورد دارای لایه‌ی جاذب رطوبت، به‌مرور میزان زیادی از رطوبت را در خود ذخیره می‌کند. این ذخیره در افزایش سرعت باعث انتقال ناخواسته‌ی رطوبت اضافی می‌شود، که از جمله معایب این سیستم به‌شمار می‌آید.

نوردهای رطوبت‌دهیِ با روکش مخملی باعث بروز مشکلات عدیده‌ای در فرآیند چاپ می‌شوند. در زیر به تعدادی از مشکلات اشاره می‌کنیم :

ــ نیاز به تعمیر زیاد و نیز هزینه‌ی زیاد نگهداری سیستم

ــ بیش‌تر بودن میزان باطله‌ی کاغذ (زیرا تعادل آب و مرکب در آن به کندی به‌دست می‌آید).

ــ سوء عملکردهای مکرر : اثر منفی کرک و پرز پوشش مخملی نوردها به‌ویژه در زمان نوبودن پوشش‌ها

ــ غیریکنواخت‌بودن توزیع محلول رطوبت‌دهی دراکثر مواقع

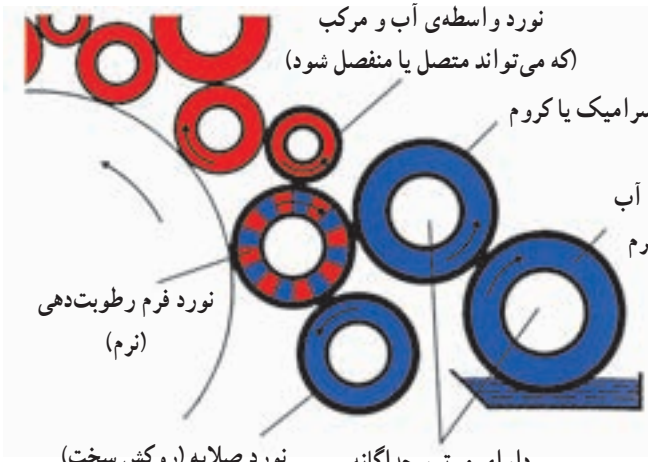
ــ خطر انتقال بیش از اندازه‌ی محلول رطوبت‌دهی

رطوبت‌دهی غیرمستقیم (Indirect Systems): سیستم‌های رطوبت‌دهی با استفاده از نوردهای روی فرم رطوبت، اثر مستقیمی بر روی پلیت چاپی دارند. در مورد سیستم‌های غیرمستقیم، محلول رطوبت‌دهی، از طریق نورد مرکب، روی پلیت گسترده می‌شود (شکل ۱۰ــ۲).

شکل ۱۰ــ۲ــ انتقال محلول رطوبت‌دهنده از طریق نورد مرکب

رطوبت‌دهی پیوسته (Continuous - type Dampening System): سیستم «رطوبت‌دهی پیوسته» بدون نورد ویبراتور کار می‌کند و فاقد پوشش پارچه‌ای، بر روی نوردهاست.

این سیستم‌ها معمولاً به افزودنی‌های الکل و افزودنی‌های محلول رطوبت‌دهی (ماده بافر و افزودنی‌های ضدمیکروب) نیاز دارند (شکل ۱۱ــ۲).



شکل ۱۱ــ۲ــ سیستم رطوبت‌دهی پیوسته

ــ امولسیون محلول رطوبت و مرکب: در فرآیند چاپ افست، لازم است تعادل میزان محلول رطوبت و مرکب رعایت شود. این مفهوم در بین چاپکاران به امولسیون باز می‌گردد و حاکی از آن است که مرکب‌های چاپ، محلول رطوبت‌دهی را جذب می‌کنند تا به حالت پایدار و ثابت خود دست یابند. در مفاهیم فیزیک و شیمی به این پدیده «مخلوط آب و مرکب» می‌گویند.

محلول رطوبت، مرکب را به‌صورت قطرات و یا لایه‌ای سوار بر مرکب دربر می‌گیرد. اگر قطرات محلول رطوبت، بیش از اندازه‌ی مناسب گسترش یابد، فرآیند چاپ افست بلافاصله شکسته می‌شود و مرکب بر روی پلیت منتقل نمی‌شود و یا انتقال کم‌تر صورت می‌پذیرد. به دلیل نازکی لایه‌ی محلول، تفکیک نواحی دارای تصویر و بدون تصویر مدتی به طول نمی‌انجامد و درنتیجه نواحی بدون تصویر هم مرکب می‌گیرند.

این پدیده‌ی منفی زمینه آوردن (Scumming) نام دارد. به همین دلیل همزمان با طراحی واحدهای مرکب‌دهی، سیستم‌های رطوبت‌دهی طراحی شده‌اند که امکان تعویض مسیر و انتشار

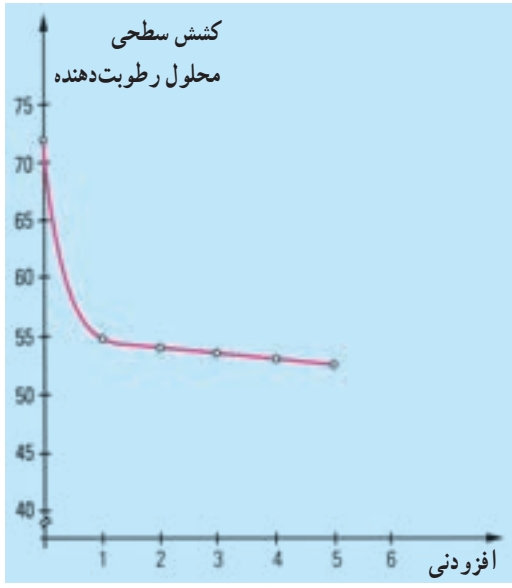
محلول رطوبت را داشته باشند. این عملکرد از طریق نوردهای رابط که می‌توانند درگیر و یا جدا شوند، صورت می‌گیرد. شکل ۱۱ــ۲ کنترل میزان انتقال رطوبت در این سیستم موجب می‌شود از عارضه‌ی منفی بر روی پلیت جلوگیری به‌عمل آید.

ــ محلول رطوبت‌دهی (Dampening Solution): در فرآیند متداول چاپ افست، محلول رطوبت‌دهی برای تفکیک نواحی دارای تصویر به‌کار می‌رود و این به معنای جلوگیری از انتقال مرکب به نواحی بدون تصویر بر روی پلیت است.

عامل عمده‌ی تشکیل‌دهنده محلول رطوبت‌دهی آب است. تجربه نشان می‌دهد که در فرآیند چاپ افست محلول رطوبت‌دهی باید دارای pH به میزان ۵/۵ الی ۴/۸ باشد و آب به‌کاررفته در این محلول باید دارای درجه‌ی سختی بین ۱۲°dH ~ ۸ باشد (یک میلی‌مول بر لیتر برابر یکصد میلی‌گرم کربنات کلسیم میلی‌مول بر لیتر ۲/۱۴ ~ ۱/۴۳ در یک لیتر آب است).

محلول رطوبت‌دهی معمولاً شامل، عامل محافظ پلیت، عامل مرطوب‌کننده، الکل ایزوپروپیل IPA، ماده‌ی بافر و افزودنی‌های ضدمیکروب است.

صمغ عربی برای حفاظت از پلیت به‌کار می‌رود و عامل مرطوب‌کننده و الکل ایزوپروپیل برای کاهش کشش سطحی به‌کار می‌روند. در نمودار ۱ــ۲ تأثیر افزودنی‌ها را در کاهش کشش سطحی محلول رطوبت‌دهی نشان می‌دهد.

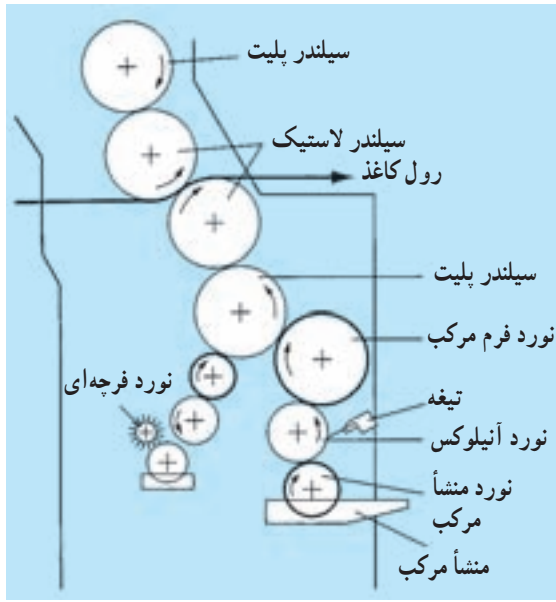


نمودار ۱ــ۲ــ وابستگی کشش سطحی محلول رطوبت‌دهنده با توجه به میزان افزودنی‌ها

عوامل مخلوط‌شده‌ی بافر برای ثبات میزان pH به‌کار می‌رود و افزودنی‌های ضدمیکروب بسیار الزامی‌اند، به ویژه در زمانی که از یک واحد مرکزی سنجش میزان افزودنی، برای چندین ماشین چاپ افست، محلول رطوبت‌دهنده تهیه می‌شود. بدون این افزودنی‌ها مجاری لوله‌ها دراثر رشد میکروب‌ها مسدود خواهد شد.

در محلول‌های رطوبت‌دهنده بدون الکل از محلول جانشین الکل مانند گلیکول، به‌جای الکل ایزوپروپیل استفاده می‌شود.

از سوی دیگر، سنجش میزان محلول رطوبت‌دهنده در واحدهای مرکب‌دهیِ با مسیر کوتاه، حیاتی است، به دلیل آن‌که مازاد محلولی که توسط پلیت چاپی جذب نشده، امکان تبخیر در مسیر کوتاه نداشته و در منشأ مرکب جمع می‌شود (شکل ۱۲ــ۲).

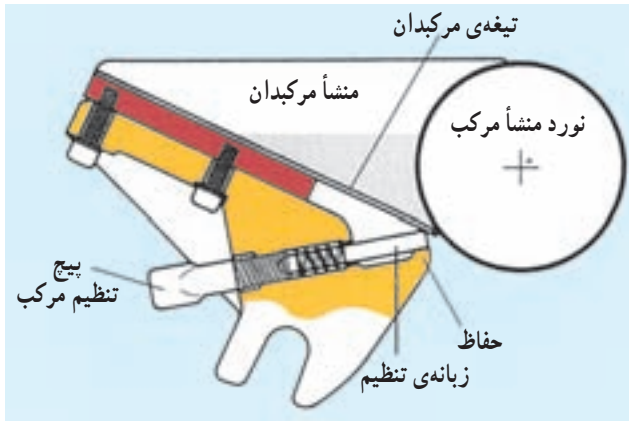


شکل ۱۲ــ۲ــ واحد مرکب‌دهی کوتاه (افست رول چاپ روزنامه)

ــ نوردهای آنیلوکس: نوردهای آنیلوکس هم‌چون سیلندرهای چاپ گراور، سطحی مشبک (سلول) دارند. این سلول‌ها دارای حجم یکسانی هستند. نگهداری این نوردها به منظور جلوگیری از فرسودگی یکی از عوامل مهم بوده و امروزه با به‌کارگیری مواد با آلیاژ عالی‌تر باعث افزایش طول عمر نوردها می‌شوند.

۳ــ۲ــ طراحی مرکبدان‌ها

مرکبدان بخش مهم سیستم انتقال مرکب به دستگاه چاپ است و میزان مرکب‌رسانی به سطح چاپی را کنترل می‌کند. به‌همین دلیل تولیدکننده‌های دستگاه چاپ جهت فراهم‌سازی امکانات کنترل و هماهنگی با نوع سیستم انتقال مرکب دستگاه انواع مختلف مرکبدان را طراحی و استفاده می‌کنند که به چند نوع از آن‌ها اشاره می‌شود (شکل ۱۳ــ۲).



شکل ۱۳ــ۲ــ مرکبدان با تیغه‌ی یکپارچه و پیچ‌های تنظیم مرکب

ــ مرکبدان با تیغه‌ی یکپارچه و پیچ‌های تنظیم مرکب

(Ink Fountain with Continuous Ink Duct Blade and Fountain Screws): واحدهای متداول مرکب‌دهی از نوع نوردی نیاز به سیستم‌های مخصوص تغذیه مرکب و هم‌چنین تجهیزاتی برای محاسبه و سنجش میزان مرکب در مناطق مرکب (شکل ۱۳ــ۲).

تیغه‌ی مرکبدان با انعطاف خود، به‌وسیله پیچ‌های تنظیم‌کننده امکان تنظیم میزان مرکب خروجی را از منشأ مرکبدان فراهم می‌آورد.

