

الطباعة طباعة فلكسوغرافية

المقدمة

تعريف الطباعة الفلكسوغرافية وتطورها التاريخي

الطباعة الفلكسوغرافية (Flexography) هي تقنية طباعة تستخدم على نطاق واسع في صناعة التغليف للطباعة على مواد متنوعة مثل الورق والبلاستيك. بدأت في أواخر القرن التاسع عشر باسم "الطباعة الأنيلينية" (Aniline) ، وتطورت بعد إدخال الأحبار المائية والبوليمرات الضوئية في السبعينيات.

أهمية البحث:

تُعد الطباعة الفلكسوغرافية مجالاً حيوياً للبحث العلمي بسبب كفاءتها الاقتصادية واستدامتها البيئية، كما توفر فرصاً لتحسين تقنيات نقل الحبر، وضبط الألوان، وتطوير تقنيات صديقة للبيئة.

مكونات ماكينات الطباعة الفلكسوغرافية:

1. نظام التخييط (Inking System)

- أسطوانة النقل (Anilox Roll): تنقل الحبر إلى اللوحة باستخدام خلايا محفورة.
- شفرة التحكم (Doctor Blade): تتحكم في كمية الحبر على الأسطوانة.

2. أسطوانة اللوحة (Plate Cylinder)

تحمل اللوحة المرنة المصنوعة من المطاط أو البوليمر لنقل الصورة إلى الركيزة.

3. أسطوانة الإطباق (Impression Cylinder)

تضغط الركيزة ضد اللوحة لضمان نقل دقيق للصورة.

4. أنظمة التحكم في التوتر (Tension Control Systems)

تحافظ على استقرار الركيزة أثناء مرورها عبر الماكينة، وتتضمن مناطق مثل منطقة التغذية ومنطقة التدوير.

5. نظام التجفيف (Drying System)

يعتمد على هواء ساخن أو الأشعة فوق البنفسجية (UV) لتجفيف الحبر بسرعة.

مراحل عملية الطباعة الفلكسوغرافية:

1. ما قبل الطباعة (Prepress)

- تصميم المواد الفنية وتحضير اللوحات باستخدام تقنيات الحفر الليزري أو الكيميائي.
- تحويل الصور النصفية (Halftones) إلى نقاط باستخدام شاشات رقمية.

2. نقل الحبر:

- يتم ملء حوض الحبر (Ink Fountain) بالحبر، ويتم نقله إلى أسطوانة النقل عبر أسطوانة التخييط (Fountain Roll).

- الحبر ينتقل إلى اللوحة عبر خلايا أسطوانة النقل.

3. نقل الصورة من اللوحة إلى الركيزة:

- الأسطوانة الإطباق تضغط الركيزة بين اللوحة لنقل الحبر.

4. تجفيف الحبر:

- يتم تجفيف الحبر باستخدام أنظمة تجفيف بين المحطات (Interstation Dryers) والتجفيف النهائي (Main Tunnel Dryer).

5. تحكم الجودة:

- استخدام جهاز القياس الطيفي (Spectrophotometer) لقياس كثافة الألوان وضبطها باستخدام أنظمة التحكم الإحصائي (Statistical Process Control - SPC).

التطبيقات:

1. التغليف المرن: (Flexible Packaging)
الطباعة على أكياس بلاستيكية وأغلفة طعام.

2. الكرتون الموج: (Corrugated Board)
الطباعة على صناديقصناعية.

3. الوسانط اللاصقة: (Pressure-Sensitive Labels)
الطباعة على مواد لاصقة.

التحديات والتحسينات المستقبلية:

1. التحديات التقنية:

• الانحراف البصري (Dot Gain): التشوّه في درجات اللون نتيجة زيادة حجم النقط.

• التشوّش على السطح (Striations): خطوط أو شروخ ناتجة عن عدم تجانس خلايا أسطوانة النقل.

2. التحديات البيئية:

• تقليل انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) باستخدام أخبار صديقة للبيئة وتقنيات استرجاع المذيبات (Solvent Recovery).

3. التطورات المستقبلية:

• الطباعة الفلكسوغرافية الرقمية (Digital Flexography): دمج تقنيات الطباعة الرقمية مع التقليدية لتحسين الكفاءة والجودة.

• التحكم الذكي في التوتر (Smart Sensors): استخدام أجهزة استشعار ذكية لتحسين استقرار الركيزة أثناء الطباعة.

الطباعة طباعة فلكسوغرافية

مقدمة البحث

يتناول هذا البحث مجموعة من الموضوعات المتعلقة بتقنيات وممارسات الإنتاج الصناعي، مع التركيز على عمليات التجفيف، الطباعة، والتعبئة المرنة. يهدف البحث إلى استعراض الأساليب والتقنيات المستخدمة لتحسين الكفاءة والجودة في هذه العمليات. الموضوعات الرئيسية التي يغطيها البحث تشمل:

- **تقنيات التجفيف الصناعي:** مناقشة أنظمة التجفيف مثل (Drying Section) و (Main Tunnel Dryer) و دورها في تحسين جودة المنتج.
- **مراقبة العمليات الإحصائية (SPC):** شرح كيفية استخدام التحكم الإحصائي في العمليات لضمان الجودة وتقليل الأخطاء.
- **التعبئة المرنة (Flexible Packaging):** استعراض تقنيات التعبئة المرنة وتطبيقاتها في الصناعات المختلفة.
- **الملصقات الحساسة للضغط (Pressure-Sensitive Labels):** مناقشة تصميم وإنتاج الملصقات ذاتية اللصق وأهميتها.
- **مكابس الطباعة الفلكسوغرافية (Corrugated Flexo Presses):** تحليل أنواع المكابس مثل (Sheet-Fed) و (Stack Presses) و وكفاءتها في الطباعة.
- **الفحوصات قبل الطباعة (Pre-Press Checks):** أهمية التحقق من الإعدادات والتصاميم قبل بدء عمليات الطباعة لضمان الدقة.

يُعد هذا البحث دراسة متعمقة تُركز على التقنيات المتقدمة في صناعة الطباعة والتعبئة، مع التركيز على الماكينات الحديثة ومكوناتها الأساسية التي تُعزز الكفاءة والدقة في العمليات الصناعية. يهدف البحث إلى استكشاف الابتكارات في مجال الطباعة الفلكسوغرافية وتقنيات التجفيف والتعبئة المرنة، مع تسليط الضوء على العناصر التقنية الحيوية التي تحدد جودة الإنتاج. تشمل الموضوعات الرئيسية التي يتناولها البحث ما يلي:

- **الماكينات المتطرفة في الطباعة الفلكسوغرافية:** مناقشة مكابس الطباعة مثل (Corrugated Flexo Presses) و أنواعها (Sheet-Fed Stack Presses) و دورها في تحقيق إنتاج عالي الكفاءة.
- **أنظمة الأخبار وإدارتها:** استعراض أنواع الأخبار المستخدمة في الطباعة الفلكسوغرافية وكيفية تحسين أدائها لضمان جودة الألوان والثبات.
- **أسطوانة الأنيلوكس (Anilox Roller):** تحليل دور أسطوانة الأنيلوكس في نقل الأخبار بدقة وتأثيرها على جودة الطباعة.
- **نظام الدكتور بليد (Doctor Blade):** مناقشة أهمية شفرات الدكتور بليد في التحكم بكمية الحبر وضمان طباعة نظيفة ودقيقة.
- **تقنيات التجفيف الصناعي:** استعراض أنظمة التجفيف مثل (Drying Section) و (Main Tunnel Dryer) و دورها في تحسين سرعة الإنتاج وجودة المنتج النهائي.
- **التعبئة المرنة والملصقات الحساسة للضغط (Flexible Packaging - Pressure-Sensitive Labels):** دراسة تقنيات (Flexible Packaging) و (Pressure-Sensitive Labels) و تطبيقاتها في الصناعات الحديثة.
- **الفحوصات قبل الطباعة (Pre-Press Checks):** أهمية التتحقق من إعدادات الماكينات والتصاميم لتجنب الأخطاء وضمان جودة الإنتاج.

أهمية البحث

يأتي هذا البحث بأهمية كبيرة في سياق تطوير صناعة الطباعة والتعبئة، حيث يركز على التقنيات الحديثة والمكونات الأساسية التي تحدث نقلة نوعية في جودة الإنتاج وكفاءته. يسهم البحث في تعزيز فهم العاملين في الصناعة لأحدث الابتكارات في الماكينات والعمليات، مما يساعد على تحسين الأداء وتقليل الهدر. تشمل أهمية البحث النقاط التالية:

- **تعزيز الكفاءة الإنتاجية :** يوضح البحث كيف تساهم مكونات مثل أسطوانة الأنيلوكس ونظام الدكتور بليد في تحسين دقة نقل الأحبار، مما يقلل من الأخطاء ويزيد الإنتاجية.
- **تحسين جودة المنتج :** من خلال دراسة أنظمة الأحبار والتجفيف الصناعي) مثل Main Tunnel Dryer ، يُقدم البحث حلولاً لضمان جودة عالية للمنتجات النهائية، مثل التعبئة المرننة والملصقات الحساسة للضغط.
- **تقليل التكاليف والفاقد :** من خلال تطبيق مراقبة العمليات الإحصائية (SPC) وفحوصات ما قبل الطباعة، يساعد البحث على تقليل الهدر وتحسين إدارة الموارد.
- **مواكبة التطورات التكنولوجية :** يُيرز البحث أهمية دمج الماكينات المتطرفة مثل مكابس الطباعة الفلكسوغرافية (Corrugated Flexo Presses) لتلبية متطلبات السوق المتزايدة.
- **دعم الصناعات المرتبطة :** يوفر البحث رؤى قيمة لصناعات التعبئة والتغليف، مما يعزز قدرتها على تقديم منتجات مبتكرة وتنافسية.
- **تعزيز الاستدامة :** من خلال تحسين كفاءة الماكينات وتقليل استهلاك الأحبار والمواد، يدعم البحث الممارسات الصناعية المستدامة.

يشكل هذا البحث مرجعاً أساسياً للمهتمين بتطوير صناعة الطباعة والتعبئة، حيث يربط بين الابتكارات التقنية والتطبيقات العملية لتحقيق نتائج مميزة في الأداء الصناعي.

الكلمات المفتاحية للبحث

(Anilox Cylinder, Doctor Blade, Flexographic Printing, Flexible Packaging, Pressure-Sensitive Labels, Corrugated Flexo Presses, Drying Systems, Statistical Process Control, Pre-Press Checks, Printing Inks)

تحليل تقني وهندسي لمakinat الطباعة الفلكسوغرافية ومكوناتها وآلية عملها

المقدمة

تُعد الطباعة الفلكسوغرافية (Flexographic Printing) واحدة من أبرز تقنيات الطباعة الدوارة الحديثة المستخدمة على نطاق واسع في الصناعات التعبوية والغذائية والدوائية، لما تتمتع به من مرونة وفعالية عالية في الطباعة على أسطح متعددة مثل البلاستيك، الورق، المعدن، والمواد المركبة. وتقوم هذه التقنية على مبدأ استخدام الواح طباعة مرننة ومواد حبر منخفضة اللزوجة، مما يجعلها مناسبة للتطبيقات الصناعية ذات الإنتاج الضخم والجودة العالية.

تتناول هذه الدراسة في جزئها الأول الجوانب الهندسية والتقنية لمakinat الفلكسوغرافية، من حيث المكونات الرئيسية، آلية التشغيل، أنواع الأحبار، والأساليب المعتمدة لتحسين جودة الطباعة. كما تستعرض أحدث الاتجاهات في تطوير هذه الماكينات بما يشمل استخدام الذكاء الاصطناعي والمعايير الدولية المعتمدة مثل FIRST ، وتناقش التحديات والفرص المرتبطة بتقنيات الطباعة المستدامة.

