فناوری پلیمر ایران

فصلنامه علمی - ترویجی
سال دوم، شماره ۱، شماره پیاپی ۵، بهار ۱۳۹۶
Vol. 2, No. 1, Issue No.5, Spring 2017, Quarterly
صفحه ۴۰ - ۲۹

Iran Polymer Technology; Research and Development

کارت‌های هوشمند پلیمری

سید حمید سلیمی*، میثم شعبانیان، فضه آریانسب

کرج، پژوهشگاه استاندارد، گروه پژوهشی پتروشیمی

چکیده ...

امروزه، اکثر افراد همیشه با خود چندین نوع کارت مختلف از جمله کارت‌های اعتباری، کارت‌های شناسایی، کارت‌های مخصوص پرداخت پول بلیت درسامانه حمل و نقل عمومی(مترو) و غیره به همراه دارند. اگرچه تاکنون تنها از انواع مختلف پلاستیک‌ها برای تولید بدنه کارت استفاده شده است، ولی فرایندهای تولید بسیار متنوع است. عموما تصور می‌شود که تولید بدنه کارت، فرایندی غیرپیچیده با یک فناوری ساده است که اساساً شامل چسباندن چند تکه فویل پلاستیکی به یکدیگر است هرچند، این تصور اشتباه است و تولید کارت شامل مراحل پیچیده و نیازمند تسلط کامل بر فرایندهای شیمیایی به ویژه در زمینه مواد پلاستیکی و جوهر است. در این مقاله، پس از ذکر مقدمه تاریخی کوتاه در زمینه چگونگی اختراع و گسترش کارت‌های هوشمند، فرایندهای مختلف در زمینه تولید بدنه کارت به اختصار تشریح خواهد شد. افزون بر آن، فرایندهای مختلف چاپ بر روی بدنه کارت مورد بررسی قرار خواهد گرفت و در این میان دو فرایند مهم‌تر یعنی چاپ افست و اسکرین با جزئیات بیشتری بررسی خواهد شد.

واژه‌های کلیدی:

کارت هوشمند
کارت غیر تماسی
کارت با دو رابط
بدنه پلاستیکی کارت

*پست الکترونیکی مسئول مکاتبات:
hamidsalimi@gmail.com

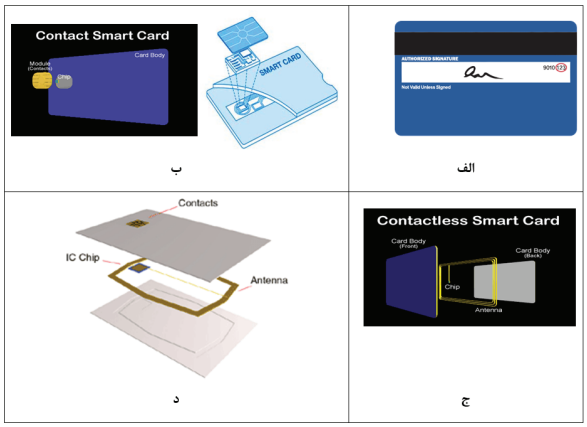
۱مقدمه

به عبارت ساده، هر کارتی را که برای انتقال اطلاعات به منظور کاربردی خاص مورد استفاده قرار می گیرد می‌توان تحت عنوان کارت‌های هوشمند طبقه‌بندی کرد. با این دیدگاه حتی کارت‌های اعتباری بانکی موجود با یک نوار مغناطیسی در پشت (شکل ۱ – الف) آن می‌تواند در این رده بندی جای گیرد. هرچند، در برخی از منابع، تنها از کارت‌های حاوی تراشه همچون کارت سوخت یا کارت هوشمند ملی جدید به این عنوان یاد می‌شود.

اگرچه تصور عمومی بر این است که تولید بدنه کارت فرایندی غیرپیچیده با یک فناوری ساده است و اساسا شامل چسباندن چند تکه فویل پلاستیکی به یکدیگر است، ولی کارت شامل مراحلی پیچیده و نیازمند تسلط کافی بر فرایندهای شیمیایی به ویژه در زمینه مواد پلاستیکی و جوهر است [۲-۱]. در این مقاله، پس از ذکر مقدمه‌ای کوتاه در زمینه پیشینه تاریخی تولید کارت، به معرفی مواد مورد استفاده در بدنه کارت خواهیم پرداخت. در ادامه، فرایندهای مختلف در زمینه تولید کارت به اختصار تشریح خواهد شد.

۱-۱ پیشینه تاریخی

تکثیر کارت‌های پلاستیکی به اوایل دهه ۵۰ میلادی در آمریکا باز می‌گردد. قیمت پایین PVC، تولید کارت‌های پلاستیکی بادوام و مستحکم را امکان‌پذیر ساخت. این کارت‌ها برای کاربردهای روزمره در مقایسه با کارت‌های کاغذی و مقوایی



شکل ۱ انواع کارت‌های هوشمند، الف) کارت بدون تراشه با نوار مغناطیسی (کارت‌های اعتباری بانکی)، ب) کارت هوشمند تماسی، ج) کارت هوشمند غیر تماسی (مثلا کارت مترو)، د) کارت‌های با دو رابط (کارت هوشمند ملی جدید).

که پیش از این مورد استفاده قرار می‌گرفتند و در برابر تنش‌های مکانیکی و اثرات آب و هوایی به میزان کافی مقاومت نمی‌کردند، بسیار مناسب‌تر بودند.

در سال ۱۹۵۰ میلادی، Diners Club اولین کارت تمام پلاستیکی را برای مصارف عمومی صادر کرد. این کارت برای طبقه خاصی از افراد در نظرگرفته شده بود و دارنده آن می‌توانست به جای پول نقد، به اعتبار نام نیکش پرداخت انجام دهد. در آغاز تنها رستوران‌ها و هتل‌های ممتازتر، چنین کارت‌هایی را قبول می‌کردند. از این رو، این نوع کارت‌ها به عنوان کارت‌های سرگرمی و مسافرتی (Travel and Entertainment Card) شهرت یافتند.

ورود Visa و MasterCard به این حوزه، گسترش بسیار سریع پول پلاستیکی را در قالب کارت‌های اعتباری درپی داشت. این امر، ابتدا در ایالات متحده آمریکا و پس از چند سال در اروپا و سایر نقاط جهان اتفاق افتاد.