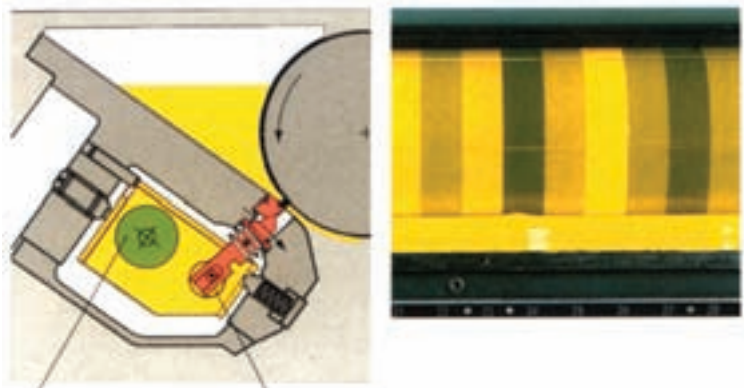
این سیستم تیغه‌ی مرکبدان بدون اثرات حاشیه‌ای مرکب نخواهد بود. تنظیم یک پیچ مرکب ممکن است نه‌تنها بر منطقه‌ی تنظیم‌شده‌ی مرکب مجاور خود اثر داشته باشد، بلکه در تمام سیستم اثر بگذارد. به هر حال کارخانه‌های سازنده ماشین‌های چاپ راهکارهای گوناگونی برای سیستم‌های منطقه‌ای مرکب طراحی و عرضه کرده‌اند.

۱ــ۳ــ۲ــ طراحی مرکبدان با تنظیمات منطقه‌ای

(Ink Fountain Systems with Zonal Adjustment): این سیستم‌ها در انواع متنوعی طراحی

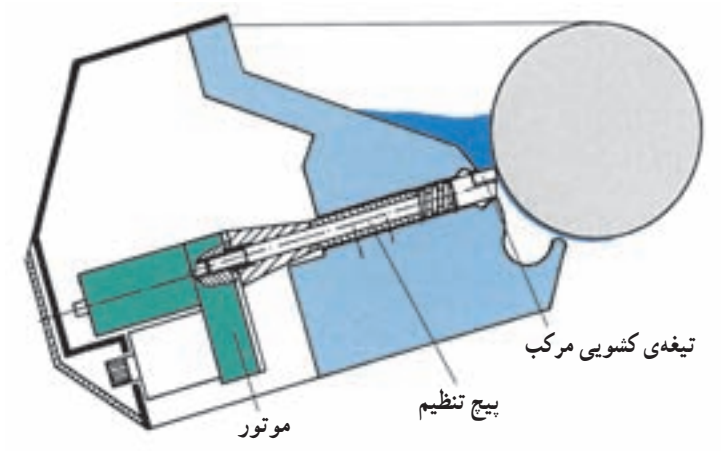
شده‌اند از قبیل سیستم مرکبدان اهرمی، سیستم مرکبدان تیغه کشویی و سیستم مرکبدان تیغه‌ای. در ادامه‌ی فناوری سیستم منطقه‌ای مرکب را به‌طور خلاصه توضیح می‌دهیم :

ــ ***طراحی مرکبدان اهرمی (Metering Lever System):*** در این سیستم میزان جریان مرکب با حرکت اهرم‌های تنظیم‌کننده تعیین می‌شود (شکل ۱۴ــ۲).



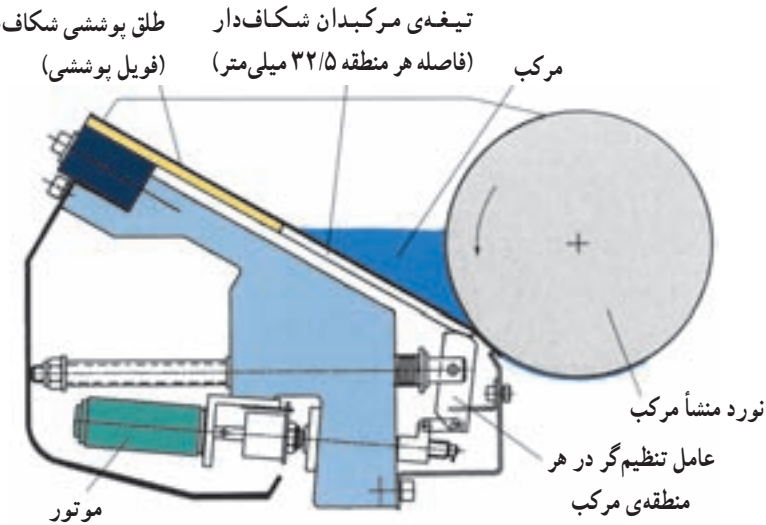
شکل ۱۴ــ۲ــ سیستم مرکبدان اهرمی (کالرترونیک. ک ب ا)

ــ **طراحی مرکبدان تیغه‌ی کشویی (Ink Slide System):** در این سیستم تیغه‌ی تنظیم مرکب با حرکت کشویی به سمت جلو و عقب، میزان عبور مرکب را تنظیم می‌کند (شکل ۱۵ــ۲).



شکل ۱۵ــ۲ــ سیستم مرکبدان تیغه‌ی کشویی (RCI/CCI، مان رولند)

ــ طراحی مرکبدان تیغه‌ای (Ink Knife System): در این سیستم به منظور جلوگیری از اثرات حاشیه‌ای مرکب، تیغه‌ی مرکبدان را توسط لیزر برش می‌دهند. تقسیم تیغه‌ی مرکبدان به تیغه‌های باریک‌تر باعث می‌شود عملکردش مستقل و بدون اثرات حاشیه‌ای باشد (شکل ۱۶ــ۲).

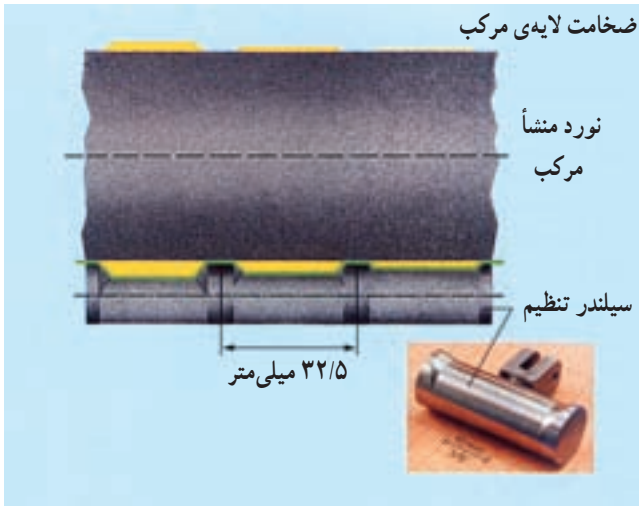


شکل ۱۶ــ۲ــ سیستم مرکبدان تیغه‌ای (CPC/Web، هایدلبرگ)

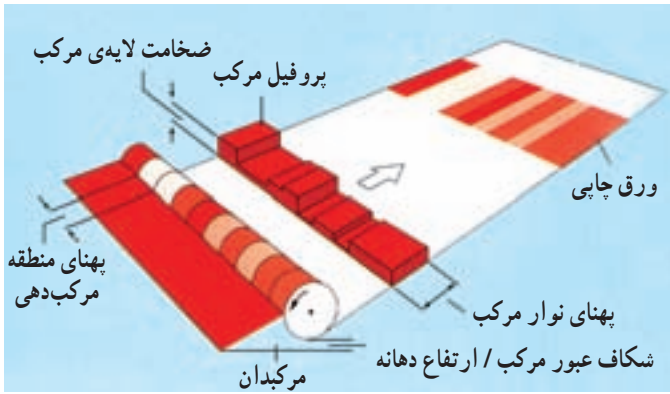
ــ طراحی مرکبدان کنترل مرکزی با تنظیم منطقه‌ای مرکب

(CPC Ink Fountain with Zonal Ink Feed Adjustment): در سیستم‌هایی که به صورت ساختار منطقه‌ای مرکب و با تنظیم از راه دور طراحی شده‌اند، نورد منشأ دارای موتور جداگانه است و با حرکت پیوسته خود شرایط مطلوب تغذیه‌ی مرکب را فراهم می‌آورد. پیچ‌های مرکب نیز با گرفتن فرمان الکترونیکی از سیستم کنترل مرکزی تنظیم می‌شوند. در سیستم‌های کنترل مرکزی، سیلندرهای کوچک تنظیم‌گر مرکب جای‌گزین تیغه‌ی مرکبدان شده است (شکل ۱۷ــ۲).

سیلندرهای تنظیم‌گر دارای یک بخش بادامکی شکل (اکسنتریک) هستند. این سیلندرها با فاصله‌ی خود، نسبت به نورد منشأ، ضخامت لایه‌ی مرکب را در هر منطقه تعیین می‌کنند. در شکل ۱۸ــ۲ نموداری از ضخامت لایه‌ی مرکب را در هر منطقه‌ی مرکبدان نشان داده است.



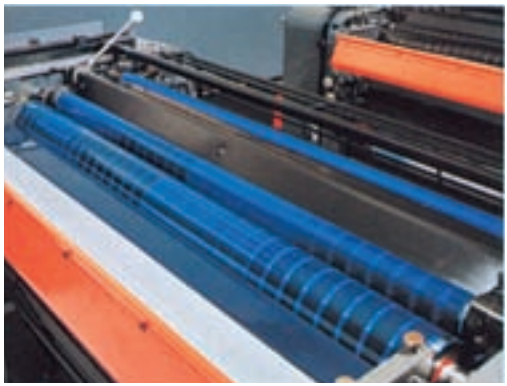
شکل ۱۷ــ۲ــ سیلندرهای تنظیم ضخامت لایه‌ی مرکب

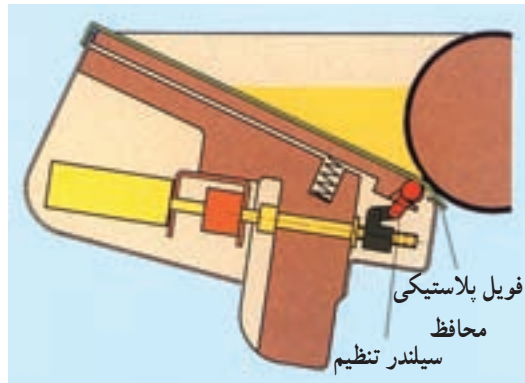


شکل ۱۸ــ۲ــ نمودار تنظیم منطقه‌ای مرکب

در مرحله‌ی انتقال مرکب روی تصویر، از یک سو نواحی عاری از مرکب و فاقد تصویر در اثر تماس کامل سیلندرهای تنظیم‌گر و نورد منشأ به وجود می‌آیند، از سوی دیگر نوردهای صلایه‌ی مرکب با حرکت جانبی خود یک لایه‌ی هموار و یکسان از مرکب را در نواحی دارای تصویر ایجاد می‌کنند.

در این فناوری برای محافظت از مرکبدان از ورقه‌ی فویل پلاستیکی استفاده می‌شود. با جای‌گزینی این فویل در حد فاصل نورد منشأ و سیلندرهای تنظیم‌گر، از ساییده‌شدن آن‌ها جلوگیری می‌شود و عملیات پاک‌سازی مرکبدان نیز تسهیل می‌گردد (شکل ۱۹ــ۲).

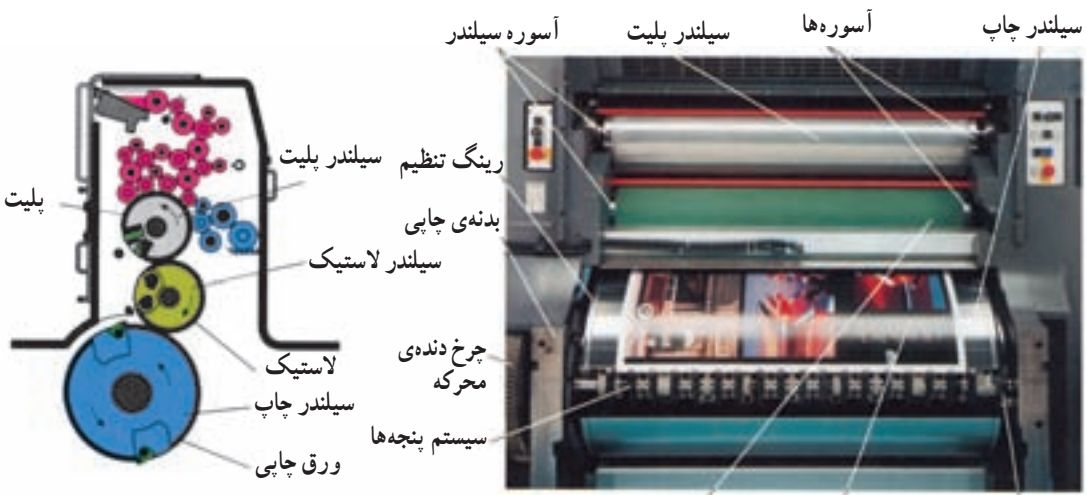




شکل ۱۹ــ۲ــ استفاده از فویل پلاستیکی برای حفاظت و تسریع در عملیات پاک‌سازی مرکبدان

۴ــ۲ــ طراحی واحد چاپ

ساختار واحد چاپ افست در شکل ۲۰ــ۲ نشان داده شده است. این ساختار از نوع واحدی است. واحد چاپ از سه سیستمِ مرکب‌دهی، رطوبت‌دهی و سیلندرهای چاپ تشکیل شده است. سیلندرهای چاپ عبارت‌اند از : سیلندر پلیت، سیلندر لاستیک و سیلندر فشار (چاپ). سیلندر پلیت بر روی محیط سیلندر لاستیک می‌گردد. سیلندر لاستیک نیز، که با سیلندر چاپ در تماس است، پیرامون آن می‌گردد. سیلندر فشار (چاپ) توسط پنجه‌های خود ورق کاغذ را می‌گیرد و انتقال می‌دهد. خط تماس بین سیلندر لاستیک و سیلندر چاپ را خط تماس چاپی (Printing Nip) می‌نامند.