أولاً: المكونات الرئيسية لماكينات الطباعة الفاكسوغرافية

ت تكون الماكينة الفاكسوغرافية من عدة مكونات أساسية تعمل بتناعُم لتأمين عملية طباعة دقيقة وسريعة:

(Plate Mounting System):

تُستخدم لتركيب الألواح الفاكسوغرافية المصنوعة غالباً من مادة البوليمر. يجب تركيب اللوح بدقة على الاسطوانة لتجنب الانحرافات اللونية أو مشاكل المحاذة.

(Impression Cylinder):

تضغط الركيزة (Substrate) على الاسطوانة الطباعية لضمان نقل الحبر بدقة، وهي محور حرج لضبط جودة الطباعة.

(Anilox Roll):

أحد أهم مكونات الماكينة، حيث تقوم بتوزيع كمية دقيقة من الحبر إلى اللوح الطباعي. وتُصنع عادة من السيراميك ولها خلايا محفورة تحدد دقة وكمية نقل الحبر.

(Inking Unit):

مسؤولة عن نقل الحبر من خزان الحبر إلى الأسطوانة الأنيلوكس. وقد تستخدم النظام المفتوح أو المغلق (Chambered Doctor Blade) لضبط تدفق الحبر بدقة.

(Drying System):

يستخدم الهواء الساخن أو الأشعة فوق البنفسجية (UV) لتجفيف الحبر بسرعة، مما يسمح بالطباعة بسرعات عالية دون تلطخ.

(Control Panel):

يستخدم للتحكم في السرعة، الضغط، التسجيل اللوني، درجة حرارة التجفيف، وغيرها من العوامل التشغيلية.

ثانياً: آلية العمل في الطباعة الفاكسوغرافية

تم عملية الطباعة عبر المراحل التالية:

1. نقل الحبر إلى الأسطوانة الأنيلوكس:

يتم غمر الأسطوانة الأنيلوكس في الحبر، أو تُغذى بالحبر عبر نظام مغلق. يقوم شفرة الطبيب (Doctor Blade) بإزالة الفائض من الحبر، لتبقى كمية محددة فقط داخل الخلايا.

2. نقل الحبر من الأنيلوكس إلى اللوح الطباعي:

عندما تلامس الأسطوانة الأنيلوكس اللوح الطباعي، ينتقل الحبر إليه بدقة.

3. نقل الحبر إلى المادة المطبوعة:

يتم ضغط الركيزة بين اللوح الطباعي والأسطوانة الضغط، فتنتقل الصورة المطبوعة إلى السطح النهائي.

4. مرحلة التجفيف:

تمر الركيزة عبر نظام التجفيف قبل أن تنتقل إلى وحدة الطباعة التالية أو مرحلة اللف النهائي.

ثالثاً: تقنيات تحسين جودة الطباعة

تتأثر جودة الطباعة بعدة عوامل تقنية، ويتم استخدام تقنيات متقدمة للسيطرة عليها، ومنها:

(Automated Inspection Systems):

يتم استخدام كاميرات عالية الدقة لرصد العيوب الطباعية لحظياً.

(Impression Control):

ضبط ضغط الأسطوانات بدقة ميكرومترية لنفادي الطباعة الزائدة أو الخافتة.

3. التحكم في درجة حرارة التجفيف:

استخدام أنظمة استشعار حراري تضمن تجفيفاً متوازناً دون التأثير على الركيزة أو تشويق الحبر.

4. تحسين شبكة الأنيلوكس:

استخدام أنيلوكس ذات خلايا ليزرية دقيقة لتحسين توزيع الحبر وتقليل الظواهر غير المرغوبة مثل الـ *dot gain*.

رابعاً: المعايير الدولية – معيار FIRST

يُعد معيار FIRST (Flexographic Image Reproduction Specifications & Tolerances) مرجعًا أساسياً لضمان الجودة في الطباعة الفلكسوغرافية، ويشمل:

- ضبط الألوان واستقرارها عبر عمليات الطباعة المختلفة
- توصيات دقيقة لاستخدام أنواع محددة من الأخبار والألواح والأسطوانات
- تقنيات المعايرة (Calibration) لتحقيق التكرار والدقة
- تقليل نسبة الهدر وتحسين الكفاءة الإنتاجية

خامساً: الاتجاهات الحديثة في تطوير الماكينات

1. الذكاء الاصطناعي (AI):

بدأ استخدام تقنيات تعلم الآلة للتنبؤ بالأعطال، وضبط معايير الطباعة تلقائياً وفقاً للركيزة أو التصميم.

2. الطباعة الرقمية الهجينة:

دمج تقنيات الطباعة الفلكسوغرافية مع الطباعة الرقمية لزيادة التخصيص وتقليل أوقات الإعداد.

3. أنظمة الطباعة المستدامة:

التحول إلى أحبار قائمة على الماء أو أحبار UV خالية من المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) لتنقیل الأثر البيئي.

الاستدامة، التحديات البيئية، وآفاق المستقبل في الطباعة الفلاكسوغرافية

المقدمة

مع التطورات المتتسارعة في الصناعة، أصبح من الضروري تحقيق التوازن بين الإنتاجية العالية والاستدامة البيئية. تُعد الطباعة الفلاكسوغرافية واحدة من أكثر تقنيات الطباعة استخداماً في العالم، مما يجعل تأثيرها البيئي محل اهتمام واسع. يتناول هذا الجزء من الدراسة التحديات البيئية المرتبطة بالطباعة الفلاكسوغرافية، الحلول الممكنة، تقنيات تقليل الانبعاثات والنفايات، ودور المعايير الدولية في تعزيز ممارسات الطباعة المستدامة. كما يُسلط الضوء على توجهات المستقبل في هذا المجال الحيوي.

أولاً: الأثر البيئي للطباعة الفلاكسوغرافية

رغم أن الطباعة الفلاكسوغرافية أكثر كفاءة مقارنةً ببعض تقنيات الطباعة الأخرى، إلا أنها لا تخلي من التحديات البيئية، أبرزها:

1. **انبعاث المركبات العضوية المنتظيرة (VOCs):** تنتج عن استخدام الأبحار المعتمدة على المذيبات، وتُعد من الملوثات الجوية الضارة.
2. **النفايات الصناعية:** مثل بقايا الأبحار، الألواح المستهلكة، المخلفات الورقية أو البلاستيكية، والزيوت المستخدمة في الماكينات.
3. **استهلاك الطاقة المرتفع:** خاصة في وحدات التجفيف، مما يؤدي إلى انبعاثات كربونية مرتفعة.
4. **المياه الملوثة:** عند تنظيف الماكينات باستخدام مواد كيميائية، قد تُصرف المياه الملوثة في المجاري الصناعية دون معالجة كافية.

ثانياً: تقنيات الاستدامة في الطباعة الفلاكسوغرافية

لمواجهة هذه التحديات، طُورت تقنيات عديدة لتحقيق طباعة مستدامة:

1. **استخدام أحبار مائية (Water-Based Inks):** تُعد بديلاً صديقاً للبيئة لأبحار المذيبات، وتُقلل من انبعاثات VOC بنسبة كبيرة.
2. **أبحار UV خالية من المركبات الطيارة:** تحف بالأشعة فوق البنفسجية دون الحاجة لتغيير المذيبات، وتُعد مثالية للرکائز غير المتصنة.
3. **إعادة تدوير الألواح وأسطوانات الأنيلوكس:** من خلال برامج استرجاع من الشركات المصنعة.
4. **أنظمة التنظيف الذاتي (Auto Wash Systems):** تقلل من استخدام الماء والمواد الكيميائية، وتخفض استهلاك الطاقة وتوليد النفايات.
5. **استخدام الطاقة المتجدد:** مثل الطاقة الشمسية أو الرياح لتشغيل وحدات التجفيف وأجزاء من الماكينة.
6. **أنظمة استعادة الحرارة (Heat Recovery):** تستخدم الحرارة الناتجة من وحدات التجفيف لتسخين الهواء الداخل، مما يقلل الاستهلاك الكلي للطاقة.

ثالثاً: المعايير والممارسات البيئية الدولية

أبرز المعايير البيئية:

ISO 14001:

نظام إدارة بيئية شامل يضمن مراقبة الأثر البيئي وتحسين الأداء البيئي المستمر.

FLEXO Green Label:

شهادة بيئية تقدمها منظمات طباعة دولية للمصانع التي تلتزم بمارسات صديقة للبيئة.

G7 & FIRST

يضمن ضبط الألوان بطريقة متوافقة مع تقنيات الحبر المستدامة والتقليل من الهدر الطباعي.

مارسات صديقة للبيئة:

• تقليل حجم التشغيل التجريبي *Make Ready Time*

• إعادة تدوير مواد التغليف الداخلية والخارجية

• رقمنة عمليات ضبط اللون وتقارير الجودة لتقليل الطباعة الورقية

رابعاً: التحديات التي تواجه تطبيق الاستدامة

رغم الفوائد الواضحة، إلا أن هناك عدة تحديات تواجه الانتقال الكامل للطباعة المستدامة:

1. تكلفة التحول:

التقنيات البيئية الحديثة مثل أحبار UV أو الأنظمة الذكية تتطلب استثمارات أولية عالية.

2. عدم توفر بنية تحتية مناسبة في بعض الدول:

مثلاً محطات معالجة المياه الصناعية أو مراكز إعادة تدوير الألواح.

3. مقاومة التغيير:

بعض الشركات تفضل التمسك بالأنظمة التقليدية نظراً لخبرتها الطويلة معها.

4. نقص التدريب الفني:

يتطلب التشغيل السليم للماكينات المستدامة تدريباً دقيقاً للعاملين.

خامساً: المستقبل والتوجهات الحديثة في الاستدامة

أبرز الابتكارات:

• تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليل استهلاك الطاقة والحرق:

يمكنها اقتراح تحسينات فورية أثناء التشغيل.

• استخدام Substrate القابلة للتحلل:

مثل الأفلام الحيوية (Biodegradable Films) بدلاً من البلاستيك التقليدي.

• سلسلة إمداد دائمة:

إعادة استخدام المواد الداخلية والخارجية ضمن دورة إنتاج مغلقة.

• تحليلات البصمة الكربونية (Carbon Footprint Analytics):

أدوات تحليلية لحساب وتقليل الانبعاثات الناتجة عن كل أمر طباعة.

مبادئ وتقنيات الطباعة الفلكسوغرافية

1 مبادئ الطباعة الفلكسوغرافية

الطباعة الفلكسوغرافية تُعد تقنية طباعة تلامسية (Direct Printing) ، حيث تُنقل الصورة من لوحة مرنة إلى الركيزة (Substrate) باستخدام أسطوانة أنيلوكس (Anilox Roller). تتضمن العملية مراحل أساسية:

- **نظام الإطباق : (Impression System)** يضمن ضغطًا متساوياً بين الأسطوانة والركيزة لتحقيق جودة ثابتة للطباعة.
- **نظام قياس الحبر : (Ink Metering System)** يوزع الحبر بشكل متساوٍ باستخدام أسطوانة أنيلوكس تحتوي على خلايا دقيقة.
- **التحكم في لزوجة الحبر :** يتم ضبط اللزوجة بدقة لحفظ الكثافة اللونية، باستخدام أجهزة قياس رقمية (Densitometers).

2 أنواع ماكينات الطباعة الفلكسوغرافية

2.1 ماكينات الشريط الضيق (Narrow-Web Flexo Presses)

- الاستخدامات : طباعة الملصقات، الأكياس، والتغليفات الصغيرة.
- الخصائص : تعمل بأحبار مائية أو أحبار معالجة بالأشعة فوق البنفسجية (UV-Cured) ، وتشتمل معالجات كورونا (Corona Treaters) لتحسين التوتر السطحي.
- الدقة : تستخدم أسطوانات أنيلوكس عالية الكثافة لتحقيق جودة ألوان دقيقة.