امروزه کارت‌های اعتباری، خرید بدون پول نقد را برای مسافران در سراسر جهان امکان‌پذیر ساخته است. دارنده کارت هیچگاه در زمینه شیوه پرداخت دچار مشکل نشده، در عین حال از خطر دزدی و سایر حوادث پیش‌بینی نشده به ویژه در هنگام سفر، مصون است. ویژگی‌های منحصر به فرد کارت‌های اعتباری، گسترش سریع آن‌ها را در سراسر جهان به دنبال داشته است. هر ساله میلیاردها کارت در کشورهای مختلف تولید می‌شود.

عملکرد این کارت‌ها در آغاز بسیار ساده بود و از آن‌ها به عنوان محیطی ایمن برای ذخیره‌سازی اطلاعات، که از جعل و دستکاری در امان بود، استفاده می‌شد. مشخصات عمومی، همچون نام صادر کننده کارت بر روی سطح کارت چاپ می‌شد، در حالی‌که مشخصات فردی، مثل نام دارنده کارت و شماره کارت به صورت برجسته بر روی کارت حک می‌شد. در برخی کارت‌ها محلی برای امضای دارنده کارت وجود داشت. در این نسل اولیه از کارت‌ها، محافظت در برابر جعل از طریق ویژگی‌های بصری مانند چاپ امنیتی و محل امضا فراهم می‌شد. در نتیجه، ایمنی سامانه به شدت به تجربه و وجدان کارمندان سازمان پذیرنده کارت بستگی داشت. با افزایش استفاده از کارت‌ها و رشد فزاینده تهدیدات ناشی از جنایت‌های سازمان یافته، این فناوری امنیتی و عملکرد نسبتاً ابتدایی، دیگر کارساز نبود.

ضرر و زیان‌های وارد شده به بانک‌ها درنتیجه ورشکستگی مشتریان و تقلب که سال به سال افزایش می‌یافت، تولید کارت‌های قابل خواندن توسط ماشین را امری ضروری

ساخت. اولین پیشرفت، استفاده از یک نوار مغناطیسی در پشت کارت بود که ذخیره‌سازی داده‌های دیجیتال را روی کارت به صورت قابل خواندن توسط ماشین، به عنوان مکملی برای داده‌های بصری، امکان‌پذیر می‌کرد (شکل ۱- الف). به این ترتیب مصرف رسیدهای کاغذی به حداقل رسید. هرچند، لازم بود تا روش‌هایی برای حذف کامل کاغذ توسعه یابد. روشی که به طور گسترده کاربرد یافت استفاده از یک شماره شناسایی شخصی رمزی یا (Personal Identification Number (PIN)) بود که با شماره مرجع در سامانه اصلی مقایسه می‌شد. بسیاری از افراد با این روش، به دلیل استفاده از کارت های بانکی در دستگاه‌های خودپرداز، آشنا هستند. کارت های نقش برجسته با یک نوار مغناطیسی و یک کد PIN، هنوز هم متداول‌ترین نوع کارت پرداخت به شمار می‌روند.

هرچند فناوری نوار مغناطیسی دارای ضعفی بسیار اساسی است. در واقع، هر شخصی که دسترسی به ابزار مناسب داشته باشد، می‌تواند آزادانه داده‌های ذخیره‌سازی شده روی نوار مغناطیسی را خوانده، حذف یا بازنویسی کند. به این ترتیب، این روش برای ذخیره سازی اطلاعات محرمانه مناسب نیست. بنابراین لازم است تا روش‌های جدیدی به کار گرفته شوند. از این رو، اکثر سامانه‌هایی که از کارت‌های دارای نوار مغناطیسی استفاده می‌کنند، به دلایل امنیتی با رایانه میزبان (Host) دارای ارتباط برخط (Online) هستند. هرچند، این موضوع موجب بالا رفتن هزینه‌هاست. بنابراین، به منظور به حداقل رساندن هزینه‌ها، لازم است تا راه‌حلی یافت شود تا امکان تراکنش‌های کارت را به صورت برون خط (Offline) و بدون در خطر انداختن امنیت سامانه، فراهم سازد.

پیشرفت سریع میکروالکترونیک در دهه هفتاد میلادی، امکان تولید کارت‌های دارای تراشه سیلیکونی را فراهم ساخت. ایده وارد کردن تراشه در کارت، اولین بار در سال ۱۹۶۸ میلادی توسط دو مخترع آلمانی به نام‌های Dethloff و Grötrupp در یک سند ثبت اختراع (Patent) مطرح شد. هرچند، پیشرفت اصلی در توسعه کارت‌های هوشمند، به هنگامی مربوط می‌شود که Moreno در سال ۱۹۷٤ در فرانسه، اختراع خود را در این زمینه به ثبت رساند. اختراعات اصلی در زمینه فناوری کارت‌های هوشمند به کشورهای فرانسه و آلمان باز می‌گردد، از این رو، تعجب‌آور نخواهد بود که این کشورها نقشی پیشرو را در توسعه و بازاریابی این محصول ایفا می‌کنند.

کارت‌های هوشمند بدون تماس (شکل ۱ – ج) که در آن‌ها انتقال داده از طریق میدان مغناطیسی و بدون هیچگونه تماس الکتریکی صورت می‌گیرد، بعد از تأخیری ده ساله نسبت به کارت‌های هوشمند تماسی معمول، وارد بازار شدند [۲].

۱–۲ انواع کارت‌ها و کاربردها

براساس مطالب بخش قبل، روشن است که کاربردهای بالقوه کارت‌های هوشمند بسیار متنوع است. با رشد پیوسته ظرفیت‌های ذخیره‌سازی و پردازش در دسترس مدارهای مجتمع، گستره کاربردهای این محصول به طور مداوم در حال افزایش است. هرچند، بیان همه این کاربردها در این مختصر امکان پذیر نیست. از این رو، به ذکر چند مثال اکتفا می‌شود.