الف ــ آسوره‌ها، چرخ‌دنده محرکه و کنترل پنجه

ب ــ آرایش سیلندرها

شکل ۲۰ــ۲ــ واحد چاپ افست ورقی

ضخامت پلیت چاپی به‌طور میانگین ۰/۳ میلی‌متر است. این پلیت از جنس فلز یا فویل است. پلیت چاپی حامل جزئیات تصویر به دست آمده از رنگ‌های تفکیک شده است. ضخامت لاستیک قابل تعویض حدود ۲ میلی‌متر است. لاستیک سیلندر از مواد قابل ارتجاع و از الیاف ساخته شده است. همان‌طور که در شکل ۲۰ــ۲ دیده می‌شود، سیلندر پلیت دارای دو رینگ (حلقه) است. قطر این رینگ‌ها بزرگ‌تر از قطر سیلندر پلیت است. رینگ‌ها در دو سوی سیلندر تعبیه شده‌اند. سیلندر پلیت دارای فضایی خالی (شکاف سیلندر) است که مکانیزم گیره‌های پلیت در آن قرار دارد. سیلندر لاستیک نیز دارای رینگ‌های مشابه سیلندر پلیت است و برای تعبیه‌ی مکانیزم گیره‌های لاستیک نیز، دارای فضایی خالی است. سیلندر فشار (چاپ) نیز دارای فضایی برای قرارگیری پنجه‌هاست.

۱ــ۴ــ۲ــ حرکت دورانی سیلندرها: برای آن‌که انتقال تصویر کاملاً دقیق و با کیفیت عالی، از پلیت به ورق چاپی، تضمین شود، لازم است هر سه سیلندر در خط تماس چاپی سرعت و محیط یکسانی داشته باشند. حرکت دورانی سیلندرها، به دلیل اصطکاک سطوح سیلندرها، به مقاومت و در نتیجه پس‌زنی آن‌ها منجر می‌شود. گردش دورانی پیوسته‌ی سیلندرها به سادگی به دست نمی‌آید و لازم است تا سیلندرها توسط مجموعه‌ای از چرخ‌دنده‌ها به یکدیگر متصل شوند. واحد چاپ توسط سیلندر چاپ و از طریق نیروی محرکه‌ی چرخ‌دنده‌ها به حرکت درمی‌آید. این نیروی محرکه بایستی واحد مرکب‌دهی را نیز به حرکت درآورد.

۲ــ۴ــ۲ــ کاربرد چرخ‌دنده‌های مورب: حرکت چرخ‌دنده‌ها در برخی موارد باعث بروز مشکلات چاپی می‌شوند (اثر لغزش ناخواسته‌ی دنده‌ها). این مشکل در اثر لغزش اندکی است که در درگیری چرخ‌دنده‌ها ایجاد می‌شود. این امر با سیستم‌های کنترل و فناوری تولید مورد آزمایش و تأیید قرار گرفته است. مهم‌ترین ویژگی در طراحی چرخ‌دنده‌ها، قابلیت تنظیم فاصله‌ی سیلندرهاست. نحوه‌ی تماس‌داشتن و نداشتن سیلندرها در وضعیت‌های کاری ماشین بسیار اهمیت دارد. وقتی ماشینِ هنگام چاپ، نسبت به ضخامت ورق چاپی، تنظیم می‌شود، ناگزیر فاصله‌ی متغیری بین محورهای سیلندرِ لاستیک و سیلندر چاپ خواهیم داشت. در این صورت، برای دست‌یابی به بهترین نتایج، معمولاً از چرخ‌دنده‌های ویژه‌ی مورب (Helical Gear) با عمق زیاد، استفاده می‌شود (شکل ۲۱ــ۲). فناوری به کار رفته در این دنده‌ها باعث می‌شود حتی در کم‌ترین فاصله‌ی محور و نیز بیش‌ترین فاصله‌ی آن، دنده‌ها به خوبی درگیر باشند. عمق دنده‌ی این چرخ‌دنده‌ها و حرکت کاملاً همزمان سیلندرها، درگیری و حرکت چرخ‌دنده‌ی مورب را کامل می‌کند.

شکل ۲۱ــ۲ــ چرخ‌دنده‌های ویژه‌ی مورب (Helical Gear) با عمق زیاد

۳ــ۴ــ۲ــ فشار چاپ: برای انتقال مناسب مرکب، از پلیت به لاستیک و از لاستیک به ورق چاپی، فشار متناسبی بین سیلندرها لازم است. از سوی دیگر، سرعت گردش همزمان آن‌ها نیز اهمیت زیادی دارد.

تنظیم فشار سیلندر پلیت و سیلندر لاستیک با حرکت محوری سیلندر لاستیک، در فاصله‌ای که به این منظور در نظر گرفته شده است، صورت می‌گیرد. پلیت یا لاستیک‌ها زیرلایه‌هایی دارند. به کمک این زیر لایه‌ها می‌توان قطر سیلندر لاستیک را به میزان ۰/۱۵ــ ۰/۰۵ میلی‌متر تغییر داد.

تنظیم فشار چاپ بین سیلندر لاستیک و سیلندر چاپ هم به تناسب ضخامت و نوع ورق چاپی صورت می‌گیرد. حرکت چرخ دنده‌ها باعث لغزش بین سطوح سیلندرها می‌شود. این لغزش به معنای آن است که علاوه بر تغییر شکل شعاعی لاستیک در ناحیه‌ی فشار، سیلندرها متحمل تغییر شکل مماسی نیز می‌شوند. این لغزش‌ها موجب می‌شود شکل لاستیک تغییر یابد و در لبه‌ی کار لاستیک (نقطه‌ی آغاز تماس پس از فاصله‌ی گیره‌های لاستیک) فرسودگی زودرس ایجاد شود. هم‌چنین، در زمانی که سیلندرها مجدداً درگیر می‌شوند، این رخداد را خواهیم داشت. این نوسان بین حالت صفر و حداکثر فشار تماس ، «شوک شکاف سیلندر» (Cylinder Gap Shock) نامیده می‌شود.

۴ــ۴ــ۲ــ طراحی آسوره‌های سیلندر: برای به حداقل رساندن ارتعاش سیلندرها رینگ‌های حاملی در دو طرف سیلندرها تعبیه شده‌اند. این رینگ‌ها را آسوره‌های سیلندر (Cylinder Bearers) می‌نامند. جنس آسوره‌ها از فولاد سخت است. آسوره‌های دو سیلندر تقریباً هم‌قطر و حرکت آن‌ها با چرخ‌دنده‌های محرک سیلندرها هم‌گام است. این چرخ‌دنده‌ها تحت فشار اولیه‌ی زیادی بر روی یکدیگر می‌گردند. به طور مثال، تنش اولیه‌ی آسوره‌های سیلندر ماشین چاپ با اندازه‌ی چاپی ۷۰×۱۰۰ سانتی‌متر، حدود ۱۵۰۰۰ نیوتن است. وظیفه‌ی اساسی آسوره‌های سیلندر جلوگیری از ارتعاشاتی چرخشی است که به طور معمول بین سیلندر و چرخ‌دنده به وجود می‌آید.

علاوه بر آن، ثبات حرکتی سیلندرها توسط آسوره‌های سیلندر افزایش می‌یابد. از سوی دیگر فضای خالی (شکاف) سیلندرها باعث می‌شود تا هنگام حرکت دورانی سیلندرها روی یکدیگر (به علت شکاف سیلندرها) صدای طنین داری را ایجاد کند. آسوره‌های سیلندر این صدا را کاهش می‌دهند و آن را به حد قابل قبول می‌رسانند. هم‌چنین، با آن‌که فشار و تنش بین سیلندرها باعث اصطکاک حرکتی و پس رفت آن می‌شود، ولیکن این تنش به منظور درگیر ماندن چرخ‌دنده‌ها کاملاً ضروری است. از این‌رو قطر آسوره‌ی سیلندر پلیت را از قطر آسوره‌ی سیلندر لاستیک، اندکی کم‌تر در نظر می‌گیرند تا سبب شود، در راستای حرکت دورانی سیلندرها، تنش لازم برای درگیری چرخ‌دنده‌ها ثابت بماند.

۵ــ۴ــ۲ــ نصب سیلندرها: برای دست‌یابی به عملکرد مناسب سیلندرهای پلیت، لاستیک و چاپ، ارتباط منطقی آن‌ها با یکدیگر کاملاً ضروری است. با توجه به این که در اثر حرکت دورانی سیلندر اندکی ارتعاش به وجود می‌آید، لازم است سیلندرها به گونه‌ای بر روی یکدیگر نصب شوند که کم‌ترین نوسان را داشته باشند. از این‌رو نحوه‌ی ساختار طراحی آسوره‌ها و بدنه‌ی واحد چاپ بسیار مهم است. مجموعه‌ی آسوره‌های سه سیلندر هم برای ایجاد نیروی محرکه‌ی زیاد لازم است سازگار باشند. ضمن آن‌که، برای انتقال دقیق مرکب، سیلندرها نیز باید بسیار سخت و محکم باشند و افت گردشی (پس رفت) نداشته باشند.

۶ــ۴ــ۲ــ طراحی بدنه‌ی ماشین: سیلندرها با آسوره‌هایشان بین دو بدنه‌ی جانبی، که از موادی با کیفیت بسیار بالا ریخته‌گری شده‌اند، کاملاً حمایت می‌شوند. از آن‌جایی‌که موازنه‌ی دقیق سیلندرها بسیار حیاتی است، هنگام ساخت، برای قرارگیری دقیق آسوره‌ها بدنه‌های جانبی توسط دستگاه‌های ویژه، به صورت زوجی مخصوص سوراخ‌کاری می‌شوند. واحد چاپ لازم است در برابر ارتعاش و پیچش ساختاری بسیار مقاوم داشته باشد. از این‌رو طراحی و ساخت آن به صورت

شکل ۲۲ــ۲ــ طراحی بدنه‌ی اصلی روی شاسی دستگاه

جعبه‌ای شکل است. این چارچوب، مقاومت دیواره‌ها را افزایش می‌دهد. در برخی از طراحی‌ها، بدنه‌ی اصلی بر روی شاسی دستگاه قرار می‌گیرد و اتصالات عرضی دو دیواره را همانند بدنه‌ی اصلی تقویت می‌کند (شکل ۲۲ــ۲).

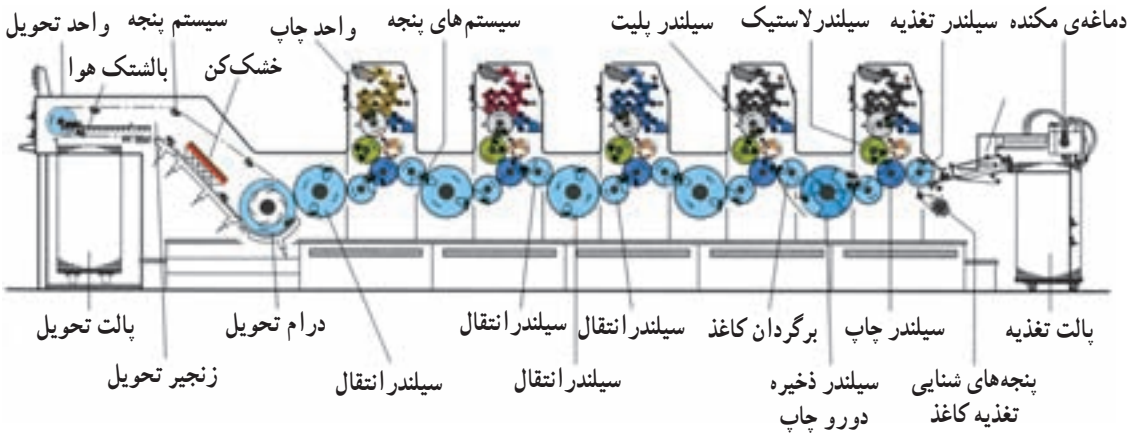
بدنه‌ی ماشین علاوه بر حمایت سیلندرها، وظیفه‌ی جذب نیروها و گشتاورهایی را دارد که در حین کار واحد چاپ به وجود می‌آیند. به طور مثال، سیستم پنجه‌ها توسط غلتک‌های حمایت‌کننده و لنگ‌های دوار، که بر روی پنجه‌ها تعبیه شده‌اند عمل می‌کنند. این تجهیزات به بدنه‌ی ماشین چاپ محکم متصل شده‌اند و باز و بسته شدن پنجه‌ها را نسبت به زاویه‌ی گردش سیلندر چاپ کنترل می‌کنند. شکل ۲۳ــ۲ سیستم پنجه‌ی سیلندر فشار (چاپ) و اجزای پنجه را نشان می‌دهد.