2.2 ماكينات الشريط العريض (Wide-Web Flexo Presses)

- الاستخدامات : طباعة الكرتون المضلع، صناديق النقل، وتغليفات كبيرة.
- البيئة : تعتمد على أحبار مائية منخفضة المركبات العضوية المتطرفة (VOCs).
- التحديات : تتطلب ضبطاً دقيقاً للإطباق لمنع نشوء الصورة.

2.3 ماكينات الطباعة متعددة الطبقات (Multi-Color Flexo Presses)

- التصميم : تحتوي على وحدات طباعة متزامنة (حتى 8 ألوان).
- التحكم : تعتمد على أنظمة إلكترونية لضبط المحاذاة اللونية (Color Registration) وتنقليل الهدر.

3 أنظمة الحبر في الطباعة الفلكسوغرافية

3.1 الأحبار المائية (Water-Based Inks)

- **المميزات :** صديقة للبيئة، منخفضة التكلفة، ومناسبة للركيائز المسامية.
- **التركيب :** تحتوي على صبغات مائية، مواد رابطة، ومثبتات.
- **التحديات :** تحتاج إلى مراقبة دقيقة لـ pH واللزوجة.

3.2 الأحبار المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية (UV-Cured Inks)

- **المميزات:** تجف لحظياً تحت الأشعة فوق البنفسجية، مما يزيد الإنتاجية ويحسن مقاومة التآكل.
- **الاستخدام:** مثالية للركايز غير المسامية كالبلاستيك والمعدن.
- **البيئة:** لا تطلق مركبات عضوية متطرفة، متوافقة مع ISO 14001.

4 أدوات التحكم في جودة الطباعة

4.1 الكثافة الضوئية (Densitometry)

- **الوظيفة:** قياس كثافة الحبر (Solid Ink Density) ومعدل زيادة النقطة (Dot Gain).
- **الفائد:** تحسين توازن الرمادي (Gray Balance) وتعزيز الدمج بين الألوان (Trapping).

4.2 قياس الطيف (Spectrophotometry)

- **الوظيفة:** تحليل الألوان بدقة طيفية لضمان تطابقها مع المواصفات مثل Pantone.
- **الاستخدام:** في المعايرة والتحقق من التباين اللوني أثناء التشغيل.

4.3 فاحصات الرموز الشريطية (UPC Verifiers)

- **الوظيفة:** التحقق من دقة طباعة الباركود وفق معاير ANSI/UCC.
- **التحديات:** تحتاج إلى ضبط دقيق للإطباق وسمكية الحبر.

5 الجوانب البيئية والسلامة في الطباعة الفلاكسوغرافية

5.1 تقليل الانبعاثات العضوية المتطرفة (VOCs)

- **الحلول:** استخدام أحبار مائية أو UV ، واستبدال المذيبات بأنظمة استرجاع البخار.
- **التشريعات:** الالتزام بمعايير NESHAP في الولايات المتحدة.

5.2 إدارة النفايات

- **الأساليب:** إعادة تدوير Substrate، استخدام مذيبات تنظيف قابلة لإعادة الاستخدام.
- **التحسينات:** الاعتماد على أحبار قابلة للذوبان في الماء أو مواد لاصقة حرارية.

5.3 السلامة الصناعية

- **الإجراءات:** تدريب العمال، تركيب أنظمة أمان (Lockout/Tagout).
- **التشريعات:** الامتثال لمعايير OSHA.

6 التحديات التقنية والحلول المستقبلية

- **التلوث البيئي:** رغم انخفاض VOCs ، إلا أن الأحبار المائية تتطلب معالجة لمياه الصرف.
- **التكلفة:** الماكينات المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية مكلفة نسبياً.
- **الحلول المستقبلية:**

- تطوير أحبار قائمة على المذيبات الحيوية (Bio-Solvents).
- اعتماد ماكينات فلکسو ذكية (Smart Flexo Presses) مدرومة بالذكاء الاصطناعي.

التطورات الحديثة في الطباعة الفلاكسوغرافية ومعايير الجودة العالمية

1 التطورات التكنولوجية في معدات الفلاكسوغرافيا

1.1 الأتمتة والتحكم الرقمي

أنظمة التحكم التلقائي في الضغط والتسجيل (Automatic Impression & Registration Control):

- تُمكّن من الضبط الذاتي أثناء الطباعة، مما يقلل من الهدر ويزيد من سرعة الإعداد.
- تستخدم مستشعرات بصرية وخوارزميات ذكية لضمان محاذاة الألوان بدقة.
- التكامل مع إنترنت الأشياء (IoT Integration):
 - يتيح مراقبة الأداء عن بعد، وصيانة تنبؤية.
 - تطبيقات الهاتف المحمول تربط المشغل بالماكينة لحظياً.

1.2 تقنية التصوير المباشر على الأسطوانات (Direct Laser Engraving - DLE)

- المميزات:
 - تُستغنى عن المواد الكيميائية التقليدية في تجهيز الكليشيه.
 - دقة أعلى في إنتاج التفاصيل الدقيقة (Up to 5080 dpi).
- التطبيقات: مثالية لطباعة الصور النصفية (Halftones) والرسومات الدقيقة.

1.3 ماكينات الفلاكسو الهجينة (Hybrid Flexo Presses)

- الخصائص:
 - دمج بين الطباعة الفلاكسوغرافية والطباعة الرقمية في خط واحد.
 - تغيير التصميم في الوقت الفعلي بدون توقف الإنتاج.
- الفوائد:
 - مرونة في الإنتاج، تقليل زمن التحضير، مثالية لطلبات التخصيص والطباعة القصيرة.

2 معايير الجودة والمواصفات العالمية في الفلاكسوغرافيا

2.1 معيار FIRST (Flexographic Image Reproduction Specifications & Tolerances)

- الجهة المصدرة: FTA – Flexographic Technical Association.
- المحتوى:

- يحدد معايير تصميم الجرافيك، فصل الألوان، تجهيز الكليشيهات، وإعدادات الماكينة.
- يعطي مواصفات قابلة للقياس (Measurable Specifications) لكل مرحلة.
- الهدف: تحقيق استقرار الإنتاج، وتقليل الفروقات اللونية بين الطبعات.

2.2 معيار ISO 12647-6

- الوظيفة: يحدد القيم المرجعية لللون والطيف في الطباعة الفلاكسوغرافية.

• القياسات:

• كثافة الحبر.(SID)

• منحنى النقطة.(Dot Gain Curve)

• قيمة اللون وفق نظام CIELAB

2.3 معيار G7 في توازن الرمادي

- المبدأ: يعتمد على توازن رمادي محيد (Neutral Gray Balance) كنقطة مرجعية لمعايير الطباعة.
- التطبيق: يحقق اتساعاً مرئياً بين مختلف تقنيات الطباعة.(Offset, Flexo, Digital).

3 الابتكار في مواد الطباعة و Substrate

3.1 الكليشيهات البوليمرية المتقدمة(Advanced Photopolymer Plates)

• التحسينات:

• مقاومة أعلى للتأكل، قابلة للاستخدام لآلاف الانطباعات.

• طبقة سطحية دقيقة تحسن نقل الحبر وتقليل التلطيخ.

• الأنواع الحديثة: كليشيهات رقمية (Digital Plates) مزودة بطبقة "Flat Top Dot".

3.2 Substrate الجديدة صديقة البيئة

• المواد: ورق معد تدويره، بلاستيك قابل للتحلل، رقائق نباتية.

• الخصائص:

• تحسين التوتر السطحي للركيزة لتنشيط الحبر.

• قابلية الطباعة دون تعديل في إعدادات الماكينة.

4 التطبيقات المتقدمة للطباعة الفلكسوغرافية

4.1 الطباعة الأمنية (Security Printing)

• الاستخدام: لصق علامات مائية، حبر حساس للحرارة، ترميز UV.

• الغاندة: حماية العلامة التجارية ومنع التزوير.

4.2 الطباعة التفاعلية (Interactive Printing)

• المفهوم: إدخال عناصر مثل AR Markers أو QR Codes على العبوات.

• الهدف: ربط المنتج بالمستهلك رقمياً عبر تطبيقات الهواتف الذكية.

4.3 الطباعة بالذكاء الاصطناعي (AI-Augmented Flexo)

• التقنيات: خوارزميات تحكم في الجودة تتتبأ بالأخطاء وتعدل المعايرة آلياً.

• النتائج: تقليل الأخطاء، رفع معدل الإنتاجية، وثبات اللون بنسبة أعلى من 95%.

5 تحديات المستقبل في الصناعة الفلاكسوغرافية

التحدي	التوصيات والحلول
اختلاف معايير الجودة بين الأسواق	توحيد تطبيق معايير ISO و FIRST عالمياً
ارتفاع تكلفة ماكينات الأتمتة	دعم المصانع الصغيرة بحلول مرنة وقابلة للترقية
الطلب على تغليف مستدام	تطوير أخبار عضوية وركائز نباتية قابلة لإعادة التدوير
نقص الكفاءات الفنية	برامج تدريب معتمدة من FTA و G7 Certification

تصميم ماكينات الطباعة الفلاكسوغرافية وأنظمة قياس الحبر

1 تصميم ماكينات الطباعة الفلاكسوغرافية (Press Configurations)

1.1 ماكينات الأسطوانة المركزية (Central Impression Cylinder Press)

• الوصف:

- تحتوي على أسطوانة مركزية كبيرة تمسك بورق أو فيلم الطباعة، بينما تدور وحدات الطباعة الملونة حولها.

• المزايا:

- تضمن دقة عالية في تسجيل الألوان بسبب ثبات المادة المطبوعة على أسطوانة واحدة.
- مناسبة للطباعة على مواد مرنة مثل الأفلام البلاستيكية.

• العيب:

- تقصر على الطباعة بسرعة أقل مقارنة بالماكينات الأخرى.

1.2 ماكينات البرج (Stack Press)

• الوصف:

- ترتّب وحدات الطباعة عمودياً فوق بعضها البعض، مع نقل المادة المطبوعة عمودياً بين الوحدات.

• المزايا:

- مناسبة للطباعة على مواد صلبة مثل الورق المقوى.
- تدعم الطباعة بسرعات عالية.

• العيب:

- قد تواجه تحديات في دقة تسجيل الألوان مقارنة بماكينات الأسطوانة المركزية.

1.3 ماكينات الخط المستقيم (Inline Press)

- **الوصف:**

- تُرتّب وحدات الطباعة في خط مستقيم، مع نقل المادة المطبوعة أفقياً.

- **المزايا:**

- مناسبة للطباعة على مواد طويلة وغير مرنة مثل الورق الصناعي.

- تدعم عمليات الطباعة المعقدة مع تكامل مع وحدات القطع والتجليد.

2 نظام قياس الحبر (Ink Metering Systems)

2.1 نظام أسطوانة التغذية (Fountain Roll Doctoring)

- **الآلية:**

- تلامس أسطوانة التغذية أسطوانة الأنيلوكس، مما يملاً خلايا الأنيلوكس بالحبر، بينما تزال الزائدة

- بواسطة شفرة (Doctor Blade).

- **الاستخدام:**

- نظام قديم وشائع، لكنه أقل دقة في التحكم بالخلايا الصغيرة.

2.2 نظام الشفرة المائلة (Reverse-Angle Doctor Blade)

- **الآلية:**

- ثبّت شفرة معدنية أو بلاستيكية بزاوية عكسية لتنظيف سطح الأنيلوكس من الحبر الزائد.