کارت‌های هوشمند را به طور ساده می‌توان به سه دسته کارت‌های حافظه (Memory Card)، پردازشگر(Processor Card) و بدون تماس (Contactless Card) (شکل ۱) تقسیم‌بندی کرد. اولین نوع از کارت‌های هوشمند که در مقیاس گسترده مورد استفاده قرار گرفتند، کارت‌های حافظه برای پرداخت حق مکالمه تلفن بودند. در این کارت‌ها مقدار موجودی پول کارت، که به صورت الکترونیکی بر روی یک تراشه ذخیره شده است، به هنگام خرید کارت، پرداخت می‌شد. با هر مکالمه، هزینه مربوط از این عدد کم می‌شود. کارت‌های حافظه از نظر عملکردی دارای محدودیت هستند. این کارت‌ها علاوه بر پرداخت حق مکالمه تلفنی، در همه مواردی که کالا یا خدمات به صورت پیش پرداخت فروخته می‌شوند، همچون سامانه حمل و نقل عمومی، دستگاه‌های فروش خودکار از هر نوع، پارک خودرو و غیره مناسب هستند. مهم‌ترین مزیت کارت‌های حافظه، فناوری ساده و بنابراین قیمت پایین آن‌ها است و مهم‌ترین عیب این کارت‌ها، یکبار مصرف بودن آن‌هاست و به محض خالی شدن وجه کارت، دیگر قابل استفاده نخواهد بود.

نوع دیگری از کارت‌های هوشمند، کارت‌های پردازشگر هستند. این نوع از کارت‌ها اولین بار به عنوان کارت‌های بانکی در فرانسه استفاده شدند. از آنجا که پردازنده گنجانده شده در کارت، قابل برنامه‌نویسی است، عملکرد کارت‌های پردازشگر، تنها از طریق مشخصات فنی پردازنده آن محدود می‌شود. مهمترین مزیت‌های کارت‌های پردازشگر، ظرفیت ذخیره بالا، ذخیره ایمن داده‌های محرمانه و توانایی اجرای الگوریتم‌های رمزنگاری است. این مزیت‌ها گستره وسیعی از کاربردهای جدید را علاوه بر کاربردهای مرسوم بانکی

امکان‌پذیر می‌سازد. بدون وجود این نوع از کارت‌ها، تلفن‌های همراه قطعاً به این سرعت در سراسر اروپا و جهان توسعه نمی‌یافتند. قابلیت‌های این نوع از کارت‌ها با هیچ وسیله‌ای محدود نشده و با گسترش فناوری، گسترش می‌یابد.

پیشرفت سریع فناوری، کاهش چشمگیر مصرف تراشه کارت‌های هوشمند را به دنبال داشته است. در نتیجه، کارت‌های بدون تماس (شکل ۱- ج)، که در آن‌ها انرژی و داده بدون هیچگونه تماس الکتریکی میان کارت و پایانه منتقل می‌شود، در قالب کارت‌های حافظه یا پردازشگر به طور انبوه و با قیمتی ارزان به بازار عرضه شدند. این نوع از کارت‌ها به ویژه برای کاربردهایی که به شناسایی سریع نیاز است، همچون مترو، مناسب‌اند.

درصورتی که پرداخت غیر تماسی در فواصل نسبتاً دور امکان‌پذیر باشد، برداشت پول از کیف پول الکترونیکی بدون اطلاع دارنده کارت، برای مثال توسط کلاه‌برداران امکان‌پذیر می‌شود. از این رو، کارت‌هایی با دو رابط (Dual Interface Card) به بازار عرضه شدند. در این نوع از کارت‌ها انتقال اطلاعات با پایانه هم به صورت تماسی و هم غیر تماسی (شکل ۱- د) به صورت دلخواه امکان‌پذیر است[۲].

۲ بدنه کارت

هر کارت بسته به نوع آن شامل تعداد زیادی از اجزای عملکردی مختلف است [۲-۱]. شماری از اجزای عملکردی نوعی عبارتند از:

- نوار مغناطیسی
- جای امضا
- محل چاپ برجسته
- محل چاپ اطلاعات شخصی به وسیله پرتو لیزر (متن، عکس، اثر انگشت)
- هالوگرام
- چاپ امنیتی
- ویژگی‌های صحه‌گذاری نامرئی (برای مثال، فلورسانس)
- تراشه تماسی یا تراشه با آنتن

بعضی مواقع، حتی در کارتی نسبتاً کوچک با ضخامت تنها ۰/۷۶ میلیمتر، وجود تعداد زیادی از اجزای عملکردی مختلف ضروری است. هر یک از این اجزا به شدت نیازمند کیفیت مناسب مواد مورد استفاده و فرایند تولید هستند. مواد بدنه کارت و همچنین تولید آن به کاربرد جزء مورد نظر و همچنین تنشی که باید در طول استفاده تحمل کند، وابسته است. حداقل الزامات مربوط به استحکام کارت در استانداردهای ISO به شماره‌های ۷۸۱۰ [۳]، ۷۸۱۳ [٤] و ۷۸۱٦ قسمت اول [۵] مشخص شده است (شایان گفتن است که استاندارد ایران- ایزو- آی ای سی ۷۸۱۰ [٦] ترجمه ISO به شماره ۷۸۱۰ منتشر شده در سال ۲۰۰۳، استاندارد ملی ایران ۸٤۵٤ [۷] ترجمه ISO به شماره ۷۸۱۳ منتشر شده در سال ۲۰۰٦ و استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۲۳۲ [۸] ترجمه ISO به شماره ۷۸۱٦ قسمت اول منتشر شده در سال ۲۰۱۱ است. استانداردهای ملی ایران از درگاه سازمان ملی استاندارد ایران به رایگان در دسترس است).

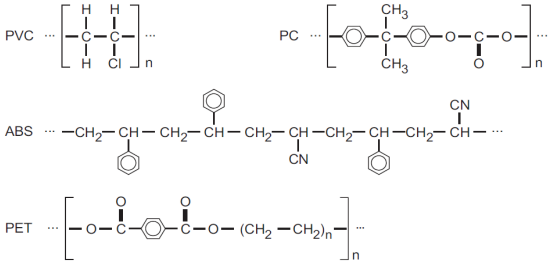
این الزامات به حوزه‌های زیر مرتبط است:

- استحکام مکانیکی کارت و محل تماس
- مقاومت در برابر دما
- پروفیل سطح کارت
- تخلیه الکتریکی
- حساسیت الکترومغناطیسی
- تابش فرا بنفش
- تابش اشعه ایکس

روش‌های آزمون برای بسیاری از این الزامات در استاندارد ISO/IEC به شماره ۱۰۳۷۳[۹] مشخص شده است (شایان گفتن است که سازمان ISO این استاندارد را در ۹ بخش منتشر کرده که تقریباً تمامی این بخش‌ها ذیل شماره کلی ۸٤۵۳ [۱۰] توسط سازمان ملی استاندارد ایران ترجمه شده و به رایگان در دسترس است).