شکل ۲۳ــ۲ــ سیستم پنجه سیلندر فشار (چاپ) و اجزای تشکیل‌دهنده‌ی آن

۷ــ۴ــ۲ــ روغنکاری: در واحد چاپ اجزای بسیاری وجود دارند، که پیوسته یکی بعد از دیگری حرکت می‌کنند. از این‌رو به روغنکاری نیاز دارند تا عمرشان طولانی و با ثبات گردد. یاتاقان‌ها و چرخ‌دنده‌ها، به ویژه، از مواردی است که باید به خوبی گریس‌کاری شوند. از جهت فنی، روغنکاری بسیار مفید است. هر چند، نشتِ روغن می‌تواند مشکل آفرین باشد. در ماشین‌های چاپ کوچک و متوسط از گریس مایع نیز استفاده می‌شود. وقتی روغنکاری مد نظر باشد، عواملی چون سازگاری آن‌ها با حلّال‌های متفاوت، تأثیر آن‌ها بر فلزات غیرآهنی و پلاستیک‌ها و دوام آن‌ها نیز باید لحاظ شود. در زمانی‌که از گریس‌کاری مرکزی استفاده می‌شود، کیفیت روانی آن نیز نقش مهمی را ایفا می‌کند.

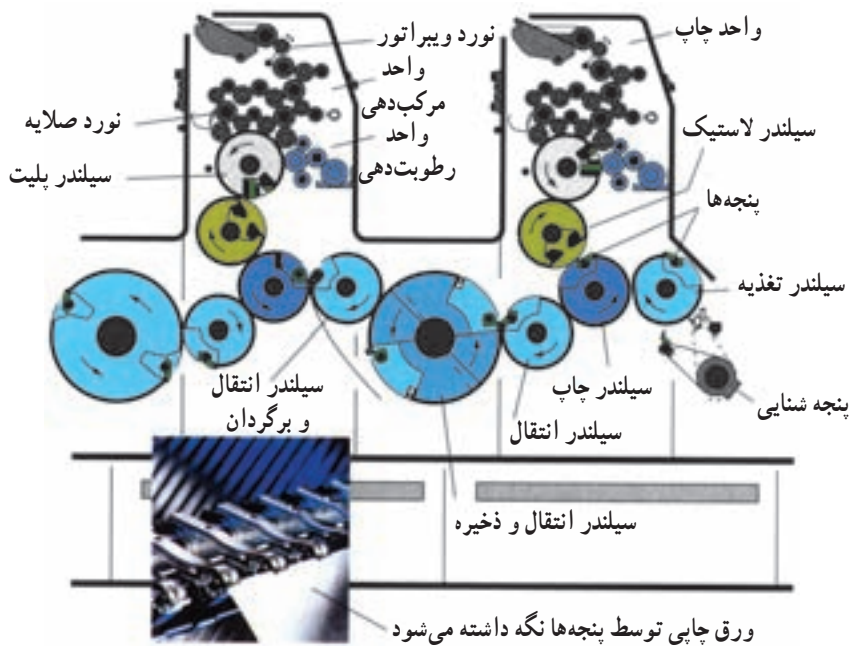
۵ــ۲ــ فناوری انتقال کاغذ (Paper Travel)

برای انتقال سالم و بدون آسیب ورق چاپی، تجهیزات متعدّدی به کار گرفته می‌شوند تا هدایت و انتقال کاغذ به خوبی صورت پذیرد. از این‌رو وجود سیستم‌های انتقال بسیار دقیق، اجزای هدایت‌گر، نظارت و بازرسی در امر تصحیح خطاهای ورود و عبور کاغذ در مسیر (تغذیه، واحدهای چاپ و در نهایت قسمت تحویل) بسیار الزامی است (شکل ۲۴ــ۲).



شکل ۲۴ــ۲ــ مسیر انتقال ورق چاپی

در واحد تغذیه، هر ورق کاغذ توسط نیروی مکش و اصطکاک حمل می‌شود. هر ورق قبل از آن‌که وارد واحد چاپ شود به نحو بسیار دقیقی تنظیم و به عبارتی سنجاق و نشان می‌شود. برای این منظور باید از سرعت حرکت کاغذ بکاهیم تا کاغذ از پهلو و جلو کنترل شود. در این صورت ورق کاغذ در حالتی کاملاً ایستا و ساکن، «تعیین راستا» می‌شود (شکل ۲۵ــ۲).



شکل ۲۵ــ۲ــ انتقال کاغذ به واحدهای چاپ

سپس توسط پنجه‌های انتقال (تعبیه شده بر روی سیلندر واسطه) شتاب می‌یابد و سرعت آن با سرعت تولید هماهنگ می‌شود.

در ماشین‌های چاپ با اندازه‌ی ۷۰×۱۰۰ سانتی‌متر، که معمولاً سرعتی معادل ۱۸۰۰۰ یا ۱۵۰۰۰ ورق در ساعت دارند، ورق چاپی سرعتی بیش از ۳/۵ متر در ثانیه پیدا می‌کند. سرعت بخشیدن به حرکت آرام ورق، از واحد تغذیه به واحد چاپ و هماهنگی آن با سرعت تولید، از جابه‌جایی و چرخش مؤثر و مناسب سیلندر واسطه‌ی تغذیه و سیستم‌های پنجه شناور به دست می‌آید.

۱ــ۵ــ۲ــ انتقال به واحد چاپ: در واحدهای چاپ ورق تغذیه شده به سیلندر چاپ منتقل می‌شود و سیستم‌های پنجه‌ی سیلندر (شکل ۲۴ــ۲) (تعبیه شده بر روی سیلندر چاپ)، ضمن حفظ کاغذ و حرکت دورانی سیلندر به دور خود، باعث می‌شود کاغذ از میان دو سیلندر لاستیک و چاپ شده عبور کند و تصویر بر روی کاغذ منتقل گردد. سپس انتقال به سیلندر واسطه بین دو واحدِ چاپ انجام می‌گیرد و ورق چاپی به واحد چاپی بعدی منتقل می‌گردد و یا در ماشین‌های تک رنگ به واحد تحویل هدایت می‌شود.

ــ ***فشار چاپ:*** برای فرآیند چاپ و انتقال مرکب بر روی ورق، لازم است فشاری بین سیلندر لاستیک و چاپ وجود داشته باشد. این فشار نسبت به ساختار سطح چاپی و ضخامت آن تعیین و اعمال می‌شود. این مورد، معمولاً با تنظیمات مناسب سیلندر لاستیک با سیلندر چاپ صورت می‌گیرد، به نحوی که اثری بر فشار تماس سیلندر و پلیت و لاستیک نگذارد.

ــ ***تأثیر مرکب:*** مرکب‌های افست حالتی سفت و خمیری و بسیار غلیظ دارند و در نتیجه چسبناک‌اند و این در صورتی است که کاغذ تازه چاپ شده نباید در تماس با لاستیک بچسبد، (وگرنه باعث جداشدن لایه‌ی سطحی کاغذ، ایجاد کندگیِ کار چاپی و یا پارگی آن می‌شود). بدین منظور پنجه‌ها با نیروی کششی مؤثر خود، ورق چاپ شده را از لاستیک جدا می‌سازد و هدایت می‌کند. بنابراین نیروی گیرایش پنجه‌ها و حفظ و کنترل لبه‌ی کاغذ درگیر پنجه‌ها بسیار مهم است. در عین حال این نیروی پنجه نباید بر روی کاغذ اثر بگذارد و به آن آسیب برساند.

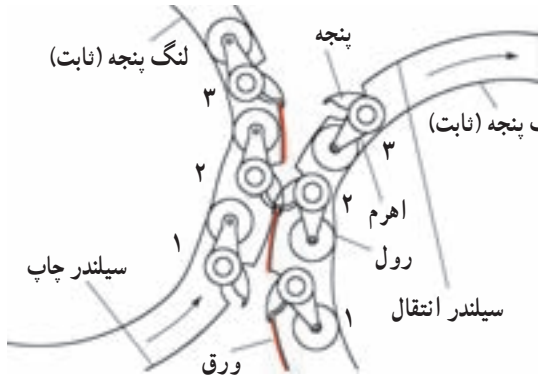
۲ــ۵ــ۲ــ انتقال به سیلندرها: انتقال ورق از سیلندری به سیلندر دیگر و از سیستم پنجه به پنجه‌ی دیگر، در صورتی به انجام می‌رسد که گردش کامل هر سیلندر به پایان رسیده باشد. زمان تبادل ورق از پنجه‌ای به پنجه‌ی دیگر در محدوده‌ی زاویه‌ای نزدیک به صفر و در مقطع کوتاهی صورت می‌گیرد. در این حالت در فاصله‌ای بسیار کوتاه دو سری پنجه از دو سیلندر تبادل‌کننده‌ی کاغذ، به طور همزمان، لبه‌ی کاغذ را می‌گیرند.

ــ ***فناوری حرکت همزمان:*** اگر این حرکت همزمان به طول انجامد، کاغذ توسط لبه‌های پنجه دچار پارگی می‌شود. حرکت مکانیکی باز و بسته‌شدن پنجه‌ها، که توسط لنگ‌ها کنترل می‌شوند، عهده‌دار این وظیفه‌اند و این امر مستلزم تنظیمی بسیار دقیق و هماهنگ با حرکت سیلندرهاست. این چرخه‌ی حرکتی بستگی کامل به نوع طراحی پنجه‌ها و نحوه‌ی کنترل عملیات آن دارد. مراحل حرکت پنجه‌ها و موقعیت لبه‌ی کاغذ در شکل ۲۶ــ۲ به نمایش درآمده است.

مرحله‌ی اول: پنجه‌ی سیلندر چاپ به سمت داخل حرکت می‌کند.

مرحله‌ی دوم: با حرکت همزمان، دو سیستم پنجه‌ها بسته هستند.

مرحله‌ی سوم: ورق توسط سیلندر چاپ تحویل گرفته می‌شود.



شکل ۲۶ــ۲ــ مراحل مختلف کنترل پنجه تا انتقال ورق

ــ ***آسیب‌پذیری ورق چاپ شده:*** هنگام انتقال ورق چاپی توسط «سیلندر انتقال» بین واحدهای چاپ، ورق چاپی‌ای که دارای مرکب تازه است، با سطح سیلندر انتقال تماس مستقیم می‌یابد و این در حالی است که هنوز مرکب به خوبی خشک نشده و ممکن است مرکب تازه بر روی سطح «سیلندرِ انتقال» منتقل شود. این مرکب به جا مانده موجب می‌شود ورق‌های چاپیِ بعدی آسیب ببینند و خدشه‌دار شوند.

ــ ***جلوگیری از آسیب‌پذیری:*** یک روش ساده برای جلوگیری از آسیب‌پذیری کار چاپی، استفاده از میل ستاره‌هاست. در این روش، میل ستاره‌ها جای‌گزین سطح بسته‌ی سیلندر می‌شود و نقاط تماس کار چاپی با سطح سیلندر، توسط ستاره‌ها دور نگه‌داشته می‌شوند. در این حالت ستاره‌ها در نوارهای بدون تصویر کار چاپی تنظیم می‌شوند تا بر روی آن خط نیندازند.

به هر حال، در این روش نیز تعویض پیاپیِ موقعیت ستاره‌ها نسبت به کار چاپی، کاری خسته‌کننده و وقت‌گیر خواهد بود. در بعضی موارد تصویر چاپی جایی بدون تصویر را برای تنظیم موقعیت ستاره‌ها ندارد و نیز ممکن است برای کارهای حساس، بر روی کار چاپی خط بیفتد.

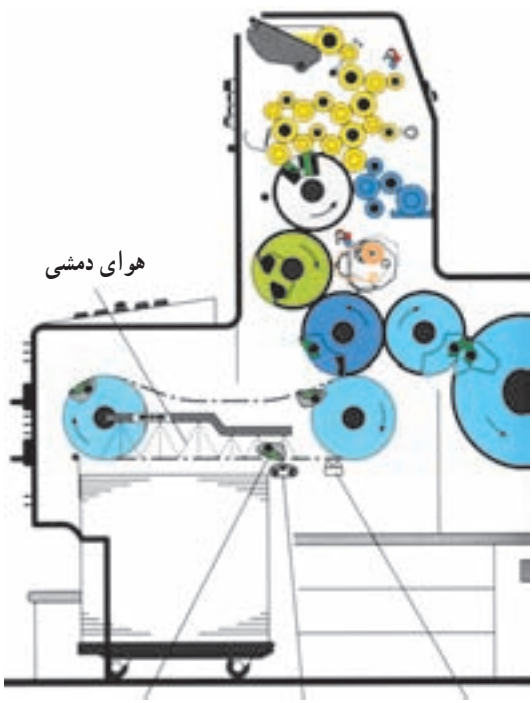
راهکارهای دیگری نیز برای این منظور فراهم شده است. در این روش با استفاده از ساختار اختصاصی سطح سیلندرهای انتقال، نقاط تماس را به حداقل می‌رسانند و یا از روکش‌های اختصاصی و قابل تعویضی که دارای سطحی غیر چسبنده‌اند، بهره می‌گیرند.

۳ــ۵ــ۲ــ انتقال به واحد چاپ دیگر: ورق انتقال یافته از یک واحد چاپ به واحد چاپ دیگر، باید دارای راستایی کاملاً یکسان باشد تا کیفیت بالای چاپی (تقریباً با دقتی معادل ۰/۰۱ میلی‌متر) را داشته باشد.

این نیاز به انتقال ورق چاپی در کنار سرعت‌های بالای تولید، از الزامات قابل توجه در نحوه‌ی حرکت ماشین‌ها و همزمانی عملکرد کلیه‌ی واحدهای چاپی است.