- **المزايا:**

- يوفر تحكماً أفضل في حجم الخلية مقارنة بنظام أسطوانة التغذية.

- مناسب للطباعة الدقيقة على الشاشات ذات الخطوط الكثيفة.

2.3 نظام الغرفة المغلقة (Chambered Doctor Blade)

- **الآلية:**

- يحتوي الحبر داخل غرفة محكمة بين شفتين علويتين وسفليتين، مع انتقال الحبر إلى الأنيلوكس عبر

- فتحة Narrow.

- **المزايا:**

- يقلل تطاير الحبر ويحسن السلامة.

- يدعم استخدام الأحبار المائية بكفاءة.

3 أسطوانة الأنيلوكس (Anilox Roll)

3.1 بنية الأنيلوكس

- الخلايا المحفورة:

BCM ثحّفَ الخلايا على سطح الأسطوانة بتقنيات ميكانيكية أو ليزرية، مع قياس سعتها بوحدة (Billion Cubic Microns per Square Inch).

- الطلاء السيراميكي:

يُغطى سطح الأنيلوكس بطبقة سيراميكية مقاومة للتأكل.

3.2 اختيار الأنيلوكس المناسب

- علاقة العدد الحجمي للخلايا بالطباعة:

الخلايا ذات العدد المنخفض تناسب الطباعة على الأسطح الخشنة.

الخلايا ذات العدد المرتفع تُستخدم للطباعة الدقيقة على الأفلام الشفافة.

- الجدول 1: توصيات لاختيار الأنيلوكس حسب تطبيق الطباعة:

الطباعة على الورق: عدد الخلايا 400-200، السعة BCM5.0-2.5

الطباعة على الأفلام: عدد الخلايا 1200-600، السعة BCM2.5-1.0

3.3 صيانة الأنيلوكس

- التنظيف الدوري:

باستخدام أجهزة تنظيف بالليزر أو الموجات فوق الصوتية لإزالة بقايا الحبر المتراكمة.

- الاختبار الدوري:

قياس سعة الخلايا باستخدام تقنيات مثل التداخل الضوئي.

4 المعايير التشغيلية أثناء الطباعة (In-Press Parameters)

4.1 لزوجة الحبر (Ink Viscosity)

- القياس:

تُقاس اللزوجة باستخدام جهاز Viscometer ، مع الحفاظ على قيمتها ضمن نطاق محدد.

- التأثير:

اللزوجة العالية تسبب تشوهات في الطباعة.

اللزوجة المنخفضة تؤدي إلى تشويش الألوان.

4.2 إدارة درجة الحموضة (pH Management)

- الأخبار المائية:

تتطلب تحديداً دقيقاً درجة الحموضة (pH 8.5-9.5) لضمان استقرار الحبر.

استخدام مواد كيميائية مثل الأمونيا أو أحماض عضوية لحفظه.

4.3 أنظمة التجفيف (Dryers)

- التجفيف بالهواء الساخن:

- يستخدم لتبيخ المذيبات من الحبر بسرعة.

- التجفيف بالأشعة فوق البنفسجية (UV Curing):

- يستخدم مع أحبار UV لتجفيف فوري عبر تفاعل كيميائي.

4.4 التوتر والسرعة (Tension & Speed)

- التحكم في التوتر:

- يُضبط باستخدام أسطوانات شد لمنع تمزق المواد المرنة.

- السرعة المثلث:

- تختلف حسب نوع المادة والطباعة (مثل 200-600 متر/دقيقة).

5 التطورات التقنية في ماكينات الفلاكسوغرافية

- التحكم الرقمي (Digital Control Systems):

- تستخدم أنظمة PLC لضبط المعلمات التشغيلية بدقة.

- الأتيلوكس الليزر:

- تحسين دقة الخلايا عبر تقنيات الليزر لزيادة وضوح الصورة.

- التكامل مع الأنظمة الذكية:

- مراقبة الأداء في الوقت الفعلي عبر أجهزة استشعار متصلة ببرامج تحليلية.

التحديات البيئية والاقتصادية في صناعة الطباعة الفلاكسوغرافية

1 التحديات البيئية في الطباعة الفلاكسوغرافية

1.1 تلوث الهواء والانبعاثات

- الأسباب:

- استخدام الأحبار العضوية والمذيبات التي تطلق مركبات عضوية متطرفة (VOCs) أثناء عملية الطباعة.

- الحلول:

- تطبيق تقنيات مثل التجفيف بالأشعة فوق البنفسجية (UV Curing) التي تقلل من الحاجة إلى المذيبات.

- تطوير أحبار مائية وصديقة للبيئة لا تحتوي على المذيبات الطيرية.

1.2 إدارة النفايات والمواد الخطرة

• النفايات الناتجة:

- النفايات التي تشمل المواد الكيميائية، الأحبار المتبقية، والمواد المستهلكة مثل الكليشيهات.
- الحلول:

- تبني أساليب إعادة التدوير والتقليل من النفايات باستخدام تقنيات التصنيع النظيف.
- تقنيات إعادة تدوير الأحبار والمركبات الكيميائية المستخدمة في الطباعة.

1.3 التأثير على الحياة البرية والأنظمة البيئية

• التأثيرات السلبية:

- تسرب الأحبار والمواد الكيميائية إلى الأنهر والمحيطات قد يضر بالأنظمة البيئية المحلية.
- الحلول:

- تطبيق تقنيات تنظيف فعالة للتخلص من التلوث في المجاري المائية.
- فرض معايير بيئية صارمة على الشركات للحد من تسرب المواد الكيميائية.

2 التحديات الاقتصادية في صناعة الطباعة الفلاكسوغرافية

2.1 ارتفاع تكلفة المعدات والتكنولوجيا

• التحدي:

- تتطلب ماكينات الطباعة الفلاكسوغرافية الحديثة استثماراً ضخماً في تقنيات مثل أنظمة الأتمتة والتحكم الرقمي.

• الحلول:

- التوجه نحو ماكينات هجينية تجمع بين الطباعة الفلاكسوغرافية والطباعة الرقمية، مما يقلل التكاليف العامة.

- دعم الشركات الصغيرة والمتوسطة في الحصول على تقنيات مبتكرة من خلال الحواجز الحكومية.

2.2 تقلب أسعار المواد الخام

• التحدي:

- ارتفاع أسعار المواد الخام مثل الأحبار وSubstrate يؤثر على هامش الربح.
- الحلول:

- البحث عن مصادر بديلة ومستدامة للمواد الخام.
- التفاوض مع الموردين للحصول على عقود طويلة الأجل بأسعار ثابتة.

2.3 المنافسة العالمية والتوزع في الأسواق

• التحدي:

- المنافسة المتزايدة من شركات الطباعة في البلدان ذات التكلفة المنخفضة.
- الحلول:

- تحسين الكفاءة الإنتاجية عبر الاستثمار في الأتمتة وتكنولوجيا الذكاء الاصطناعي.

- تحسين الابتكار في تقديم منتجات متميزة تلبي احتياجات السوق.

3 الفرص البيئية والاقتصادية

3.1 الطباعة المستدامة(Sustainable Printing)

- الفرصة:

• مع زيادة الطلب على المنتجات الصديقة للبيئة، يمكن للمصانع أن تبني الممارسات البيئية المستدامة مثل استخدام أخبار خالية من المذيبات.

• الأخبار القابلة للتخلص **Substrate** المعد تدويرها تمثل فرصة لتحسين صورة الشركة وجنب عمالء جدد.

3.2 الطباعة الرقمية والهجينة

- الفرصة:

• التكامل بين الطباعة الفلكسوغرافية والطباعة الرقمية يحسن الإنتاجية ويخفض التكلفة.

• الطباعة الرقمية توفر فرصاً للطباعة حسب الطلب وتقليل المخزون.

3.3 الابتكار في المواد **Substrate**

- الفرصة:

• تطور المواد الصديقة للبيئة مثل **Substrate** النباتية أو الأخبار العضوية يمكن أن يحدث تحولاً في السوق.

• مواد الطباعة القابلة للتخلص تتنامى مع الاتجاهات العالمية نحو الحد من التأثير البيئي للصناعات.

4 معايير بيئية وتقنولوجيا في صناعة الطباعة الفلكسوغرافية

4.1 معايير ISO البيئية

- ISO 14001:

• يُعدّ معياراً دولياً لإدارة البيئة يساعد الشركات في تقليل تأثيراتها البيئية وتحقيق استدامة أفضل.

- ISO 12647-6:

• معيار يتعلق بكفاءة استخدام الأخبار والمواد، مع التركيز على تقليل الفاقد وتحقيق استهلاك منخفض للطاقة.

4.2 تكنولوجيا التحكم البيئي في التصنيع

- أجهزة استشعار البيئية:

• تُمكّن أنظمة الاستشعار من مراقبة الانبعاثات والمواد الكيميائية الضارة في الهواء والماء.

• أنظمة التحكم في الانبعاثات: (Emission Control Systems)

• تهدف إلى تقليل انبعاثات المركبات العضوية المتطرفة وغيرها من الملوثات أثناء الطباعة.

ماكينة الطباعة الفلاكسوغرافية

1.1 نظام تحبير (Inking System)

• النظام ذو الأسطوانتين (Two-Roll System):

- يتكون من أسطوانة تغذية (Fountain Roll) وأسطوانة Anilox مزودة بـ دكتور بليد (Doctor Blade) لقياس كمية الحبر بدقة.

• يستخدم عادةً في الماكينات التقليدية، حيث يتم نقل الحبر من أسطوانة التغذية إلى أسطوانة Anilox، وتنزيل الكمية الزائدة بواسطة الشفرة.

• النظام المغلق بشفرة طولية (Chambered Doctor-Blade System):

• يحتوي على غرفة مغلقة تضم أسطوانة Anilox وشفرة حك، مما يقلل تبخر المذيبات ويوفر تحكمًا أفضل في كمية الحبر.

• يُفضل في تطبيقات الطباعة عالية السرعة لضمان ثبات الجودة وتقليل الفاقد.

• المكونات الرئيسية:

• أسطوانة Anilox:

▪ تحتوي على خلايا محفورة بزوايا مختلفة 30° ، 45° ، 60°، تحدد كمية الحبر المنقولة.

▪ الكثافة الخلوية: تتراوح بين 80–1,200 خلية/بوصة.

▪ حجم الخلايا (BCM):

▪ 4.0–8.0 BCM للألوان الصلبة.

▪ 1.5–3.0 BCM للألوان العملية.

• دكتور بليد (Doctor Blade):

▪ تنزيل الحبر الزائد من سطح أسطوانة Anilox.

▪ تُصنع من الفولاذ أو البلاستيك حسب نوع الحبر المستخدم (مائي، مذيب، UV).

• أنواع الأحبار:

▪ المائية (Water-Based): صديقة للبيئة، مثالية للطباعة على الورق والكرتون.

▪ المذيبة (Solvent-Based): مناسبة للركائز غير الامتصاصية مثل البلاستيك والفوبل.

▪ العلاجية بالأشعة فوق البنفسجية (UV-Curable): تجف فورًا تحت الأشعة فوق البنفسجية، وتستخدم في الطباعة الدقيقة والعالية الجودة

(Substrate Compatibility) 1.2

• الامتصاصية Substrate (Absorbent)

- مثل الورق، الورق المقوى، والكرافت، وتحتاج إلى أسطوانات Anilox ذات حجم خلايا كبير لضمان تغطية مناسبة.

• غير الامتصاصية Substrate (Nonabsorbent)

- مثل الأفلام والبلاستيك والفويل، وتنطلب استخدام أحبار مذيبة أو UV لضمان الالتصاق.