از آنجا که تراشه‌ای ترد و شکننده همچون شیشه، به عنوان یک‌جسم خارجی ظریف، در میان کارت الاستیکی جای

شکل ۲ دستگاهی برای انجام آزمون‌های خمشی دینامیک روی کارت‌های هوشمند [۲].



شکل ۳ فرمول‌های ساختاری مهم‌ترین پلاستیک‌های مورد استفاده به عنوان بدنه کارت [۲].

گرفته است، آزمون خمش (شکل ۲) و پیچ خوردگی به ویژه برای کارت‌های هوشمند مهم است. برای محافظت تراشه در برابر تنش‌های مکانیکی حاصل از خمش و پیچ‌خوردگی کارت، ویژگی‌های ساختاری ویژه‌ای مورد نیاز است.

۳ مواد مورد استفاده در بدنه کارت

از مواد گوناگونی برای تولید بدنه کارت استفاده شده است[۲-۱] . فرمول ساختاری مهمترین مواد در شکل ۳ نشان داده شده و مشخصه‌های اصلی آنها در جدول ۱ گردآوری شده است. اولین ماده‌ای که برای تولیدکارت‌های هویتی به کار گرفته شد و هنوز نیز به طور گسترده از آن استفاده می‌شود، پلی‌وینیل کلرید (PVC) بود که پلیمری گرمانرم و آمورف است. این پلیمر در مقایسه با سایر مواد در دسترس برای کارت، دارای پایین‌ترین قیمت بوده، فراورش آن آسان است و برای گستره وسیعی از کاربردها مناسب است. از این پلیمر در سراسر جهان برای تولید کارت‌های اعتباری

جدول ۱- مشخصه‌های مواد متداول مورد مصرف برای تولید بدنه کارت. قیمت نسبی بر پایه قیمت PVC است [۲].

خواص	PVC	ABS	PC	PET
استفاده اولیه	کارت‌های اعتباری	کارت‌های تلفن همراه	کارت‌های شناسایی	کارت‌های بیمه درمانی
ویژگی اصلی	ارزان قیمت	پایدار از لحاظ گرمایی	بادوام	دوستار محیط زیست
تولید کارت	فقط ورقه	ورقه و قالب‌گیری تزریقی	ورقه و قالب‌گیری تزریقی	ورقه و قالب‌گیری تزریقی
تحمل گرمایی (Heat tolerance)	۶۵-۹۰ °C	۷۵-۱۰۰ °C	۱۶۰ °C	تا حدود ۸۰ °C
تحمل سرمایی	در حد متوسط	بالا	در حد متوسط	در حد متوسط
پایداری مکانیکی	خوب	خوب	خوب	خیلی خوب
برجسته نویسی	خوب	ضعیف	خوب	خوب
چاپ	خوب	در حد متوسط	در حد متوسط	خوب
مهر داغ (مثلا برای اعمال هالوگرام)	خوب	خوب	مشکل	خوب
حکاکی با لیزر	بلی	ضعیف	خوب	خوب
طول عمر نوعی	۲ سال	۳ سال	۵ سال	۳ سال
هزینه	۱	۲	۷	۲/۵
جنبه‌های زیست-محیطی	به هنگام سوختن ممکن است، دیوکسین‌ها آزاد شوند. پایدارکننده‌ها حاوی فلزات سنگین هستند.		به هنگام سوختن مواد سمی آزاد نمی شود .	درحال حاضر ، این پلیمر زیست سازگارترین ماده برای تولید بدنه کارت است. هنگام سوختن مواد سمی آزاد نمی‌شود.
جنبه‌های ویژه	ذهنیت منفی عمومی پایداری گرمایی پایین		مقاومت پایین در برابر خش	

استفاده می‌شود. از جمله عیوب PVC می‌توان به طول عمر محدود به واسطه زوال فیزیکی و مقاومت محدود در برابر گرما و سرما اشاره کرد. از آنجا که استفاده از قالب‌گیری تزریقی در مورد PVC امکان‌پذیر نیست، از آن به صورت ورق برای تولید بدنه کارت استفاده می‌شود. این پلیمر همچنین از نظر زیست محیطی، پلیمری خطرناک به شمار می‌آید، زیرا برای تهیه آن به ماده سرطان‌زای وینیل کلرید نیاز است. به علاوه، هیدروکلریک اسید و (در شرایط نامطلوب) احتمالاً دیوکسین به هنگام سوختن آن آزاد می‌شود. از سویی دیگر، در مورد PVC اغلب از ترکیبات حاوی فلزات سنگین به عنوان پایدار کننده، استفاده می‌شود. با این وجود، PVC تاکنون پرمصرف‌ترین ماده برای تولید کارت است، که به دلیل قیمت پایین و مشخصه‌های فراورش خوب آن است، اما به واسطه خواص زیست محیطی نامطلوب PVC، مصرف آن سال به سال کاهش یافته است و بسیاری از تولیدکنندگان کارت به دلایل زیست محیطی استفاده از PVC را کنار گذاشته‌اند.

برای اجتناب از معایب PVC، گاهی اوقات از پلیمر آکریلونیتریل بوتادی‌ان استیرن (ABS) استفاده می‌شود. ABS نیز پلیمری آمورف و گرمانرم است که بارزترین مشخصه‌های آن استحکام بالا و مقاومت در برابر دمای بالاست. از این رو، از این پلیمر به طور معمول برای سیم کارت‌های تلفن همراه، که آشکارا ممکن است در معرض دماهای نسبتاً بالا قرار گیرند، استفاده می‌شود. قابلیت فراورش ABS به صورت ورق یا بوسیله قالب‌گیری تزریقی وجود دارد. این پلیمر دارای هیچگونه مشکلات زیست‌محیطی شناخته شده نیست. پلی‌کربنات (PC)، که ماده مصرفی در تولید CDها و DVDها نیز است، در مواردی که به ماندگاری و استحکام بالا نیاز است، به کار گرفته می‌شود. به دلیل پایداری گرمایی بالای این پلیمر، برای اعمال هالوگرام یا نوار مغناطیسی با استفاده از فرایند مهر داغ ، به دمای نسبتاً بالایی نیاز است. از آنجاکه پایداری گرمایی موادی که باید اعمال شوند، نسبتاً پایین است، ممکن است مشکلاتی بروز کند. مهم‌ترین عیب‌های پلی‌کربنات، مقاومت پایین در برابر خش، و هزینه بالا نسبت به سایر مواد مورد استفاده در کارت است. یکی دیگر از معایب پلی‌کربنات، استفاده از دو ماده سمی کلر و فسژن در تهیه آن است.