۴ــ۵ــ۲ــ انتقال به پالت تحویل: قبل از آن‌که ورق چاپی در پالت تحویل دسته شود (شکل‌های ۲۴ــ۲ و ۲۵ــ۲) و بعد از آن‌که آخرین واحد چاپ را ترک کند (شکل ۲۷ــ۲)، تجهیزات متعددی برای اکثر ماشین‌های چاپ پیش‌بینی شده است تا عملیات تکمیلی ؛ مانند ورنی‌زنی، خشک‌کردن کار چاپی و یا، در ساده‌ترین حالت، پودرپاشی و تاب‌گیری ورق چاپی را به عهده گیرند (شکل ۲۷ــ۲).

ــ سیستم‌های پنجه زنجیر: در مسیر آخرین «سیلندر چاپ» به «پالت تحویل»، ورق‌ها با سرعتی که در حال چاپ‌اند به سیستم‌های پنجه‌ی زنجیر منتقل می‌شوند تا در پالت تحویل



شکل ۲۷ــ۲ــ تحویل زنجیری برای واحد تحویل استاندارد

دسته‌سازی شوند. در این حالت قطعاً لازم است از سرعت حرکت ورق‌ها کاسته شود تا به آرامی به حالت ایستایی برسد و بر روی پالت بنشیند. در این قسمت، ورق بر روی بالشتکی از هوای فشرده شناور می‌شود و در نقطه‌ی انتهایی نیز توسط ترمزهای کاغذ و مکشِ انتهایِ ورق چاپی، سرعت و شتاب کاغذ گرفته می‌شود (شکل ۲۷ــ۲).

از دیگر عملیات در این قسمت، خشک‌کردن مرکب توسط خشک‌کن‌های مختلف و پودرپاشی آن به منظور جلوگیری از عارضه‌ی «پشت‌زدن» است که در قسمت تحویل صورت می‌گیرد (شکل ۲۸ــ۲).

شکل ۲۸ــ۲ــ اجزای ماشین چاپ پس از واحد چاپ

۶ــ۲ــ فناوری چاپ فلکسوگرافی

چاپ فلکسوگرافی، از فناوری چاپ برجسته بهره می‌گیرد. این روش چاپی به ویژه در چاپ بسته‌بندی، لیبل و روزنامه پیشرفت قابل توجهی داشته است. ویژگی اصلی چاپ فلکسو استفاده از فرم‌های چاپی منعطف است. این فرم‌ها نرم و قادر به تغذیه‌ی مرکب خاصی‌اند. استفاده از فرم‌های چاپی نرم و منعطف و هم‌چنین مرکب مناسب (ویسکوزیته پایین)، این امکان را می‌دهد که چاپ بر روی طیف وسیعی از سطوح چاپی جاذب یا غیرجاذب انجام گیرد. البته لازم است فرم‌های چاپی لاستیکی یا پلاستیکی فلکسو روی سیلندر پلیت چسبانده شوند.

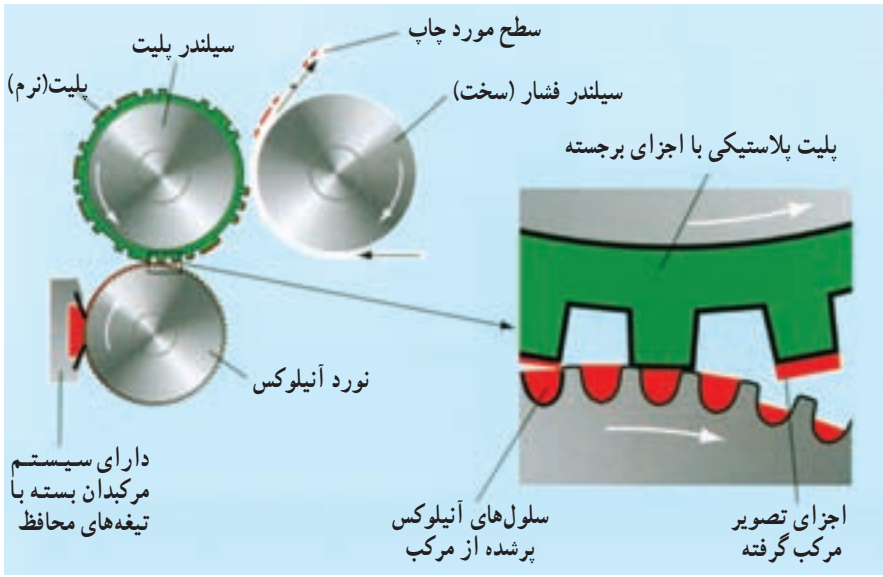
در این روش چاپ، فقط فشار اندکی لازم است تا بر اثر آن مرکب از روی پلیت بر روی کاغذ منتقل شود. در عین حال، این فشار ناچیز، باید تا حد ممکن به درستی روی تمام محل‌های چاپ شونده و در حال گذر اعمال شود. با این فشار نیروی گریز از مرکز در سیلندر و انحراف محور بیش‌تر جبران می‌شود.

حتی یک فشار کم برای پلیت‌های نرم و منعطف این روشِ چاپی کافی است تا یک چاپ خوب را برای ما به ارمغان آورد. این چاپ می‌تواند روی کارتن لایه‌دار نیز اعمال شود، بدون آن‌که آسیبی به آن برساند.

این نکته حائز اهمیت است که تغییر شکل یا دفرمه‌شدن پلیت فلکسو، به ویژه در مناطق روشن تصویر، می‌تواند به چاقی قابل ملاحظه‌ی ترام و دفرمه‌شدن اجزای تصویر منجر شود.

امروزه برای کارهای چاپیِ با کیفیت بالا، به ویژه در چاپ بسته‌بندی، از پلیت‌های فتوپلیمری استفاده می‌شود. این نوع پلیت‌ها دقت را تا ۶۰ خط بر سانتی‌متر افزایش می‌دهند.

۱ــ۶ــ۲ــ مرکب چاپ: مرکب با ویسکوزیته‌ی پایین توسط یک نورد مشبک دارای سلول (Cell) به نام نورد آنیلوکس (Anilox Roller) به فرم چاپی منتقل می‌شود. دقت این نورد ۶۰۰ــ۲۰۰ خط بر سانتی‌متر و سطح آن از جنس سرامیک یا فلز کروم سخت است. سلول‌های نورد آنیلوکس باعث انتقال مقادیر کنترل شده و یک‌نواخت مرکب می‌شود. استفاده از تیغه‌ی داکتر (Doctor Blade) بر روی نورد آنیلوکس، باعث می‌شود مرکب اضافه به روی نورد منتقل نشود (شکل ۲۹ــ۲).



شکل ۲۹ــ ۲

در حال حاضر کاربرد این شیوه‌ی چاپی رو به رشد است. مهم‌ترین دلایل کاربرد رو به رشد ماشین‌های فلکسوگرافی عبارت‌اند از :

الف) کاربری نسبتاً آسان

ب) سازگاری مناسب این شیوه با مرکب‌های پایه‌ی آب

استفاده از این مرکب‌های پایه‌ی آب موجب می‌شود مقادیر ذرات ارگانیک فرار (VOC) به‌طور چشم‌گیری کاهش یابند. این ذرات، آلاینده‌ی محیط زیست‌اند.

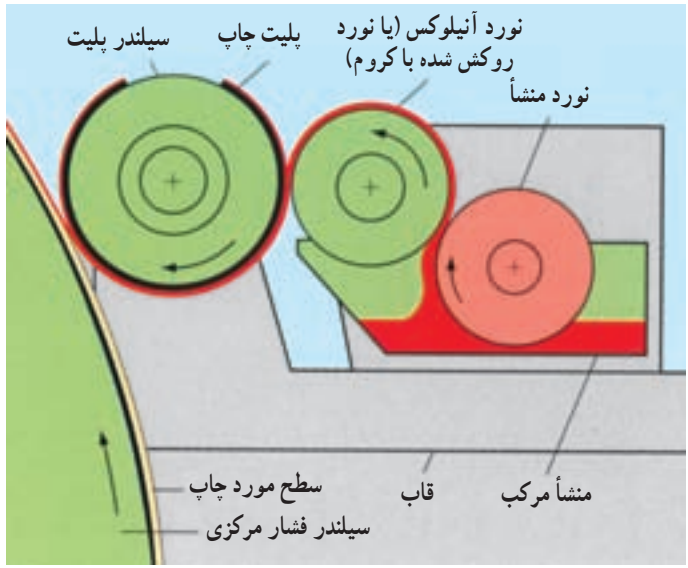
۲ــ۶ــ۲ــ سطح چاپی: فلکسوگرافی تنها روش چاپی‌ای است که چاپ با آن بر روی لفاف‌های بسیار نازک و منعطف عملی است. هم‌چنین با آن، بر روی تمام کاغذها، مقواهای کلفت، مواد بسته‌بندی با سطح زبر و انواع پارچه‌ها می‌توان چاپ کرد.

۳ــ۶ــ۲ــ کیفیت چاپ: کیفیت چاپی این روش، در قیاس با روش چاپ افست، پایین‌تر است. دقت تصویر چاپ شده در چاپ فلکسوگرافی، ۴۸ خط بر سانتی‌متر (معادل ۱۲۰ خط بر اینچ) است، که در مقایسه با روش چاپ افست، با حد استاندارد ۱۲۰ــ۶۰ خط بر سانتی‌متر (معادل ۳۰۰ــ۱۵۰ خط بر اینچ) اندکی کم‌تر است. کاربرد فناوری از کامپیوتر به پلیت عامل مهمی در بهبود کیفیت پلیت‌های فلکسو بوده است. استفاده از این نوع پلیت‌ها دقت را تا ۳۰۰ــ۱۵۰ خط بر اینچ افزایش داده است.

۴ــ۶ــ۲ــ واحدهای چاپ: واحدهای چاپ به طور معمول شاملِ واحد مرکب‌دهی، سیلندر چاپ و سیلندر فشار است (شکل ۲۹ــ۲). در حال حاضر از دو نوع فناوریِ متفاوت واحد مرکب‌دهی استفاده می‌شود :

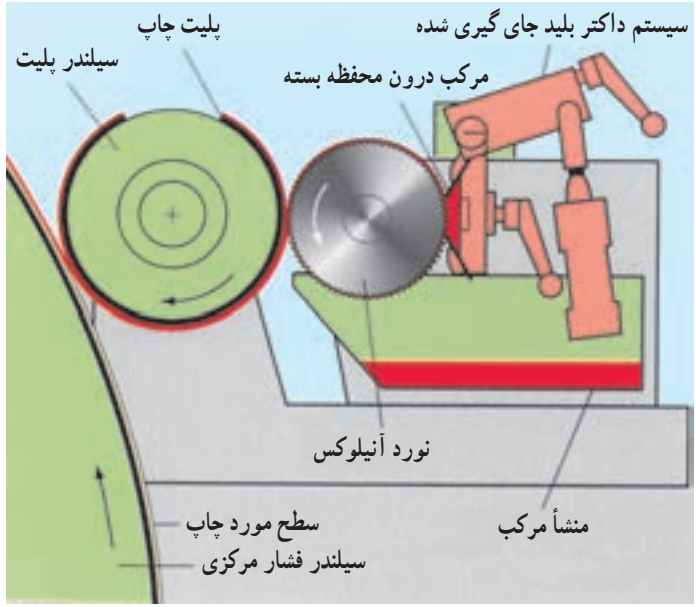
ــ ***سیستم نورد منشأ (Fountain Roller System):*** در این سیستم میزان مرکب توسط تماس نورد آنیلوکس با نورد غوطه‌ور، در منشأ مرکب اندازه‌گیری و تأمین می‌شود (شکل ۳۰ــ۲).

واحد مرکب‌دهی نورد منشأ (واحد مرکب‌دهی سه نوردی) سیستمی ساده و کم‌هزینه است، اگر چه این سیستم، امروزه به ندرت در ماشین‌های چاپ جدید استفاده می‌شود. اندازه‌گیری درست مرکب در این سیستم تنها برای حیطه‌ی محدودی ممکن است. زیرا اگر هنگام تولید طولانی مدت، بیش از اندازه مرکب ارسال شود، توده‌ای از آن در فضاهای خالی بین نقاط تصویریِ روی فرم چاپ جمع می‌شود. اگر مرکب خیلی کم ارسال شود، دیگر نمی‌توان مطمئن بود که فرم چاپ به طور کامل مرکب بگیرد. در این صورت تصویر چاپی دچار ایراد می‌شود. در چاپ افست، از این فناوری به تناوب در واحدهای ورنی برای ورنی‌زنی تمام سطح و موضعی، با استفاده از پلیت‌های فلکسوگرافی استفاده می‌شود.



شکل ۳۰ــ۲

ــ ***واحد مرکب‌دهی داکتر بلید:*** این واحد به نورد آنیلوکس و تیغه مجهز است. سیستم چمبر داکتر بلید نوع پیشرفته این سیستم است (شکل ۳۱ــ۲).