• الطباعة على الورق المضلع (Corrugated Board)

- يُستخدم فيها صفيحات ناعمة للتعامل مع سطح الركيزة غير المنتظم، مع أسطوانات Anilox ذات خلايا عميقة.

الاستخدامات المثلثى	المزايا	المكونات الرئيسية	النظام
الماكينات التقليدية والسرعات المتوسطة	بسيط، تكلفة منخفضة، سهل الصيانة	أسطوانة تغذية + أسطوانة Anilox + شفرة حاك	نظام الأسطوانتين
الطباعة الصناعية عالية السرعة	يقل التبخر، دقة عالية في توزيع الحبر، مناسب للسرعات العالية	غرفة مغلقة + أسطوانة + شفرتان Anilox	نظام الشفرة المغلقة
الطباعة على الكرتون المضلع	تصميم بسيط، تكلفة أقل من النظام المغلق	أسطوانة تغذية + شفرة واحدة	نظام الشفرة المفردة

ملاحظات إضافية	الأحبار المناسبة	الامتصاصية نوع الركيزة	الورق / الكرتون
تحتاج إلى أسطوانات Anilox ذات حجم خلايا كبير لضمان تغطية مناسبة	مائية	عالية	الأفلام البلاستيكية
تحتاج إلى معالجة مسبقة للسطح لتحسين الالتصاق	مذيبة أو UV	منخفضة	الفويل / المعدن
يُفضل استخدام صفيحات ناعمة وأسطوانات Anilox ذات خلايا عميقة للتعامل مع السطح غير المنتظم	مائية	متواسطة	الورق المضلع

2 أنواع ماكينات الطباعة الفلاكسوغرافية

1. ماكينات (Narrow-Web)

- مخصصة لطباعة Substrate الرقيقة مثل الملصقات والتغليف المرن.
- تحتوي عادة على 6-8 وحدات طباعة وتدعم ألوان CMYK.
- مثل: طباعة الأكياس باستخدام أحبار UV.

2. ماكينات (Wide-Web)

- لطباعة الأفلام wide مثل أغلفة المواد الغذائية، بعرض يصل إلى 130 سم.
- تعتمد على نظام التحكم في التوتر لتفادي تلف الركيزة أثناء الطباعة.

3. ماكينات الكرتون المضلع (Corrugated Flexo Presses):

- تُستخدم لطباعة الصناديق المضلعة إما مباشرةً أو بعد التمويج.
- مزودة بأسطوانات Anilox عالية الحجم (400-600 LPI).

4. ماكينات الأوراق المقطعة (Sheetfed):

- للطباعة على أوراق مقطعة مسبقاً مثل الصناديق المطوية.
- تُدمج غالباً مع ماكينات القص والطي.

5. ماكينات Flexo Offset:

- تستخدم أسطوانة نقل (Blanket) بين البليت والركيزة لتقليل التأكل.
- مناسبة للرکائز الحساسة مثل الأفلام الرقيقة.

النوع	التكوين	الاستخدامات الرئيسية	المزايا
Narrow-Web ماكينات	دقة عالية، مناسبة للرکائز الرقيقة الملصقات، التغليف المرن	وحدات طباعة مرتبة خطياً	
Wide-Web ماكينات	إنتاجية عالية، عرض طباعة يصل إلى 130 سم الأفلام البلاستيكية الكبيرة	وحدات طباعة مرتبة خطياً	مناسبة للرکائز الحساسة مثل الأفلام الرقيقة.
Stack ماكينات	مرنة في الطباعة على وجهين، الورق والكرتون	الطباعة على الجانبين، عمودياً	تصميم مدمج
Central Impression ماكينات	تسجيل ألوان متاز، تقليل الانحرافات	الطباعة عالية الدقة على Substrate	محاطة بوحدات طباعة الرقيقة
Sheetfed ماكينات	دقة عالية، مناسبة للطبعات القصيرة	الصناديق المطوية، التغليف الصلب	تغذية أوراق مقطعة مسبقاً
Flexo Offset ماكينات	تقليل التأكل، تحسين جودة الطباعة	Substrate الحساسة مثل استخدام أسطوانة نقل (Blanket)	الطباعة على Substrate الحساسة الأفلام الرقيقة

3 طرق تركيب البليت (Plate Mounting Methods)

1. بالشريط اللاصق:

- ثُبّت البليت باستخدام شريط لاصق مزدوج (Solid Vinyl – Cushion).
- سهل الاستخدام لكن يحتاج إلى دقة لتفادي التشوهات.

2. خارج الماكينة (Off-Press):

- باستخدام أدوات محاذة مثل المجاهر الرقمية لضمان التسجيل الصحيح.
- يُفضل للطباعة الدقيقة ويُقلل من الأخطاء.

3. أنظمة الأغطية (Sleeve Systems):

- مرنة (Elastomeric): سريعة التبديل للطباعة المتكررة.
- صلبة (Hard Sleeves): للطباعة عالية الدقة مثل الرموز الشريطية.

4. التركيب بالفيديو:

- تعتمد على كاميرات رقمية لمحاذة النقاط بدقة وتقليل انحراف الألوان.

5. التركيب اليدوي:

- يتطلب خبرة، ويعتمد على قياسات التكرار وقطر الترس.

الطريقة	الأدوات المستخدمة	المزايا	الملاحظات
الشريط اللاصق	شريط لاصق مزدوج (Vinyl – Cushion)	بساطة، تكلفة منخفضة	قد يؤدي إلى تشوه البليت إذا لم يتم الضغط بدقة
التركيب خارج الماكينة	أدوات محاذة (مثل المجاهر الرقمية)	تسجيل دقيق، تقليل الأخطاء	يسهم بتجربة الطباعة قبل التركيب النهائي
أنظمة الأغطية (Sleeves)	أغطية مرنة أو صلبة	تغير سريع، مناسب للطباعة المتكررة	يتطلب استثماراً أولياً أعلى
التركيب بالفيديو	كاميرات رقمية لمحاذة النقاط	دقة عالية، تقليل الانحرافات	يحتاج إلى تدريب على استخدام النظام
التركيب اليدوي	مقاسات التكرار، قطر الترس	مرنة، لا يحتاج إلى معدات متقدمة	يتطلب خبرة عالية لتجنب الأخطاء

4 أنواع أسطوانات Anilox

حسب عدد الخلايا: (LPI)

- منخفض: (80–400 LPI)

- خلايا كبيرة، تُستخدم للألوان الصلبة على الأسطح الخشنة.

- مرتفع: (600–1,200 LPI)

- خلايا دقيقة، مثالية لتفاصيل الدقة.

حسب حجم الخلايا: (BCM)

- مرتفع: (4.0–8.0 BCM)

- نقل كميات كبيرة من الحبر، مناسب للألوان الصلبة.

- منخفض: (1.5–3.0 BCM)

- طباعة التفاصيل باستخدام ألوان CMYK.

حسب زاوية الحفر:

- 30° للطلاء أو الطباعة الكثيفة.

- 45° للمواد ذات التفاصيل المتوسطة.

- 60° الأكثر شيوعاً لتوازن الحبر والدقة.

حسب تصميم النظام:

- مفتوح: يحتوي على أسطوانة تغذية وشفرة فقط، أكثر عرضة للتفسخ.

- مغلق: (Chambered) يمنع التفسخ ويوفر طباعة مستقرة.

المعيار	التصنيفات	الاستخدامات
عدد الخلايا (LPI)	80–400 (خلايا كبيرة) 600–1,200 (خلايا صغيرة)	الألوان الصلبة، الأسطح الخشنة مثل الورق المضلع
حجم الخلايا (BCM)	4.0–8.0 BCM (حجم كبير) 1.5–3.0 BCM (حجم صغير)	التفاصيل الدقيقة، الصور والنصوص الصغيرة الألوان الصلبة، تغطية كثيفة الألوان العملية (CMYK)، التفاصيل الدقيقة
زاوية النحت	30° 45° 60°	الطلاءات الصناعية، الطباعة الكثيفة المواد ذات التفاصيل المتوسطة الأكثر شيوعاً، توازن بين التفاصيل والكتافة

أولاً : أسطوانة Anilox (Anilox Cylinder)

الوظيفة الأساسية:

تتمثل وظيفة أسطوانة Anilox في قياس ونقل كمية دقيقة ومحسوبة من الحبر إلى أسطوانة الطباعة (Plate) ، ما يضمن اتساق اللون وجودة الطباعة.

أنواع الخلايا: (Cell Types)

تنقسم تقنيات حفر الخلايا على سطح الأسطوانة إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

- **النحت الميكانيكي**: يتم باستخدام أدوات قطع ميكانيكية، ويُعد من الطرق التقليدية الأقل دقة.
- **النحت بالليزر**: يوفر دقة عالية، حيث يُنتج خلايا موحدة ومتكررة بعمق وحجم منتظم، وهو الأكثر استخداماً في الطباعة الفلكسغرافية الحديثة.
- **التآكل الكيميائي**: طريقة أقل شيوعاً في الوقت الحالي، كانت تُستخدم سابقاً قبل نشوء تقنيات الليزر.

الخصائص الفنية لأسطوانة Anilox:

الخاصية	القياس/الوحدة	النطاق	الاستخدامات
عدد الخلايا (LPI)	خطوط لكل بوصة (Lines Per Inch)	80 – 400 LPI	المساحات اللونية الصلبة (مثل الطباعة على الورق المضلع).
		600 – 1200 LPI	الطباعة عالية الدقة (كالصور والتفاصيل الدقيقة).
حجم الخلية (BCM)	مليار ميكرون مكعب (Billions Cubic Microns)	4.0 – 8.0 BCM	نقل كميات كبيرة من الحبر – مناسب للألوان الصلبة.
		1.5 – 3.0 BCM	الألوان العملية – (CMYK) يوفر دقة وتفاصيل دقيقة.
زاوية النحت	درجة (Degree)	30°	الطلاءات الصناعية والطباعة الكثيفة.
		45°	تطبيقات عامة ذات تفاصيل متوسطة.
		60°	الأكثر شيوعاً – توازن بين كثافة الحبر والدقة.

ثانياً : دكتور بليد (Doctor Blade)

الوظيفة:

تعمل دكتور بليد على إزالة الحبر الزائد من على سطح أسطوانة Anilox، ما يضمن بقاء كمية الحبر المناسبة داخل خلايا الأسطوانة فقط.

أنواع الشفرات المستخدمة:

- **شفرة الزاوية العكسية (Reverse-Angle Doctor Blade)**: تلامس سطح الأسطوانة بزاوية $\pm 2^\circ \text{--} 30^\circ$ ، وتميز بفعاليتها العالية في إزالة الحبر الزائد دون الحاجة إلى أسطوانة تغذية منفصلة (Fountain Roll).

• نظام الحجرة المغلقة: (Chambered Doctor-Blade System)

يتكون هذا النظام من شفرتين رئيسيتين:

- شفرة Metering: مسؤولة عن تحديد كمية الحبر على سطح الأسطوانة.

- شفرة Containment: تمنع تسرب الحبر وتقلل من تبخر المذيبات، ما يساهم في استقرار جودة الطباعة.

الصيانة:

يجب تنظيف أسطوانة Anilox بشكل دوري للحفاظ على أداء الخلايا ومنع انسدادها (Cell Plugging)، خصوصاً عند استخدام الأحبار التي تعتمد على الأشعة فوق البنفسجية (UV inks)، حيث تكون أكثر عرضة للجفاف والتراكم داخل الخلايا.

ثالثاً: التصميم العام لأسطوانة Anilox

المواد:

- الكروم (Chrome-Plated): مقاوم للتآكل، لكنه يفقد دقته بمرور الوقت ومع الاستخدام الكثيف.

- السيراميك (Ceramic-Coated): يتميز بمقاومة أعلى للبلى، ويعُد الخيار الأمثل للطباعة ذات السرعات العالية والمتطلبات الدقيقة.