پلی‌اتیلن‌ترفتالات (PET)، پلیمر دوستار محیط زیستی است، که به طور عمده به جای PVC برای تولید کارت‌های هوشمند به کار می‌رود. این پلی‌استر، پلیمری گرمانرم است که هم به صورت آمورف (A-PET) و هم به صورت بلوری (PETP) در تهیه کارت‌های هوشمند مورد استفاده قرار گرفته است. هر دو نوع PET برای فراورش به صورت ورق یا به وسیله قالب‌گیری تزریقی مناسب هستند. هرچند چندلایه کردن PETP مشکل بوده، نیازمند مراحل اضافی، در فرایند تولید کارت است.

تلاش‌های بسیاری برای استفاده از مواد دیگری غیر از این چهار پلیمر صورت گرفته است. هرچند، کارت‌های تولیدی نتوانسته‌اند الزامات مورد نظر در استانداردهای مربوط را فراهم آورند. الزامات مورد نیاز برای کارت، در زمینه هزینه، ماندگاری و کیفیت بسیار بالاست و در حال حاضر تنها از طریق پلاستیک‌ها تأمین می‌شود.

۴ تولید بدنه کارت

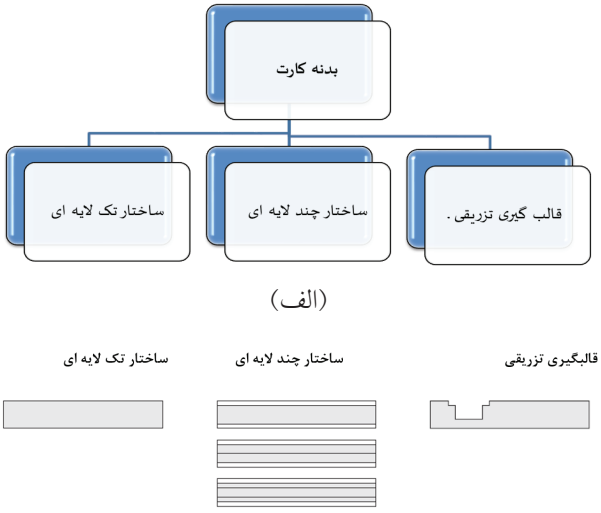
در اصل، بدنه کارت‌های هوشمند را می‌توان به سه روش مختلف تولید کرد (شکل ٤). این سه روش، از نظر ماندگاری کارت، کیفیت سطح و تعداد و نوع اجزای عملکردی که می‌توان در کارت جای داد، با یکدیگر تفاوت دارند. در ادامه هریک از این روش‌ها به اختصار تشریح خواهد شد.

۴-۱ کارت‌های تک لایه

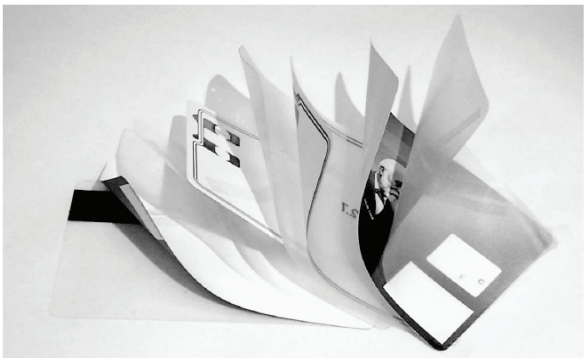
ساختار تک لایه‌ای، که شامل تک فویلی به ضخامت ۸۰۰ میکرومتر است، را می‌توان نوع ساده شده‌ای از ساختار چند لایه در نظر گرفت. تولید کارت‌های تک لایه‌ای کم هزینه‌تر بوده، اما کارت‌های تولیدی دارای دوام کمتری در مقایسه با کارت‌های چند لایه هستند و به علاوه امکان اضافه کردن اجزای عملکردی کمتری به کارت وجود دارد. برای مثال، کارت‌های تک لایه را نمی‌توان برای محافظت موارد چاپ شده روی سطح کارت در برابر خش، با استفاده از پوشش‌های شفاف مناسب چندلایه کرد[۲].

۴-۲ کارت‌های چند لایه

در این روش برای تولید بدنه کارت، چندین فویل پلاستیکی به صورت حرارتی به یکدیگر متصل می‌شوند. به فرایند اتصال فویل‌ها از طریق گرما و فشار بالا، چندلایه کردن گفته می‌شود. ضخامت فویل‌های مرکزی مورد استفاده



شکل ٤ الف) روش‌های تولید مختلف بدنه کارت‌های پلاستیکی، ب) ساختارهای متداول مورد استفاده برای بدنه کارت [۲].



شکل ۵ مثالی از کارت اعتباری غیر تماسی با هشت لایه [۲].

برای شکل دادن بخش درونی کارت در گستره ۱۰۰ تا ٦۰۰ میکرومتر است، در حالی که ضخامت فویل‌های پوششی در گستره ۲۵ تا ۳۰۰ میکرومتر است. در این نوع از کارت‌ها آزادی عمل در طراحی بیشتر است. افزون بر آن، این نوع از کارت‌ها بسیار بادوام بوده، همچنین امکان داخل‌سازی ویژگی‌های امنیتی در میان فویل‌ها وجود دارد.

در این نوع کارت‌ها تعداد لایه‌ها بسیار متغیر است و به الزامات مورد نیاز بستگی دارد. تاکنون، کارت‌هایی تا ۹ لایه نیز تولید شده‌اند (شکل ۵). یکی از مهم‌ترین الزامات طراحی در مورد این نوع از کارت‌ها این است که این کارت‌ها می‌بایست نسبت به لایه مرکزی متقارن باشند. در غیر این صورت، امکان تاب برداشتن کارت، وجود دارد. روش دیگری برای تولید کارت‌های چند لایه، استفاده از فیلم‌های کواکسترود شده به جای چندلایه کردن فویل‌هاست. فویل‌های کواکسترود شده از دو یا سه نوع مختلف از پلاستیک تشکیل شده‌اند که در طی اکستروژن درحالی که در حالت پلاستیکی یا مایع بوده‌اند، به هم اتصال یافته‌اند. ضخامت کلی این نوع از فویل‌ها در گستره ۲۰ تا ۲۰۰ میکرومتر است. فویل‌هایی با خواص مختلف را می‌توان از طریق به کارگیری ترکیب‌های مناسب از پلاستیک‌ها به دست آورد. روش کواکستروژن، امکان کاهش تعداد لایه‌های کارت‌های چند لایه‌ای را با حفظ خواص کلی تقریباً درحد کارت‌های چند لایه‌ای تهیه شده به روش‌های مرسوم، فراهم می‌آورد [۲].