شکل ۳۱ــ۲

با افزایش اهمیت چاپ‌هافتن و نیاز فزاینده به کیفیت چاپ، سیستم‌های مرکب‌دهی ارتقا می‌یابند و مورد نیاز واقع می‌شوند. واحدهای مرکب‌دهی با نورد آنیلوکس و سیستم‌های محفظه‌ی بسته چمبر داکتر بلید، امروزه از ترکیبات استاندارد کلیه‌ی ماشین‌های چاپ با کیفیت بالاست.

۵ــ۶ــ۲ــ فناوری نورد آنیلوکس: در سال ۱۹۳۸ م. «داگلاس تاتل» و «جووینر» از کشور آمریکا درخواست کردند «نورد» آنان به نام Anilox Roller به ثبت برسد.

این دو، در بزرگ‌ترین کمپانی بین‌المللی مرکب‌سازی، که مرکب‌های هلیوگراور، افست، لترپرس و فلکسو (ANILINE) را تولید می‌کرد، مشغول به کار بودند. هر دو نفر مدت‌ها درباره‌ی انتقال مرکب به وسیله‌ی سیلندر حکاکی شده‌ی هلیوگراور و چگونگی سهولت چاپ در آن، بحث و گفت‌وگو می‌کردند.

برای انجام این کار سیلندری را آب مس دادند و به وسیله‌ی عمل مکانیکی ترام‌های کنترل شده را از نظر شکل و اندازه بر روی سیلندر حکاکی نمودند. سپس برای استحکام بهتر و دوام بیش‌تر دیواره‌ی ترام‌ها، آن‌را درون وان کروم قرار دادند و به وسیله‌ی جریان برق به آبکاری سیلندر اقدام کردند و پس از تست سیلندر دریافتند که عمل انتقال مرکب به راحتی و سهولت بیش‌تری انجام می‌گیرد. ضمن این که با این روش می‌توانستند بسیاری از کنترل‌های لازم را بر روی مرکب انجام بدهند.

در نهایت آن‌را نورد آنیلوکس نام‌گذاری کردند. این فناوری عملاً در سال ۱۹۳۹ م. به بازار عرضه شد و هم اکنون می‌توان آن‌را قلب سیستم چاپ فلکسوگرافی نام نهاد. بعدها (در سال ۱۹۷۰) صنعت‌گران رول و چاپ فلکسو به وجود پودری به نام سرامیک و کاربرد آن در این صنعت پی بردند و طی پروژه‌ای آن‌را تا ۹۰۰۰ درجه فارنهایت حرارت دادند تا به صورت اسپری درآید و در این حالت سرامیک را بر روی سیلندر حکاکی شده اسپری می‌کردند.

طی پژوهش‌های علمی و عملی‌ای که در طول این سال‌ها انجام گرفت، به وضوح پذیرفته شد که :

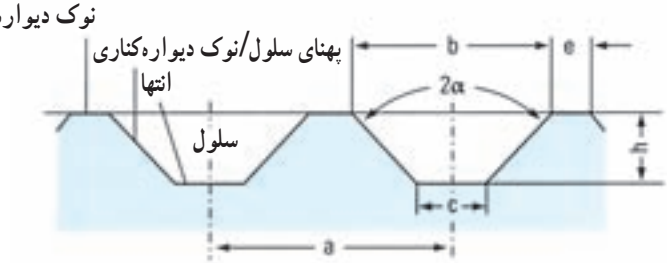
سیلندرهای سرامیکی دارای استحکام بیش‌تری در دیواره سلول‌ها دارند و مدت عمری تا ۱۰ برابر بیش‌تر از سیلندرهای با پوش کُرومی خواهند داشت. هم‌چنین در مقایسه‌ی این دو سیلندر، با در نظر گرفتن سلول‌های هم شکل و هم اندازه مشاهده شده است که در سیلندرهای سرامیکی، مرکب بیش‌تری به پلیت انتقال می‌یابد. ضمن این‌که با استفاده از سیلندر سرامیکی، سرعت ماشین را به راحتی می‌توان افزایش داد.

امروزه سیلندرهای سرامیکی به جهت داشتن حساسیت و دقت بالا و بهتر، به وسیله‌ی سیستم‌های لیزری تهیه و به بازار عرضه می‌شوند.

یکی دیگر از ابزارهای مورد نیاز مرتبط با نورد آنیلوکس، نوعی تیغه به نام داکتر بلید (Doctor Blade) است. این تیغه‌ها که عموماً از جنس استیل‌اند روی جعبه‌ی مستطیل شکلی نصب شده‌اند و دو سر این جعبه به وسیله‌ی دو پوشش لاستیکی انعطاف‌پذیر بسته شده است. تیغه‌ی داکتر بلید به شکلی روی نورد آنیلوکس قرار می‌گیرد که در محل تماس تیغه با نورد، تانژانت زاویه‌ی آن ۳۰ درجه باشد.

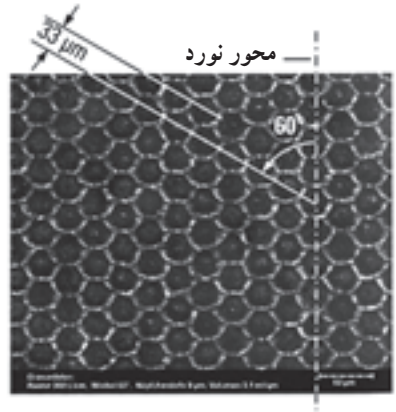
سیستم داکتر بلید در تنظیم مقدار مرکبی که از نورد آنیلوکس به سیلندر پلیت منتقل می‌شود و هم‌چنین در افزایش سرعت ماشین، نقش مهم و قابل توجهی دارد.

ساختار نورد آنیلوکس: نورد آنیلوکس، عنصر مرکزی واحد مرکب‌دهی است. در اصل هندسه‌ی سلولی و توزیع سلولی، حجم نورد آنیلوکس را تعیین می‌کند ($Scoop/cell\,(cm^3/m^2)$) (شکل ۳۲ــ۲).



a فضای ترام
b پهنای سلول
c پهنای سلول در پایین‌ترین نقطه
e پهنای نوک دیواره سلول
h عمق سلول (حدود ۱۰ میکرون)
2α زاویه بازشو
$\frac{e}{a}$ پهنای دیواره سلول به فضای ترام

الف ــ هندسه سلول



ب

ب ــ عکس میکروسکوپی سطح نورد سرامیک ۳۰۰ سلول در سانتی‌متر

شکل ۳۲ــ۲ــ نورد آنیلوکس

برای دست‌یابی به ضخامت لایه‌ی مرکب، باید از نوردهایی با حجم متفاوت سلولی، بر طبق نیاز استفاده شود. واحد تیغه اطمینان ایجاد می‌کند که سلول‌ها طوری پر شده‌اند که قابلیت بازْتولید با مرکب را داشته باشند. در نتیجه حجم مشخصی از مرکب همیشه به فرم چاپی ارسال می‌شود.

مرکب در مرحله‌ی انتقال (یک‌نواختی، ضخامت لایه‌ی مرکب، نبود اثر پیچازی و غیره) از حجم سلول (Cell Volume)، شیوه‌ی خالی شدن سلول (Emptying Behavior)، ویژگی‌های تغییر شکل، برگشت مکانیکی و نورد کاری مرکب، و هم‌چنین از شیوه و تنظیم ویژگی‌های سطح پلیت چاپ و سطح مورد چاپ، تأثیر می‌گیرد.

کروم و سرامیک که در حال حاضر گسترده‌ترین استفاده را دارند، استاندارد سطوح نورد هستند (شرح تولید در جدول ۱ــ۲) فرکانس یا فراوانی ترام ۳۰۰ــ۱۵۰ خط در سانتی‌متر برای حجم سلولی $10\ cm^3/m^2$ مقادیر معمول هستند.

جدول ۱ــ۲ــ ویژگی‌ها و مرحله تولید نوردهای آنیلوکس کروم و سرامیک

شرح	نورد کروم	نورد سرامیک
ویژگی‌ها	• ارزان قیمت، زمان اجرای کوتاه • فراوانی ترام تا حدود ۲۰۰ سلول در سانتی‌متر (۵۰۰ سلول در اینچ) • حجم سلول محدود به فرآیند تولید	• گران قیمت، بسیار مقاوم در برابر سایش • فراوانی ترام تا حدود ۶۰۰ سلول در سانتی‌متر (۱۵۰۰ سلول در اینچ) • سطح بالاتر حکاکی ظریف، حجم‌های مختلف سلول با همان قانون ترام‌گذری ممکن است.
تولید	• آبکاری مس نورد حکاکی نشده (مانند استیل) • شکل دادن سطح توسط : ــ نورد عاج‌دار ــ ایجاد سلول به وسیله‌ی ابزار الماسه ــ حکاکی با قلم فولادی (Stylus) ــ اسیدزنی پس از ماسک‌کردن • آبکاری کروم سطح (پوشش ضد سایش)	• پوشش پلاسما نورد حکاکی‌نشده (مانند استیل) با سرامیک • پرداخت ماشینی دقیق • حکاکی لیزری (تبخیر مواد)

ـ انتخاب نورد: قوانین کاربردی برای انتخاب نوردهای آنیلوکس به شرح زیرند :

برای لایه‌ی مرکب ۲ میکرونی (خیس) روی سطح (برابر با $۲\ cm^3/m^2$)، حجم سلولی نورد آنیلوکس باید برابر با $۴\ cm^3/m^2$ باشد. (هم‌چنین در فلکسوگرافی، مثل چاپ افست، به عنوان یک تخمین اولیه دو لایه شدن مرکب حدود نصف است) فراوانی شبکه‌های نورد باید حداقل ۵/۵ برابر ترام روی پلیت باشد (مثال : حداقل ۲۶۰ خط در سانتی‌متر برای ترام‌گذاری معمول ۴۸ خط در سانتی‌متر). فرکانس‌های ترامِ کم‌تر روی پلیت هم توسط فرکانس‌های ترامِ بالاتر نورد آنیلوکس پوشیده می‌شوند. اگر فرکانس نورد در مقایسه با ترام روی پلیت خیلی کم‌تر باشد، در مرکب‌رسانی خلل ایجاد می‌کند و یا ممکن است پدیده پیچازی روی دهد.

زاویه‌ی حکاکی (زاویه نسبت به محور نورد) ۶۰ درجه در خصوص یک سلول، در بیش‌تر موارد، به شکل شش ضلعی ترجیح داده می‌شود، ولی نمی‌توان آن را به عنوان یک قانون کلی قلمداد کرد. شرح کلی و اطلاعات در مورد نوردهای کروم و سرامیک در جدول ۱ـ۲ آمده است.

۷ـ۲ـ فناوری چاپ گراور (Gravure Printing)

«گراور» روشی قدیمی است که آغاز آن به صفحات مسی حکاکی شده در قرن پانزدهم باز می‌گردد. حدود ده تا پانزده درصد از کارهای چاپی به این روش تولید می‌شوند. البته این درصد رو به کاهش است. زیرا ساخت سیلندرهای گراور گران قیمت است و چاپ آن به نیروی انسانی زیادی نیاز دارد. این نوع چاپ برای تیراژهای بالا مقرون به صرفه است. این روش چاپی قابلیت چاپ روی سطوح مختلف (از نازک‌ترین فویل‌ها تا ضخیم‌ترین مقواها) را دارد. چاپ گراور می‌تواند به صورت یک رو و دورو و به صورت چند رنگ صورت بگیرد.

معمولاً از چاپ گراور برای تیراژ در حدود میلیون استفاده می‌شود. مهم‌ترین تولیدات این روش چاپی گاهنامه، مجله، فیلم‌های پلاستیکی، فویل‌های متالیک، فیلم‌های شفاف، ساک‌های دستی و چاپ امنیتی است. شکل ۳۳ـ۲ تصویری از ماشین روتوگراور را، که برای چاپ مجلات به کار می‌رود، نشان می‌دهد.