التكامل مع الماكينة:

ينبغي أن تدور أسطوانة Anilox بنفس سرعة سطح أسطوانة الطباعة (Plate Cylinder) لضمان نقل سلس ومتوازن للحبر، وتفادي أي تفاوت في كثافة اللون أو جودة الطباعة.

العلاقة بين دقة اللوح (LPI) ، وأسطوانة Anilox (CLI) ، وحجم الخلايا (BCM)

أولاً: العلاقة بين دقة اللوح (LPI) وعدد خلايا أسطوانة Anilox (CLI)

تعتمد جودة الطباعة في الفلكسوغرافيا على التناسب الصحيح بين دقة اللوح الطابعية (LPI) وعدد خلايا أسطوانة Anilox (CLI). ويُوصى باتباع مبدأ النسبة 4:1 إلى 6:1، أي أن عدد خلايا أسطوانة Anilox يجب أن يكون من أربعة إلى ستة أضعاف عدد النقاط في البوصة في اللوح الطابعية.

- مثال توضيحي : إذا كانت دقة اللوح تبلغ LPI 150، فيفضل استخدام أسطوانة Anilox بعدد خلايا يتراوح بين 600 و 900 CLI.

- الهدف من هذه النسبة : تجنب ظهور أنماط تداخل الشبكات (Moiré Patterns) ، والحفاظ على وضوح التفاصيل وتحسين توزيع النقاط (Dot Gain) على السطح الطابع.

ثانياً: العلاقة بين حجم الخلية (BCM) ونوع الطباعة

- عند استخدام حجم خلية مرتفع (يتراوح بين 4.0 و 8.0) BCM يكون ذلك مناسباً لنقل كميات كبيرة من الحبر، مما يجعله مثالياً:

- لطباعة الألوان الصلبة (Solids).

- لطباعة على Substrate شديدة الامتصاص مثل الورق المضلع.

- أما عند استخدام حجم خلية منخفض (يتراوح بين 1.5 و 3.0) BCM فإن ذلك يناسب التطبيقات التي تتطلب دقة أعلى، ويُستخدم عادةً:

- لطباعة الألوان العملية (CMYK).

- لطباعة على Substrate غير الامتصاصية مثل الأفلام البلاستيكية.

العنصر	الوصف والتفاصيل
العلاقة بين CLI و LPI	يجب أن يكون عدد خلايا أسطوانة (CLI) بين 4 إلى 6 مرات من دقة اللوح (LPI).
مثال تطبيقي	عند استخدام صفيحة بدقة LPI150 ، يُوصى باستخدام أسطوانة Anilox بـ CLI.900-600
الهدف من النسبة (1:4 إلى 1:6)	تجنب تداخل الشبكات (Moiré Patterns) وتحسين توزيع النقاط (Dot Gain) للحصول على طباعة دقيقة وعالية الجودة.
حجم الخلية (BCM) المرتفع	يتراوح بين 4.0 وBCM8.0 ، ويستخدم لطباعة الألوان الصلبة وعلى ركائز امتصاصية مثل الورق المضلع.
حجم الخلية (BCM) المنخفض	يتراوح بين 1.5 وBCM3.0 ، ويستخدم لطباعة الألوان العملية (CMYK) وعلى ركائز غير امتصاصية مثل الأفلام البلاستيكية.

أجزاء ماكينة الطباعة الفاكسوغرافية (Flexo Press Machine) ووظائفها

أ. قسم التفريغ (Unwind Section)

الوظيفة:

تحرير الركيزة) الورق، الفيلم، الفوبل (من الملف قبل الطباعة.

التحكم:

ضبط التوتر (Tension Control) لتفادي تمزق الركيزة أو تجدها.

ب. قسم الإدخال (In-Feed Section)

الوظيفة:

نقل الركيزة بدقة إلى وحدات الطباعة.

المكونات:

- أسطوانات تغذية: (Fountain Roll) توزيع الحبر الأولي.
- نظام محاذاة تلقائي (Automatic Register System): ضمان المحاذة الدقيقة بين الطبقات الطابعية.

ج. قسم الطباعة (Printing Section)

المكونات الرئيسية:

- أسطوانة Anilox: لقياس كمية الحبر ونقلها.
- دكتور بليد: (Doctor Blade) إزالة الحبر الزائد من أسطوانة Anilox.
- اللوح الطابعية: (Plate Cylinder) نقل الحبر إلى الركيزة.
- أسطوانة الضغط: (Impression Cylinder) تطبيق الضغط اللازم لنقل الحبر إلى الركيزة.

العملية:

يُسحب الحبر من نظام التغذية إلى أسطوانة Anilox، ثم إلى اللوح، وأخيراً إلى الركيزة بواسطة أسطوانة الضغط.

د. قسم التجفيف(Drying Section)

الوظيفة:

تجفيف الحبر بعد الطباعة.

أنواع أنظمة التجفيف:

نوع التجفيف	الوصف
-------------	-------

التجفيف الحراري يستخدم الهواء الساخن، مثالي للأبحار المائية أو المذيبة.

التجفيف بالأشعة فوق البنفسجية(UV) يعتمد على معالجة الأبحار UV-Curable باستخدام الأشعة فوق البنفسجية.

هـ. قسم الإخراج واللف(Out-Feed & Rewind Section)

الوظيفة:

لف الركيزة المطبوعة أو نقلها لعمليات لاحقة مثل القص أو الطي.

التحكم:

ضبط توتر اللف (Rewind Tension) لتفادي انحناء الركيزة أو تلفها.

و . العمليات المتصلة (In-Line Operations)

أمثلة على التطبيقات:

العملية	الوظيفة
(Die-Cutting) القص	تشكيل الركيزة إلى الأشكال المطلوبة.
(Folding) الطي	تجهيز الركيزة لتكوين صناديق مطوية.
(Bag Making) التغليف	إنتاج أكياس من المواد البلاستيكية.

1 استخدامات ماكينة الطباعة الفلاكسوغرافية ذات التغذية بالافرخ (Sheet-Fed Flexo Press) ونوعها من الماكينات الفلاكسوغرافية

الاستخدامات:

- تُستخدم ماكينة الطباعة الفلاكسوغرافية ذات التغذية بالافرخ (Sheet-Fed Flexo Press) بشكل أساسي لطباعة الكرتون المضلع (Corrugated Board) المجهز مسبقاً في شكل صفائح.
- تُدمج مع آلات القص (Die-Cutters) أو آلات الطي واللصق (Folder-Gluers) في خط إنتاج واحد (In-Line Operation).
- تُستخدم لطباعة العلامات التجارية(Logo) ، أسماء المنتجات، التعليمات، وغيرها من المعلومات الأساسية على الصناديق المضلعة.

نوع الماكينة الفلكسوغرافية:

- ماكينة التغذية بالافرخ تنتهي إلى فئة ماكينات الطباعة الفلكسوغرافية على الورق المضلع (Corrugated Flexo Presses).
- تُصمم كـ ماكينات منفصلة (In-Line Presses) أو ماكينات متصلة مباشرة (Off-Line Presses)، اعتماداً على العملية الإنتاجية.
- غالباً ما تكون من نوع ماكينات الأسطوانة المركزية (Central Impression Cylinder) أو ماكينات متسلسلة (Stack Presses).

2 أنواع ماكينات الطباعة الفلكسوغرافية: ماكينات (Narrow-Web) ، (Wide-Web) ، (Sheet-Fed)

النوع	الخصائص	التطبيقات
ماكينات (Wide-Web)	- تتعامل مع أعصاب بعرض كبير (حتى 130 سم). - تُستخدم في الإنتاج الكمي. - تدعم الطباعة على الأفلام البلاستيكية، الفوليل، والورق.	- تغليف المواد الغذائية. - أكياس بلاستيكية. - أغلفة مرنة. (Flexible Packaging).
ماكينات (Narrow-Web)	- تتعامل مع أعصاب بعرض 4-20 بوصة. - تُستخدم في الطباعة عالية السرعة على الملصقات والتعبئة. - تحتوي على 6-8 وحدات طباعة.	- ملصقات ضغط ذاتي (Pressure-Sensitive Labels). - تغليف الأدوية. - علامات تعريفية-In Mold Labels).
ماكينات التغذية (Sheet-Fed)	- تتعامل مع صفائح كرتون مضلعة مسبقة القطع. - تُدمج مع الآلات القص أو الطي. - تُستخدم في الطباعة المباشرة على الكرتون.	- صناديق شحن مضلعة. - تغليف صناعي. - طباعة العلامات التجارية على الصناديق.

3 دور الطباعة الفلكسوغرافية كجزء من ماكينات الإنتاج المتصلة (In-Line Machines)

• التكامل مع العمليات الإنتاجية:

- تُدمج الطباعة الفلكسوغرافية مع عمليات مثل القص (Slitting) ، التقطيع (Die-Cutting) ، والطباعة الحرارية (Cold Foil Stamping) في خط إنتاج واحد.

• تُستخدم في الصناعات الغذائية، الصيدلانية، والتعبئة لتحسين الكفاءة وتقليل الوقت المستغرق.

• الإيجابيات:

• تقليل خطوات الإنتاج: الطباعة والقص والتشكيل في آلة واحدة.

• توفير التكاليف: تقليل الهدر وزيادة الإنتاجية.

• المرونة: إمكانية التعديل السريع بين الوظائف المختلفة.

• التحديات:

• الحاجة إلى ضوابط دقة عالية في محاذاة الطباعة (Registration) مع العمليات الأخرى.

• صعوبة التنسيق بين سرعة الطباعة وعمليات التحويل (Converting).

4 ضوابط جودة ماكينة الطباعة (Quality Control of Printing Machine)

أ. ضوابط ما قبل الطباعة: (Pre-Press Checks)

• فحص التصميم: (Preflight Checklist)

- التأكد من توفر الصور الحية (Live Images) ، الخطوط، والرسومات المستوردة. (EPS/PDF).

- التحقق من تطبيق التراكب (Trapping) وإعدادات الألوان. (PMS Colors).

• اختبارات اللوح الطابعية: (Plate Testing)

- قياس دقة النقاط (Dot Gain) باستخدام مقياس CIELab Color Space.

- اختبار مقاومة التآكل (Rub Resistance) للحبر.

ب. ضوابط أثناء الطباعة: (In-Process Controls)

• التحكم في التوتر: (Tension Control)

- ضبط توتر الركيزة باستخدام أجهزة استشعار (Tension-Sensing Devices) لتجنب التمدد أو التمزق.

• قياس لزوجة الحبر: (Ink Viscosity)

- استخدام زان كاب (Zahn Cup) لقياس اللزوجة، مع مراجعات دورية وفق جداول التحويل.

• مراقبة الجودة الرقمية: (Digital Inspection)

- استخدام كاميرات متحركة (Moving Web-Inspection Devices) لـ "تجميد" الصورة وفحص التفاصيل الدقيقة.

ج. ضوابط ما بعد الطباعة: (Post-Press Checks)

• اختبارات المتانة: (Durability Tests)

- مقاومة الضوء: (Light Fastness) قياس ثبات اللون تحت أشعة الشمس.

- اختبار الشريط اللاصق (Tape Test) للتحقق من التصاق الحبر على الركيزة.

• الامتثال البيئي:

- مراقبة الانبعاثات باستخدام أنظمة مراقبة الانبعاثات المستمرة. (CEMS)

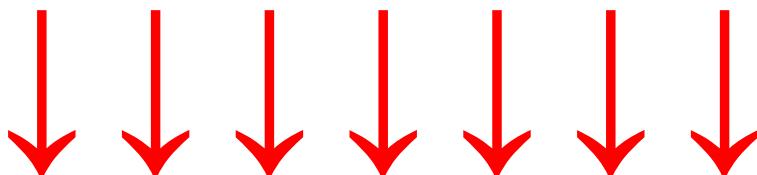
- التخلص من الأحبار والمخلفات وفق قوانين مثل Clean Air Act و CERCLA.