۴-۳ کارت‌های تولید شده به روش قالب‌گیری تزریقی

سومین روش برای تولید بدنه کارت‌های پلاستیکی، روش قالب‌گیری تزریقی است. این روش به تهیه کارت‌های تک لایه با همه مزایا و معایب آن منجر می‌شود. هرچند، تفاوت‌های کوچک، ولی مهمی در این زمینه وجود دارد. اکثر کارت‌های تولید شده به روش قالب‌گیری تزریقی از جنس ABS هستند، زیرا این پلیمر برای این فرایند کاملا مناسب است.

با قرار دادن یک فویل نازک چاپ شده (با ضخامت تقریبا ۸۰ میکرومتر) در قالب، می‌توان مستقیما در طی فرایند قالب‌گیری، عمل چاپ را روی سطح کارت انجام داد. اگر چه این روش، که به برچسب‌گذاری درون قالبی (In-Mold Labeling) معروف است، در مقایسه با چاپ افست یا اسکرین، در زمینه طراحی و جوهرهای چاپ، دارای محدودیت‌های خاصی است، اما از این نظر که می‌توان یک مرحله از فرایند تولید، یعنی انجام عمل چاپ با استفاده از دستگاه جداگانه، را حذف کرد، ارزشمند است. ویژگی دیگر این روش آن است که می‌توان حفره مربوط به قرارگیری تراشه را در همان فرایند قالب‌گیری ایجاد کرد. بنابراین، نیازی به فرایند سوراخ‌کاری بعد از تولید کارت نیست. دستگاه‌های قالب‌گیری تزریقی نوعی توانایی تولید حدودا ۳۰۰۰ کارت در ساعت را با استفاده از قالب چهار حفره‌ای یا در حدود ۵۲۰۰ کارت در ساعت را با استفاده از قالب هشت حفره‌ای دارند [۲].

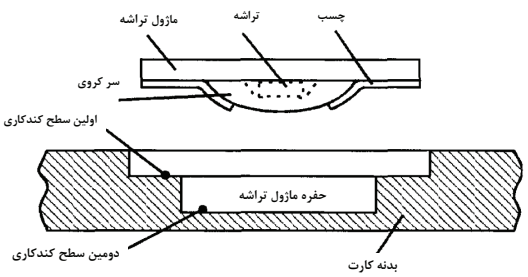
۴-۴ ایجاد حفره برای قرارگیری تراشه

پس از تولید بدنه کارت، تورفتگی لازم برای ماژول باید در کارت کنده‌کاری شود. البته فرایندهایی نیز وجود دارد که در آن‌ها فویل‌ها از قبل سوراخ می‌شوند، تا پس از

فرایند چندلایه کردن، محل قرارگیری ماژول آماده باشد. هرچند، از این روش‌ها به ندرت استفاده می‌شود. همچنین، در مورد بدنه کارت‌های تولید شده از طریق قالب‌گیری تزریقی، حفره طی فرایند قالب‌گیری ایجاد می‌شود [۲]. سطح پشت ماژول دارای برآمدگی است. از این‌رو، باید تورفتگی مناسب در بدنه کارت ایجاد شود (شکل ٦). همان طور که در شکل نشان داده شده است، بخش‌های مهم کارت هوشمند عبارتند از: حفره برای قرارگیری ماژول تراشه، ماژول تراشه (Chip Module) ، چسب برای اتصال ماژول تراشه با بدنه کارت و خود بدنه کارت [۱].

مسئله اصلی در مورد کارت‌های هوشمند این است که تراشه سفت و شکننده است. از سوی دیگر، کارت هوشمند، که تراشه در آن جای گرفته است، باید بسیار انعطاف‌پذیر بوده تا کارایی لازم را برای استفاده روزمره داشته باشد. یکی از راه حل‌های این مشکل، این است که ماژول تراشه به صورت انعطاف‌پذیری در حفره معلق باشد. با توجه به شکل ٦ مشخص است، حفره مربوط به ماژول تراشه در دو سطح کنده شده است. به این ترتیب، سطح تماس بزرگتری میان بدنه کارت و ماژول ایجاد می‌شود، به طوری که ماژول می‌تواند به صورتی بادوام به بدنه کارت متصل شود. از نظر مکانیکی نیز بهتر است که اتصال با بدنه کارت تنها از طریق لبه‌های ماژول برقرار شده، هیچ تماس فیزیکی میان برآمدگی موجود در پشت ماژول و بدنه کارت ایجاد نشود [۱].

عملیات کنده‌کاری باید با دقت بسیار زیادی انجام شود، زیرا، ضخامت باقیمانده ماده کارت در زیر عمیق‌ترین قسمت حفره در حدود تنها ۰/۱۵ میلیمتر است. نوسان دستگاه کنده‌کاری منجر به کوچک یا بزرگ شدن اندازه حفره و بنابراین از بین رفتن کارت می‌شود. این بخش بسیار حساس از فرایند با دستگاه‌های تمام خودکار انجام



شکل ٦ قرارگیری ماژول تراشه در حفره ایجاد شده در کارت [۱].

می‌شود. یک دستگاه نوعی توانایی عملیات بر روی ٦۰۰۰ کارت در ساعت را دارد [۲].

۴–۵ نصب آنتن در کارت‌های غیرتماسی

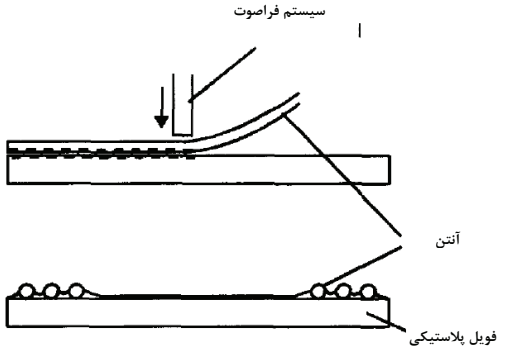
کارت‌های هوشمند غیرتماسی نیازمند سیم پیچ‌های آنتن برای انتقال قدرت و داده هستند. این سیم پیچ‌ها معمولاً مستطیلی شکل با گوشه‌های گرد و اندازه تقریباً برابر ٤٥ x ۷۵ میلیمتر بوده، معمولاً دارای ٤ دور هستند. تولید بدنه کارت با سیم پیچ، نیازمند تغییرات خاص در فرایند استاندارد تولید است.