۱ـ۷ـ۲ـ روش کلی چاپ گراور: قاعده‌ی کلی بدین صورت است که قسمت‌های چاپی داخل سیلندر گراور گود می‌شود و قسمت‌های غیرچاپی در همان سطح اولیه خود باقی می‌ماند. قبل از این‌که چاپ صورت گیرد پلیت (شامل قسمت‌های چاپ شونده و چاپ نشونده) داخل مرکبدان قرار می‌گیرد. سپس تیغه‌ی داکتر روی سطح سیلندر فرم، مرکب‌های اضافی را از

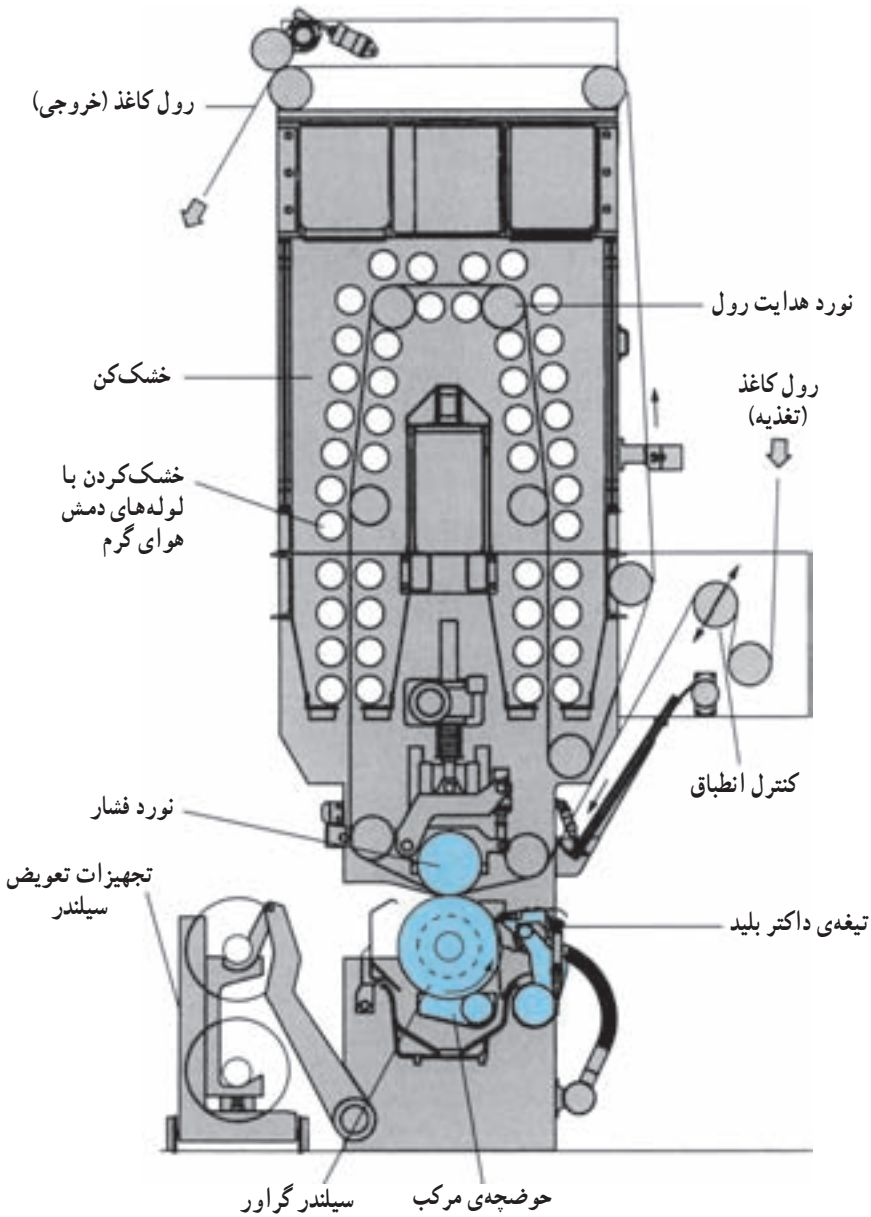
شکل ۳۳ــ۲

قسمت‌های چاپ نشونده پاک می‌کند. در نتیجه مرکب فقط داخل سلول‌ها (قسمت‌های گود سیلندر فرم که شامل تصاویرند) می‌ماند. در حالی‌که فشار زیادی بین کاغذ (یا هر سطح چاپ‌شونده‌ی دیگر) و سیلندر فرم وجود دارد مرکب به کاغذ منتقل می‌شود. چاپ گراور به دو صورت تخت و روتوگراور وجود دارد، که نوع دوم ارزان‌تر است. شکل ۳۴ ــ۲ نمای واحد چاپ گراور را نشان می‌دهد.

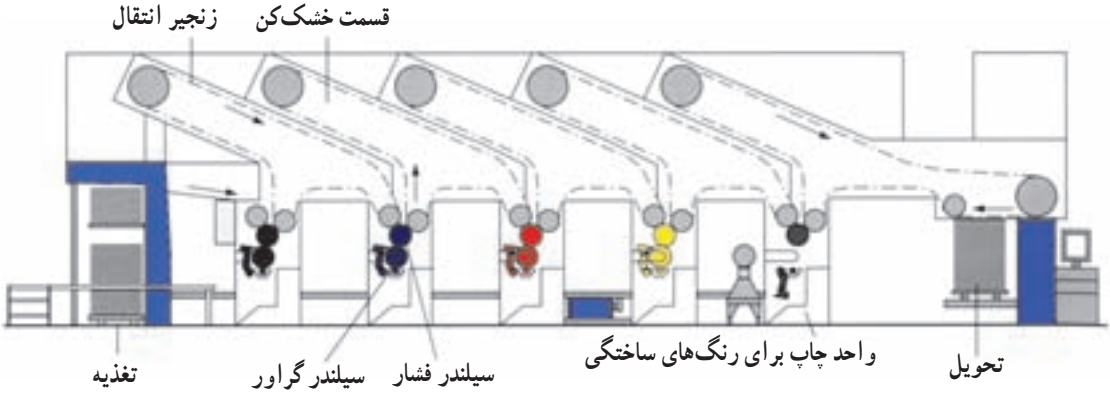
۲ــ۷ــ۲ــ ویژگی چاپ: در چاپ گراور هر سیلندر فرم، شامل یک رنگ است. یعنی اگر کار ۴ رنگ باشد ۴ سیلندر فرم مورد نیاز است. از این‌رو چاپخانه‌هایی که چندین کار چاپی تکراری دارند، با هدف بهره‌وری بیش‌تر، سیلندرها را برای دوره‌های بعد نگه‌داری کنند.

سیستم چاپ خیس روی خیس در چاپ گراور وجود ندارد، زیرا ویسکوزیته‌ی مرکب آن بسیار پایین است. بعد از هر واحد رنگ چاپ، یک واحد خشک‌کن وجود دارد.

چاپ گراور چاپ نسبتاً با کیفیتی است. زیرا عمق و سطوح متفاوت سلول‌ها قادرند تن‌های مختلف یک عکس را به چاپ برسانند. به همین دلیل از این چاپ در صنعت بسته‌بندی استفاده می‌شود. حروفی که با چاپ گراور به چاپ می‌رسند اکثر لبه‌های دندانه‌دار (حالت رنجه) دارند. این مشخصه‌ی شناسایی چاپ گراور است.


رول کاغذ (خروجی)
نورد هدایت رول
خشک‌کن
رول کاغذ
(تغذیه)
خشک‌کردن با
لوله‌های دمش
هوای گرم
کنترل انطباق
نورد فشار
تجهیزات تعویض
سیلندر
تیغه‌ی داکتر بلید
سیلندر گراور
حوضچه‌ی مرکب

شکل ۳۴ــ۲

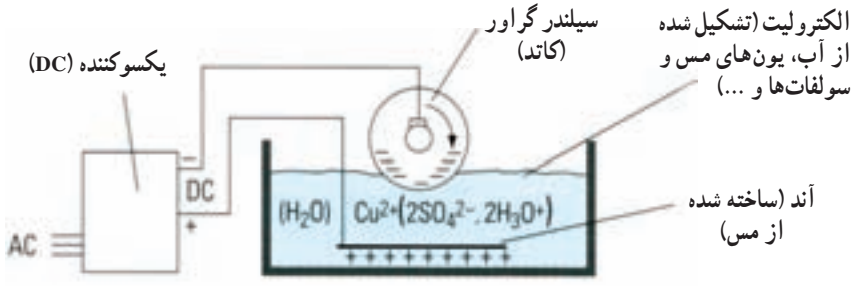


شکل ۳۵ــ۲

امروزه نوع چاپ ورقی گراور شکل ۳۵ــ۲ کم‌تر به کار می‌رود و در اکثر موارد از چاپ رول استفاده می‌کنند. در سیستم رول به سیلندرهای بدون درز و یک‌پارچه احتیاج داریم و تصویر به روش اسیدزنی و یا الکترومکانیکی به سیلندر منتقل می‌شود. گفتنی است این روش انتقال خیلی گران قیمت است.

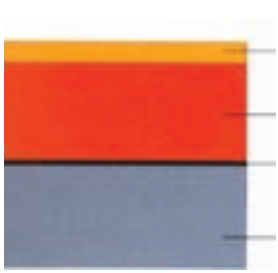
۳ ــ۷ــ۲ــ فناوری گودسازی سیلندرهای فرم: طراحی اولیه‌ی سیلندرها بدین صورت است که یک استوانه‌ی توخالی از جنس استیل ساخته می‌شود. این استوانه یک‌پارچه و بدون درز است. روی آن یک لایه‌ی مس قرار می‌گیرد با این هدف که اندازه‌ی قطر سیلندر با این لایه تنظیم شود. سپس روی این لایه یک لایه‌ی دیگر مس قرار می‌گیرد. عمل گودسازی سیلندرِ فرم روی این لایه صورت می‌گیرد. در زیر، انواع فناوری آبکاری مس سیلندر گراور را به اختصار شرح می‌دهیم.

الف) روش لایه‌ی نازک (The Thin Layer Method): در این روش لایه‌ی مسِ خیلی نازکی (حدود ۸۰ میکرون) روی لایه‌ی مس پایه قرار می‌گیرد. در مرحله‌ی آبکاری الکتریکی (Electroplating) این لایه را فقط یک‌بار می‌توان گود ساخت (شکل ۳۶ــ۲).



شکل ۳۶ــ۲

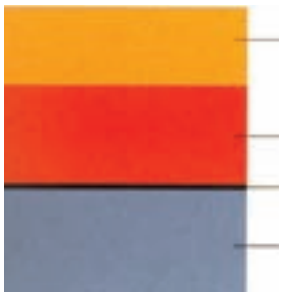
مزیت این روش این است که کلیه‌ی سیلندرهای گراور از یک نوع، دارای قطر هم‌سانی خواهند بود و بعد از آبکاری الکتریکی، به عملیات ترمیم مکانیکی سطح سیلندر کم‌تر نیاز دارد. کاربرد روش لایه‌ی نازک در حدود ۳۵٪ است (شکل ۳۷ــ۲).



شکل ۳۷ ــ۲

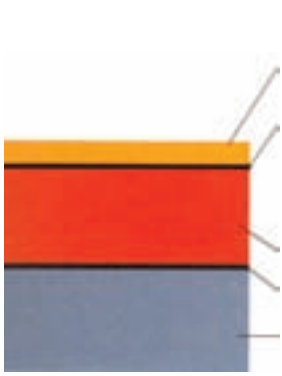
ــ روش بازیافت مس: در روش بازیافت مس، لایه‌ی دوم مس در مرحله‌ی آبکاری الکتریکی از بین می‌رود. در این روش یک لایه‌ی نازک نیکل به ضخامت ۲۵ میکرون بین دو لایه قرار می‌گیرد. روش بازیافت مس در حدود ۵٪ کاربرد دارد.

ب) روش لایه‌ی ضخیم (The Thick Layer Method): در این روش لایه‌ی دوم مس به ضخامت تقریبی ۳۲۰ میکرون روی لایه‌ی مس پایه قرار می‌گیرد. از سیلندری با این لایه‌ی ضخیم می‌توان حدود چهار بار در کارهای چاپی مختلف استفاده کرد. لایه‌ی مس حدود ۸۰ میکرون، در مراحل مکانیکی و یا آبکاری الکتریکی از بین می‌رود. بعد از این‌که این ۸۰ میکرون تحلیل رفت لایه‌ی جدید مس گود می‌شود و جای آن را می‌گیرد. کاربرد این روش در حدود ۲۰٪ است (شکل ۳۸ــ۲).



شکل ۳۸ ــ۲

پ) روش پوسته‌ی بالارد (The Ballard Method): این روش شبیه به روش لایه‌ی نازک است (لایه‌ی مس حکاکی شده‌ی یک‌بار مصرف). لایه‌ی مس پایه به روش الکتریکی توسط پوسته‌ای به ضخامت ۱۰۰ــ۸۰ میکرون پوشش می‌شود. لایه‌ی ویژه‌ای هم بین

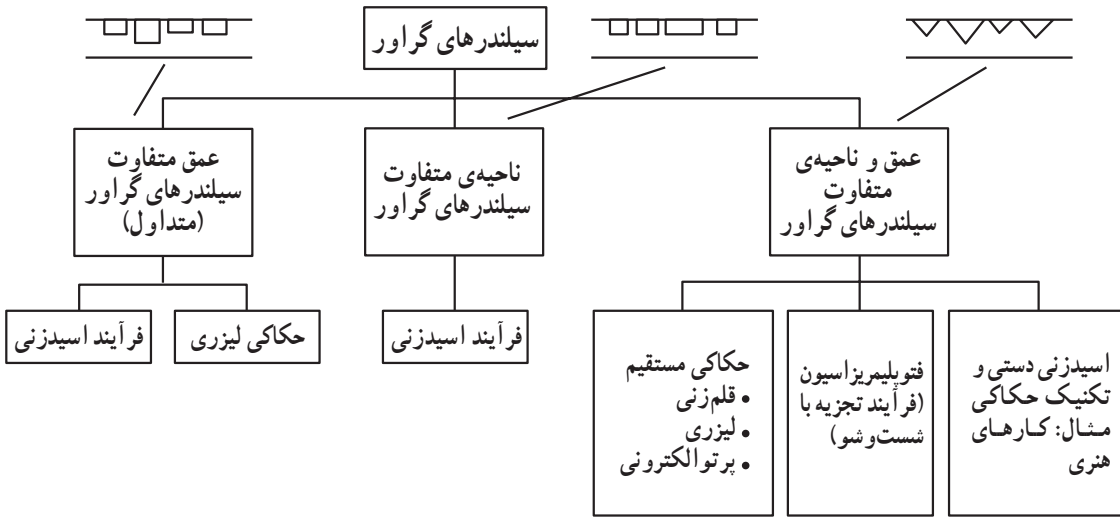


شکل ۳۹ ــ۲

مس پایه و پوسته‌ی بالارد قرار داده می‌شود تا پوست‌کن شدن لایه‌ی بالارد را بعد از چاپ سیلندر گراور، تضمین کند. کاربرد این روش در حدود ۴۵٪ است (شکل ۳۹ــ۲).