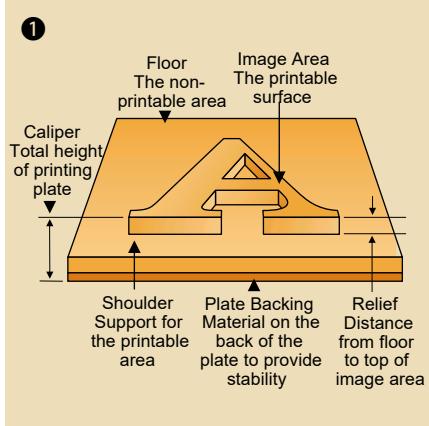
الخاتمة

تمثل الطباعة الفلكسوغرافية نظاماً تقنياً معقداً يجمع بين الميكانيكا الدقيقة والتحكم الإلكتروني والمواد الكيميائية المتقدمة. تُعد هذه التقنية من **Substrate** الأساسية في صناعة التعبئة والتغليف، بفضل قدرتها على التوازن بين الكفاءة الاقتصادية والاستدامة البيئية. ومع التقدم المستمر في الماكينات، الأخبار، وأتمتة العمليات، تزداد فرص تحسين الجودة وتقليل الأثر البيئي بشكل كبير. ورغم التحديات التقنية والبيئية التي تواجهها، فإن الطباعة الفلكسوغرافية تعتبر خياراً مستداماً ومؤثراً في ظل التحديات البيئية العالمية الحالية.

إن تحقيق الطباعة الفلكسوغرافية المستدامة ليس خياراً بل ضرورة، ويعتمد مستقبلها على دمج التطور التقني مع المسؤولية البيئية، مما يعزز القدرة على التكيف مع معايير الجودة العالمية مثل FIRST و ISO. الاستثمار في البحث والتطوير، بما في ذلك تطوير أخبار خضراء والأتمتة، وكذلك التحديث المستمر للماكينات، يشكل الأساس لضمان كفاءة الإنتاج وجودة مستدامة. وفي ظل هذه المتغيرات، يمكن للطباعة الفلكسوغرافية أن تظل في صدارة التقنيات الصناعية، مع تحقيق الفوائد طويلة الأجل من حيث خفض التكاليف التشغيلية، تحسين السمعة المؤسسية، والامتثال للمعايير الدولية.

بعض الصور و الرسوم التوضيحية

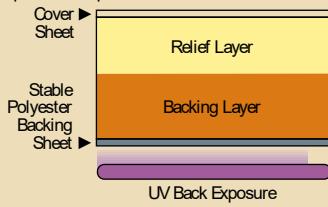


1

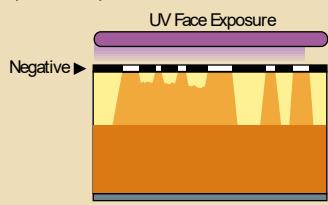
① The various components which make up a photopolymer plate.

12

1. Proper Back Exposure



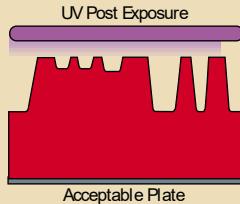
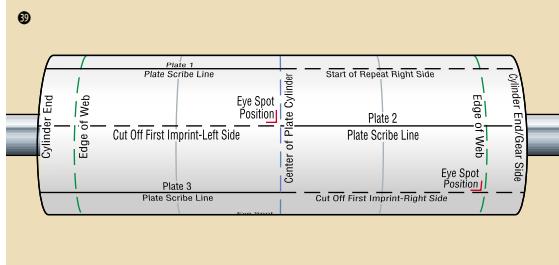
2. Proper Face Exposure



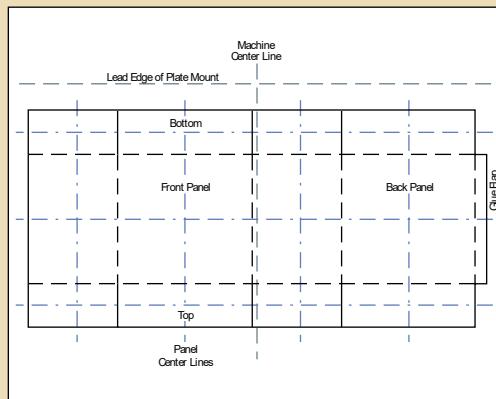
3. Proper Washout

4. Proper Drying

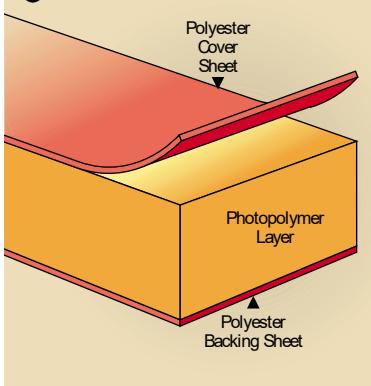
5. Proper Post Exposure & Light Finishing

**②**

③ A properly drawn layout on an impression cylinder.

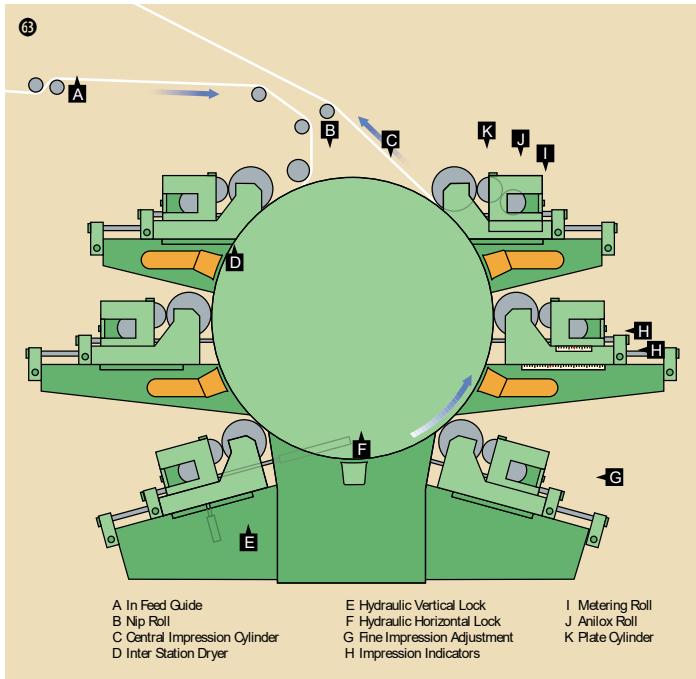
④

④ A properly drawn layout for a corrugated box. All sections of the box are drawn to exact dimensions and the lead edge of the box is positioned at the top.

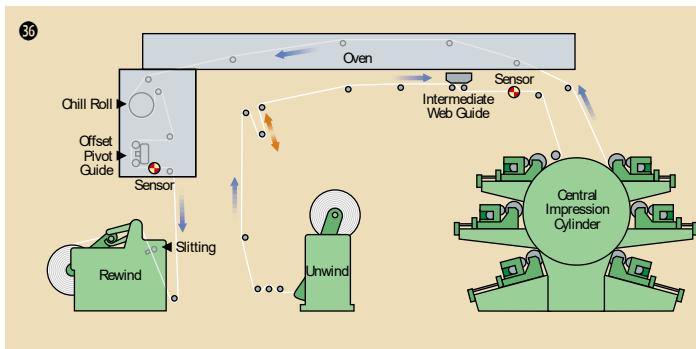
20

20 Plate material consists

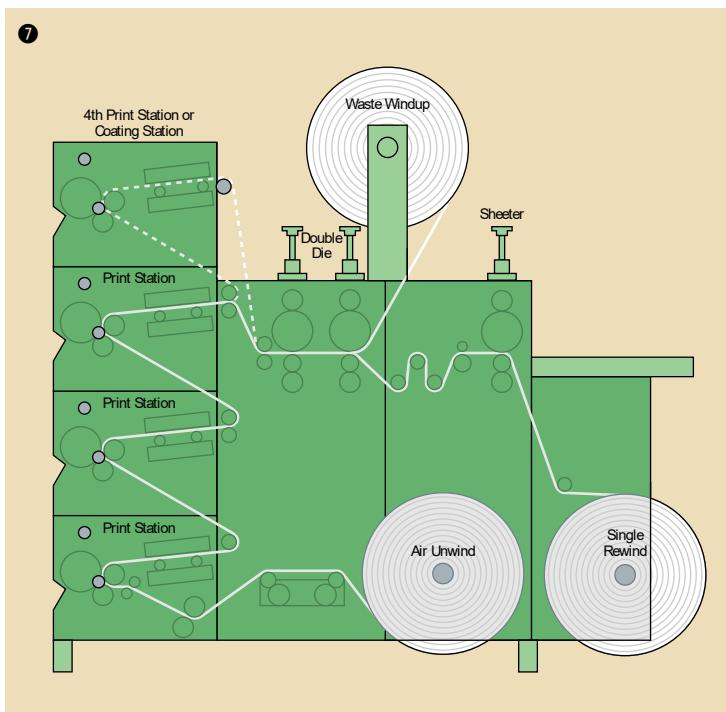
of three layers: a polyester backing sheet, a photopolymer layer to which the backing sheet is bonded, and a cover sheet to protect the printing and image face.



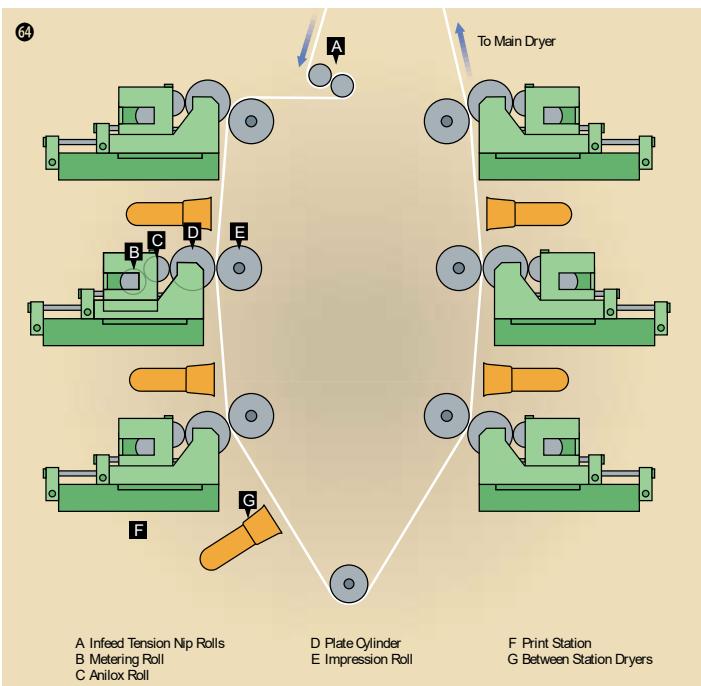
⑥ A typical central impression press configuration.



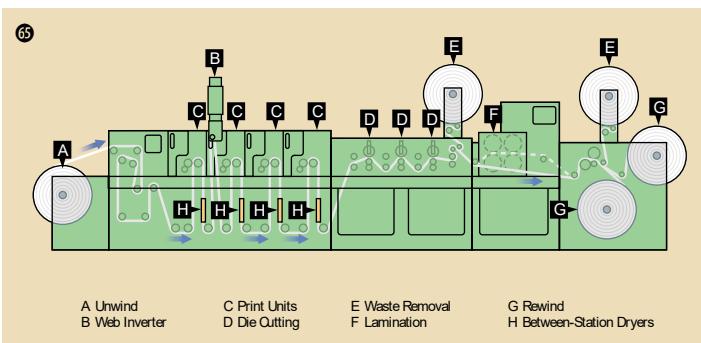
⑥ Installing an intermediate web guide immediately ahead of the first print station, either in lieu of or in addition to, the unwind guide, there is a great distance between the unwind and the first print station.