روش‌های مختلفی برای قرار دادن آنتن در داخل کارت وجود دارد. برای مثال در یکی از روش‌ها از سیم مسی با لاک عایق و قطر ۱۵۰ میکرومتر استفاده می‌شود که به صورت دوکی شکل پیچیده شده است. این سیم پس از باز شدن از قرقره، روی فویل پلاستیکی قرار گرفته، در نهایت، به صورت گرمایی با فویل پیوند می‌خورد. این روش بسیار پیچیده بوده و به ندرت از آن استفاده می‌شود.

در روش دیگر، که بسیار کارامدتر است، سیم منفردی از طریق گرمایش با فراصوت، مستقیماً روی فویل پلاستیکی اعمال می‌شود. سیم مسی به آسانی با استفاده از انرژی فراصوت روی فویل پلاستیکی ذوب می‌شود. این روش، امکان تولید بسیار سریع آنتن را فراهم می‌سازد (شکل ۷) [۲–۱].

۴–۶ قرارگیری تراشه در محل حفره

صرف نظر از اینکه از چه روشی برای تولید بدنه کارت و ایجاد حفره استفاده می‌شود، ماژول باید در مرحله بعدی از فرایند تولید کارت در داخل بدنه کارت جای گیرد. معمولاً

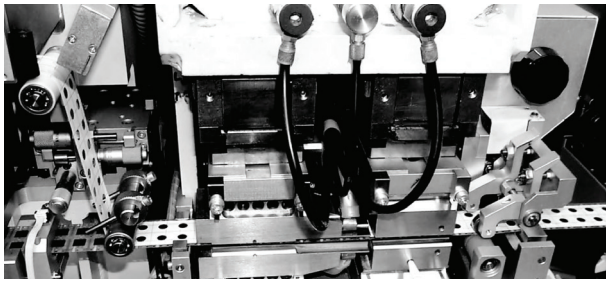


شکل ۷ اساس روش قرار دادن سیم آنتن در کارت‌های هوشمند غیرتماسی [۱].

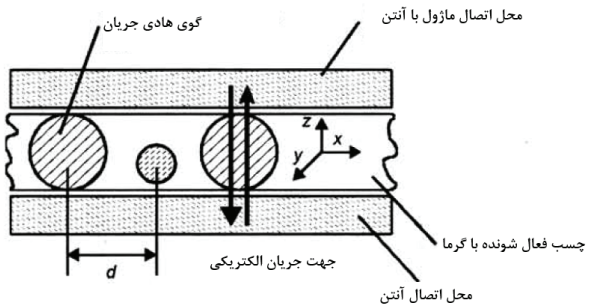
برای اتصال ماژول به بدنه کارت از نوار چسب خاصی از نوع ذوب شونده در گرما، که از دو طرف با چسب اندود شده، استفاده می‌شود. تنها سطح تکیه‌گاه در لبه ماژول، به بدنه کارت چسبانده می‌شود و برآمدگی پشت ماژول به صورت آزاد باقی می‌ماند. به عبارتی دیگر، ماژول در بدنه کارت شناور است.

مراحل قرارگیری تراشه در بدنه کارت، به اختصار به این ترتیب است که در ابتدا نوار چسب به شکل مناسب سوراخ شده، سپس بر روی ماژول که خود نیز روی نوار ۳۵ میلیمتری حامل قرار گرفته، اعمال می‌شود، به طوری که تنها لبه‌های ماژول از چسب پوشانده می‌شود (شکل ۸). ماژول‌های مجزا در ادامه از نوار حامل جدا شده، به بدنه کارت چسبانده می‌شوند. دوام این اتصال چسبی به تنظیم مناسب سه مولفه گرما، فشار و زمان بستگی دارد.

یکی از مشکلات فرایند چسب زنی این است که ماژول باید برای چند ثانیه تا درجه حرارت حدوداً ۱۸۰°C گرم شود. اگر این فرایند بیش از اندازه طول بکشد، ممکن است ماژول در اثر گرمای اضافی از بین برود. در هر صورت، این گرمای مختصر به طور مصنوعی منجر به پیر شدن تراشه‌ها می‌شود. هرچند، این موضوع معمولاً دارای هیچ پیامد منفی



شکل ۸ دستگاهی برای اعمال نوار چسب روی ماژول‌های قرار گرفته بر روی یک نوار ۳۵ میلیمتری. نوار ماژول از سمت چپ و نوار چسب از سمت چپ بالا وارد دستگاه می‌شود [۲].



شکل ۹ اساس یک چسب هادی آنیزوتروپی فعال شونده با گرما [۱].

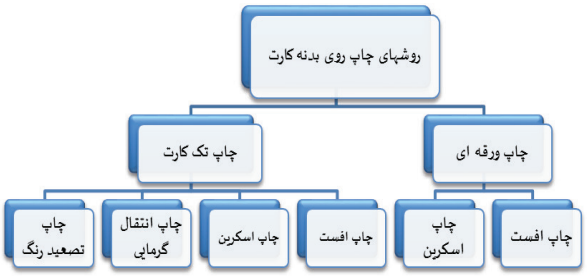
نیست. برخی دستگاه‌ها قادرند تا ۶۰۰۰ ماژول در ساعت را در کارت جای دهند [۲].

اساس این روش برپایه چسب به کار رفته استوار است. چسب‌های مورد استفاده در این روش جریان الکتریکی را فقط در راستای محور z از خود عبور می‌دهند. به منظور ایجاد اتصال الکتریکی میان ماژول تراشه و آنتن، چسب، با گوی‌های اندود شده با نقره پر شده است. این گوی‌ها می‌توانند انعطاف‌پذیر (از جنس پلاستیک) و یا سخت (از جنس شیشه) باشند. برای آنکه عبور جریان الکتریکی در راستای محورهای x یا y اتفاق نیافتد، باید فاصله d میان این گوی‌های هادی به اندازه کافی زیاد باشد، تا از تماس میان آن‌ها جلوگیری شود (شکل ۹).