۴ــ۷ــ۲ــ فناوری نگاشت سیلندر: ریشه‌ی چاپ گراور به قرن پانزدهم، زمانی که هنرمندان قلم‌زن صفحات مسی را حکاکی می‌کردند، باز می‌گردد. در قرن شانزدهم با فناوری اسیدزنی (Etching) و بعد از آن با دست‌یابی به روش انتقال تصویر ژلاتینی به فلز، موجبات ظهور فناوری‌های نگاشت سیلندرهای فرم در چاپ گراور فراهم آمد. امروزه فناوری‌های نگاشت سیلندر به سرعت در حال گسترش است، تا جایی که صاحب‌نظران گسترش چاپ گراور را مدیون فناوری‌های نوین نگاشت سیلندر دانسته‌اند.

تن‌های پیوسته مانند سایه‌روشن تصویر در گراور سنتی (اسیدزنی) از سلول‌های با عمق متفاوت به دست می‌آید. در عین حال، شکل ترکیبی این روش با نواحی متفاوت سلول‌ها، یعنی استفاده از قطر و عمق قابل تغییر سلول‌ها، امکانات بهتری را برای ایجاد تن‌های پیوسته سایه‌روشن به وجود آورده است. شکل ۴۰ــ۲ نمای کلی تولید سیلندرهای گراور را نشان می‌دهد.



شکل ۴۰ــ۲

در ادامه روش‌های مختلف نگاشت تصویر را توضیح می‌دهیم.

الف) روش اسیدزنی (Etching): برای انتقال تصویر به روش سنتی اسیدزنی (تیزاب‌کاری) مراحل زیر صورت می‌گیرد :

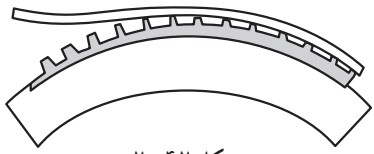
ــ حساس‌کردن ورقه‌ی پیگمنتی آغشته به ژلاتین توسط محلول نمک کرومی

ــ انتقال تصویر از طریق نوردهی ورق پیگمنتی

ــ لمینیت ورق پیگمنتیِ حامل تصویر، توسط ماشین انتقال ورق به سیلندر (شکل ۴۱ــ۲).

شکل ۴۱ــ۲

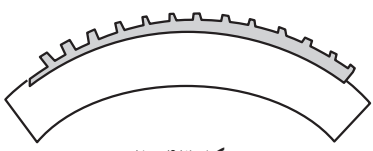
ــ تثبیت ورق پایه (که بعداً برداشته می‌شود) برای اطمینان از انتقال با انطباق دقیق



شکل ۴۲ــ۲

ــنرم‌سازی و برداشت کاغذ پایه (شکل ۴۲ــ۲).

ــ مرحله‌ی ظهور، شامل شست‌وشوی قسمت‌های نور نخورده‌ی ژلاتین در وان آب گرم (۴۰ درجه) و خشک‌کردن سیلندر، که باعث می‌شود لایه‌ی ژلاتین با ضخامت‌های متفاوت ایجاد شود (شکل ۴۳ــ۲).

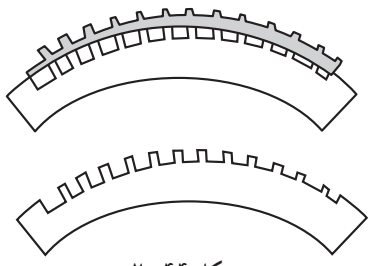


شکل ۴۳ــ۲

ــ پوشش قسمت‌های غیرچاپی با ورنی آسفالت، در صورت نیاز به تصحیح

ــ اسیدکاری سیلندر در داخل وانی از محلول کلرور آهن‌دار (Ferrous Chloride)

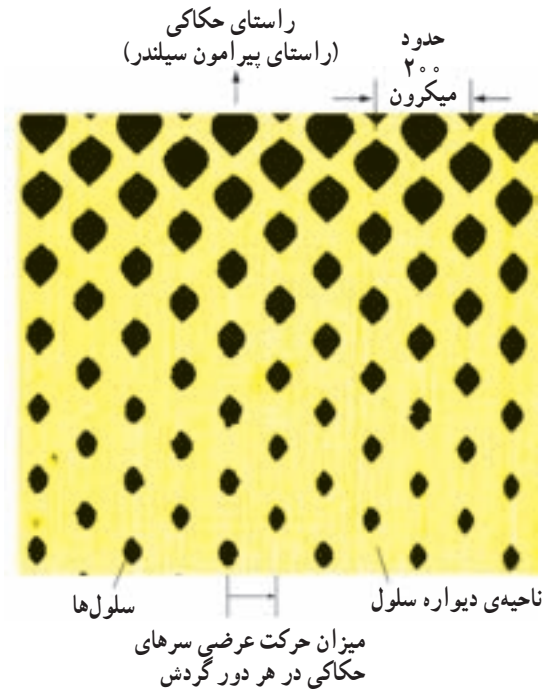
ــ نفوذ اسید به داخل لایه‌ی ژلاتین و لایه‌ی مسِ حامل تصویر (هر چه لایه‌ی ژلاتین عمیق‌تر باشد اسید زودتر به مس می‌رسد و در نتیجه سلول‌های عمیق‌تری به وجود می‌آورد) (شکل ۴۴ــ۲).



شکل ۴۴ــ۲

ب) روش الکترومکانیکی: مدت زمان لازم برای گودسازی سیلندر به روش الکترومکانیکی کم‌تر از روش اسیدزنی است. در این روش داده‌های تصویر در یک سیستم پردازشگر به علائم دیجیتال و سپس به علائم آنالوگ تبدیل می‌شود.

این علائم به ماشین حکاکی مجهز به قلم‌های الماسه انتقال می‌یابد. سیلندر گراور بسته شده در این ماشین با سرعت سطحی ثابت می‌گردد (بسته به نوع ترام، حدود یک متر در ثانیه) و همزمان قلم



شکل ۴۵ــ۲

حکاکی (Stylus) با ایجاد ضربان مکانیکی و حرکت نوسانی عمق‌های متفاوتی را در لایه‌ی مس به وجود می‌آورد (تولید ۴۰۰۰ سلول در ثانیه) (شکل ۴۵ ــ۲).

فواصل سلول‌ها یکسان‌اند و در جهت حکاکی قرار می‌گیرد. تعداد سرهای ماشین گودسازی به عرض ماشین رول بستگی دارد و تا ۱۶ سر می‌تواند داشته باشد. ولی معمولاً از ۸ سر استفاده می‌شود. پس از مرحله گودسازی سیلندر، مقدار کمی صیقل داده می‌شود (شکل ۴۶ــ۲).

پ) روش لیزر: در گذشته تلاش زیادی می‌شد تا عمل گودسازی سریع‌تر و ارزان‌تر انجام شود. امروزه این اتفاق رخ داده است و روش گودسازی بدون تماس به‌وجود آمده است. این روش به وسیله‌ی پرتو الکترونی یا لیزر صورت می‌گیرد. در سال ۱۹۹۵ روش گودسازی با استفاده از لیزر اختراع شد. در این روش، داده‌های تصویر از طریق انرژی حرارتیِ حاصل شده از پرتو لیزر، مستقیماً به لایه‌ی روی منتقل می‌شود. ضربان پرتو لیزر با سرعتی تا هفتاد هزار بار در ثانیه، باعث می‌شود در فلزِ روی تبخیر نقطه‌ای و سپس ایجاد حفره صورت گیرد. نکته قابل توجه این است که روش لیزر از محدودیت‌ها و لغزش‌های روش‌های اسیدزنی و الکترومکانیکی مبرّاست.

شکل ۴۶ــ۲

آزمون پایانی (۲)

۱ــ کدام یک از گزینه‌های زیر از ویژگی‌های تأثیرگذار لاستیک بر فرآیند چاپ افست است؟

الف) انتقال ته‌رنگ　　پ) کشش سطحی

ب) ترکیب مرکب　　ت) زبری سطح نورد

۲ــ کدام یک از گزینه‌های زیر از ویژگی‌های محلول رطوبت‌دهنده در چاپ افست است؟

الف) آلودگی آب و pH اسیدی

ب) شوینده‌ها، محلول‌های بافر و pH بازی

پ) تغییرات حرارت در لاستیک بر روی سطح چاپ‌شونده

ت) گرانروی و چسبندگی

۳ــ به چه صورت سطح پلیت آمادگی جذب آب را پیدا می‌کند؟

الف) توسط تأثیر نور

ب) تابش نور مؤثر UV

پ) لایه‌ی نازک اکسید آلومینیم

ت) توسط داروی ظهور و ثبوت مخصوص

۴ــ امتیاز اصلی سیستم رطوبت‌دهی گریز از مرکز چیست؟

الف) تناسب بین مرکب و محلول رطوبت‌دهی

ب) تناسب بین رطوبت در نورد مرکب

پ) تناسب بین تشتک محلول و پلیت چاپی

ت) امتیازی در این سیستم وجود ندارد. فقط به روش قطره‌ای روی نورد پرتاب می‌شود.

۵ــ سفتی و خمیری مرکب چه مشکلی در روی سطح کاغذ ایجاد می‌کند؟

الف) پشت‌زدن کاغذ　　پ) روی کاغذ پخش می‌شود

ب) کندگی روی سطح کاغذ　　ت) مشکلی ندارد

۶ــ در محلول‌های رطوبت‌دهنده بدون الکل از چه محلولِ جانشینی استفاده می‌شود؟

الف) pH خنثی　　پ) الکل ایزوپروپیل

ب) مخلوط شده‌ی بافر　　ت) گلیکول

۷ــ سطح سیلندرهای نوردهای آنیلوکس به چه صورت است؟

الف) ۶ ضلعی　　پ) مشبک سلولی

ب) حفره‌ای　　ت) دایره‌ای

۸ــ بخش بادامکی سیلندرهای تنظیم‌گر چه عملی بر عهده دارند؟

الف) فاصله‌ی خود را با نورد منشأ ضخامت لایه‌ی مرکب تعیین می‌کند.

ب) انتقال مرکب روی تصویر را بهبود می‌بخشد.

پ) محافظت مرکبدان را به عهده دارد.

ت) از ساییده‌شدن نورد منشأ و تنظیم‌کننده جلوگیری می‌کند.

۹ــ خط تماس چاپی در واحد چاپ کدام سیلندر است؟

الف) سیلندر لاستیک و سیلندر پلیت

ب) سیلندر لاستیک و فشار (چاپ)

پ) سیلندر پلیت و فشار

ت) هیچ‌کدام

۱۰ــ برای انتقال تصویر به صورت عالی و با کیفیت چه تدبیری شده است؟

الف) سه سیلندر موازی یکدیگر قرار دارند.

ب) سیلندر چاپ و لاستیک دقیقاً در زیر هم قرار می‌گیرند.

پ) در خط چاپی دو سیلندر قطری یکسان داشته باشند.

ت) سه سیلندر سرعت و محیطی برابر در خط تماس چاپی باشند.

۱۱ــ قبل از واردشدن کاغذ به ماشین (واحد چاپ) تنظیم کاغذ به چه صورت انجام می‌شود؟

الف) کاسته‌شدن سرعت ماشین　　پ) سنجاق و نشان

ب) متوقف نگه‌داشتن ماشین　　ت) توسط پنجه‌ی ماشین

۱۲ــ وظیفه‌ی اساسی آسوره‌های سیلندر چیست؟

الف) کم‌کردن فشار بین سیلندر و چرخ‌دنده

ب) تنظیم چرخ‌دنده

پ) کنترل بین سیلندر چاپ و لاستیک

ت) جلوگیری از ارتعاشات چرخشی

۱۳ــ علّت وسیع‌بودن طیف چاپی در چاپ فلکسو چیست؟

الف) فرم‌های نرم و منعطف لاستیکی

ب) ویسکوزیته‌ی پایین مرکب

پ) کلیشه‌ی پلیمری

ت) هیچ‌کدام

۱۴ــ زاویه‌ی بین تماس تیغه و سیلندر ترام چه اندازه‌ای است؟

الف) $\sin ۳۰^\circ$

ب) $Ctg ۳۰^\circ$

پ) $\sin ۶۰^\circ$

ت) $tg ۳۰^\circ$

۱۵ــ حجم لایه‌ی مرکب روی سطح نورد آنیلوکس برابر است با :

الف) $۲\ cm^3/m^2$

ب) ۲ میکرون

پ) $۲\ cm^3$

ت) $۴\ cm^3/m^2$

۱۶ــ در مقایسه‌ی نورد کرم و نورد سرامیکی با سلول هم اندازه و هم شکل، اندازه‌ی ترام چه‌قدر بیش‌تر است؟

الف) ۲ برابر

ب) ۱ برابر

پ) ۳ برابر

ت) یکسان است.