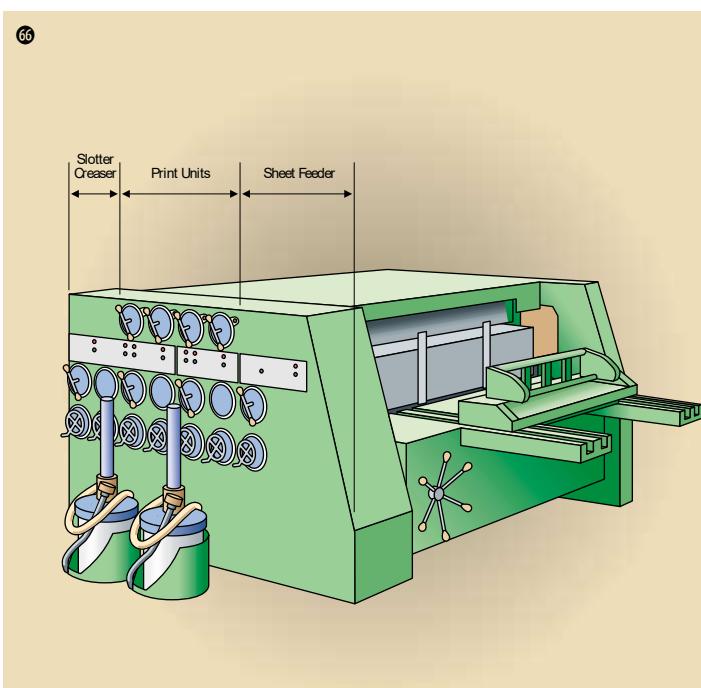
⑦ A typical four-color narrow-web stack press, also known as a vertical in-line press, can be configured with as many as eight print stations.



64 A typical stack press layout.

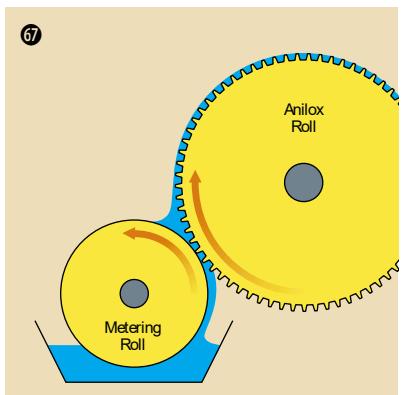


65 A typical in-line press layout.



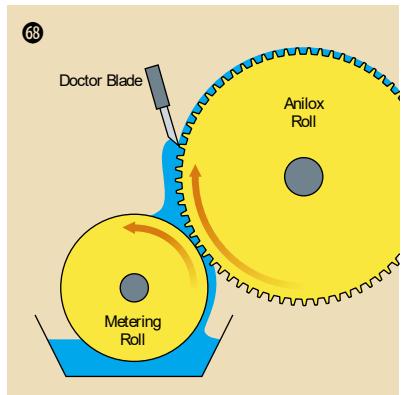
66 A typical sheet-fed corrugated press unit.

67



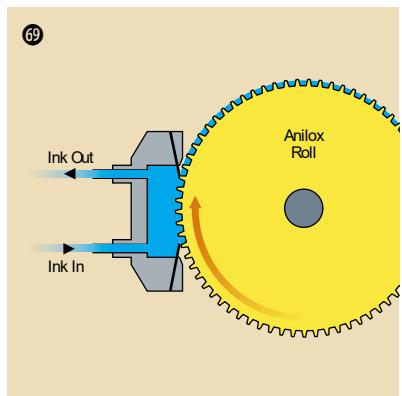
67 In a two-roll metering system, the anilox roll rotates at the same surface speed as the plate cylinder, while the fountain roll rotates at a constant slow speed. Both rolls, though, rotate at the same surface speed.

68



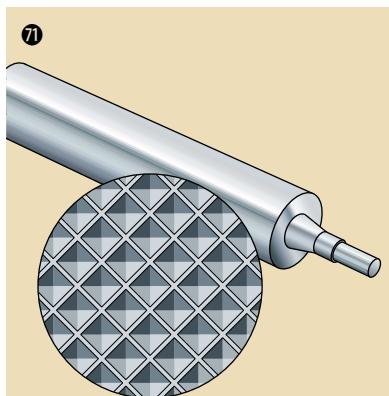
68 A reverse-angle doctor-blade system allows a precise ink-film thickness to be transferred to the printing plate at various operating speeds without press-side adjustments.

69



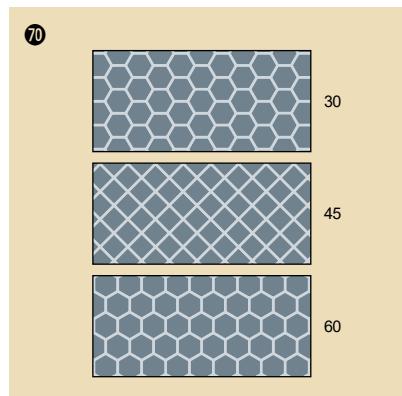
69 Chambered doctor-blades are the newest systems in flexography. Comprised of two doctor blades, a reverse-angle blade to doctor the ink from the anilox roll; and a containment blade, to hold the ink in the chamber.

71



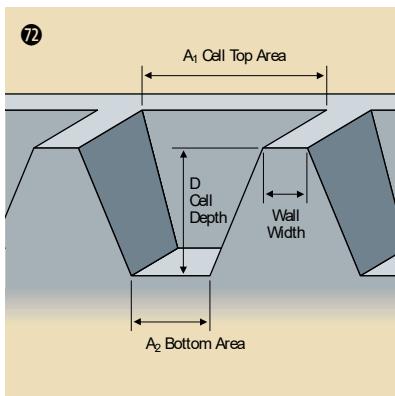
71 Enlarged detail of a mechanically-engraved anilox roll showing the reverse pattern made from the engraving tool used to emboss the surface of the roll.

70

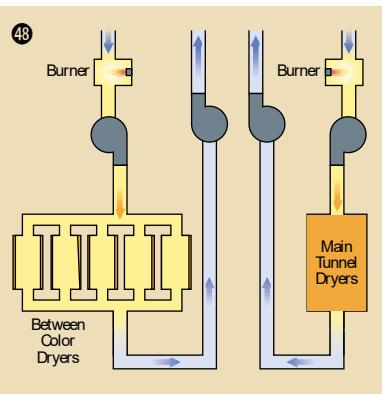


70 The different anilox engraving angles. 60° angle works best for flexographic printing. 45° angle is used for flexo printing of newspaper. 30° angle is used for industrial coating applications.

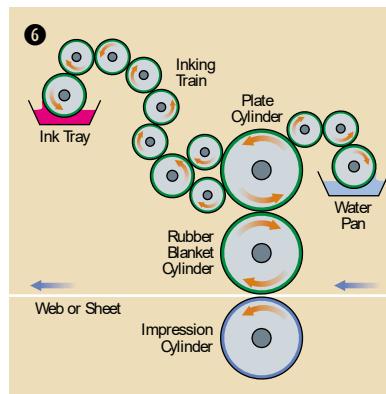
72



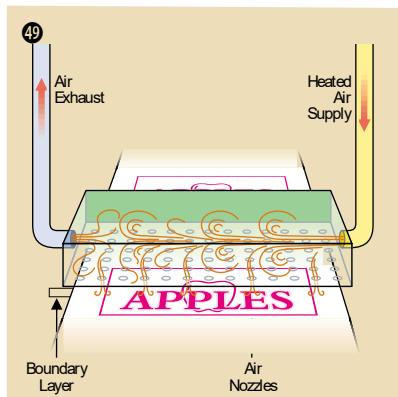
72 Volumetric carrying capacity is the amount of ink contained in the total number of cells within a square inch. Measurements of cell depth, cell opening at the top and the cell width at the bottom of the cell are then plugged into the specific volume formula.



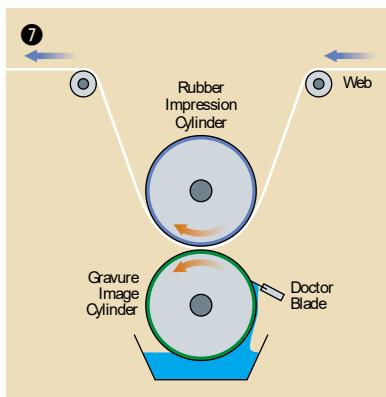
48 A typical dryer air-flow scheme.



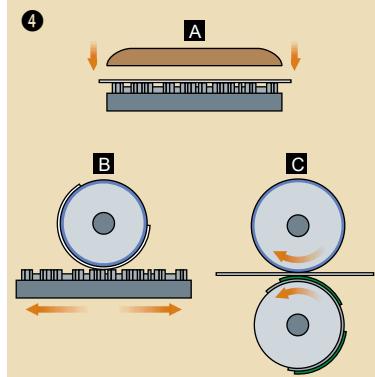
6 A typical offset lithography print station. The print station includes the inking train and water rollers, the plate, rubber blanket and impression cylinders.



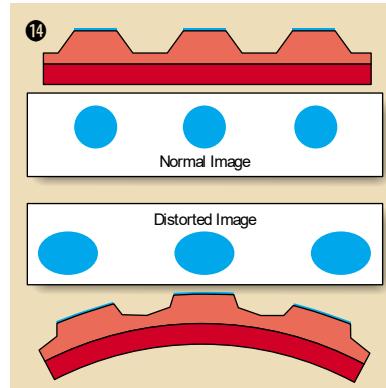
49 How a dryer works: The heated air is pushed onto the substrate through a series of air nozzles, narrow slots running perpendicular to the substrate travel, across the width of the substrate. After vaporizing the volatile component of the ink, the air is exhausted.



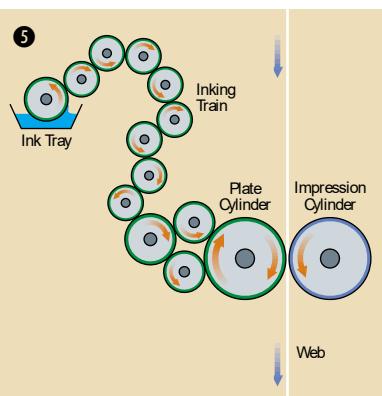
7 In a typical gravure print station, the ink station includes a gravure cylinder flooded with low-viscosity ink, which is doctored and then transfers the ink to the substrate.



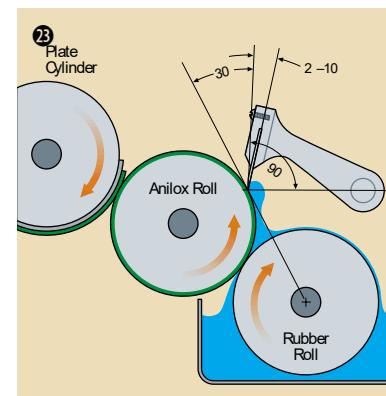
4 Typical letterpress configurations are platen (a), flatbed (b), and impression cylinder (c).



14 Flat images tend to elongate or distort when printed, caused by the curvature created by the flexible plate.



5 A typical rotary letterpress print station used mainly on newsprint presses. The print station includes an ink fountain and a steel fountain roller turning in contact with the thick paste ink.



23 The doctor blade should ideally make contact with the anilox roll at a 30° angle.