تنها محدودیت این نوع از اتصال آن است که محل اتصال آنتن می‌بایست در عمق مشخصی (z) از سطح کارت باشد. مثلاً برای ماژول تراشه با ضخامت نوار حامل در حدود ۲۰۰ میکرومتر، محل اتصال آنتن باید در عمق ۲۳۰ تا ۲۵۰ میکرومتری از سطح کارت باشد. مقدار دقیق به ضخامت چسب مورد استفاده وابسته است [۱].

۴-۷ روش‌های چاپ بر روی سطح کارت

سطح چاپ شده بر روی کارت، مستقیماً توسط کاربر مشاهده می‌شود. از این رو، چاپ با کیفیت بالا روی کارت‌های هوشمند، یکی از جنبه‌های مهم تولید است. روش‌های مختلفی برای چاپ روی بدنه کارت موجود است (شکل ۱۰). از یک منظر، روش‌های چاپ را می‌توان به دو دسته کلی چاپ ورقه‌ای (Sheet Printing of Card Bodies) و چاپ تک کارت (Single-Card Printing) تقسیم‌بندی کرد. در روش چاپ ورقه‌ای، عملیات چاپ بر روی ورقه‌های بزرگی از جنس پلاستیک صورت می‌گیرد. بزرگی هر صفحه



شکل ۱۰روش‌های متداول برای چاپ روی بدنه کارت[۲].

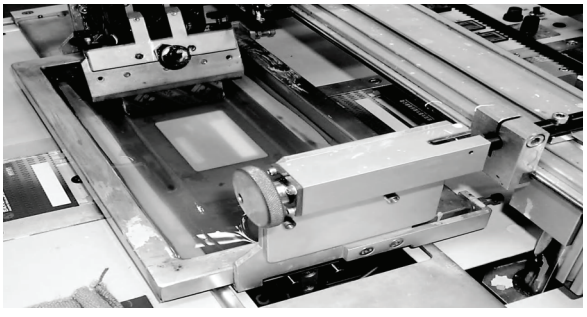
(چاپ انتقال گرمایی: Thermal Transfer Printing؛ چاپ تصعید رنگ: Dye Sublimation Printing)

پلاستیکی به حدی است که می‌توان بر روی آن تصاویر ۲۱ تا ٤٨ کارت را چاپ کرد (شکل ۱۱). این صفحات در ادامه، برای تولید تک کارت برش خواهند خورد. پشت و روی ورقه‌ها می بایست به طور جداگانه چاپ شوند.

نقطه مقابل روش چاپ ورقه‌ای، چاپ کارت‌ها به صورت مجزاست (شکل ۱۲)، که در این صورت، این عمل می‌بایست قبل از عملیات سوراخ‌کاری کارت برای ایجاد حفره انجام شود. خروجی دستگاه‌های چاپ از این نوع، ۱۲۰۰۰ کارت در ساعت است[۲].

در ادامه از میان چهار روش متداول برای تولید کارت (شکل ۱۰)، دو روش چاپ اسکرین(Screen Printing) و افست (Offset Printing) که از اهمیت بیشتری برخوردارند، به اختصار تشریح خواهند شد. شایان گفتن است که این دو روش برای چاپ تصویر ثابتی روی کارت به کار گرفته می شوند. برای چاپ مواردی همچون شماره سریال و یا اطلاعات هویتی شخص از روش‌های دیگر چاپ روی کارت‌ها استفاده می‌شود، که نیازمند به تشریح و توضیح بیشتری است که در این مقال نمی گنجد. در عمل عملیات چاپ، ترکیبی از چند روش چاپ است، یعنی مثلاً شماره

شکل ۱۱ ورقه‌های بزرگ پلاستیک هر یک حاوی ٤٨ تصویر از کارت [۲].



شکل ۱۲ دستگاه چاپ اسکرین به روش تک کارت [۲].

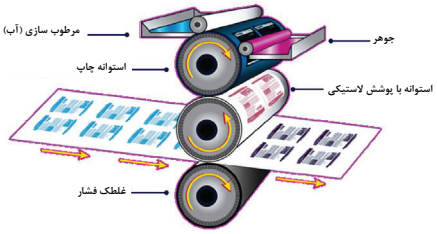
سریال با یک روش، تصویر زمینه با روشی دیگر و ... چاپ می‌شود.

۴-۷-۱ روش چاپ افست

در این روش، ابتدا فیلمی از تصویر تهیه می‌شود. در مرحله بعد، به نگاتیوها روی صفحه‌ای فلزی (آلومینیم یا روی)، که دارای پوششی حساس به نور است، نور داده می‌شود. نور از لامپ پرقدرت و از میان نگاتیو روی صفحه تابانده می‌شود و به این ترتیب تصویر روی صفحه نقش می‌بندد. این صفحه سپس تحت تأثیر مواد شیمیایی قرار می‌گیرد. در دستگاه چاپ افست، این صفحه از یک طرف به وسیله استوانه مرطوب‌کننده مرطوب می‌شود. هنگامی که این صفحه از طرف دیگر تحت تماس با جوهر قرار می‌گیرد، بعضی از مناطق جوهر را جذب و برخی دیگر دفع می‌کنند. این صفحه فلزی که روی یک استوانه چرخان بسته شده، سپس تصویر جوهری را به استوانه‌ای با پوشش لاستیکی انتقال می‌دهد. این استوانه چرخان لاستیکی به نوبه خود، تصویر را به فویل پلاستیکی منتقل می‌کند (شکل ۱۳).

با این روش می‌توان جزئیات ظریف‌تری را در مقایسه با چاپ اسکرین، بر روی کارت چاپ کرد. به علاوه، جوهرهای مورد استفاده در چاپ افست، تحت نور ماورای بنفش خشک می‌شوند. این عمل بلافاصله پس از عملیات چاپ اتفاق می‌افتد. این موضوع از آنجا حائز اهمیت است که می‌توان کارت‌های چاپ شده را مستقیماً بعد از چاپ روی هم انباشت. هرچند، اضافه کردن هالوگرام یا نوار مغناطیسی روی پوشش پخت شده با UV با استفاده از روش مهر داغ (Hot-Stamp Method) امکان‌پذیر نیست، زیرا این پوشش‌ها گرمانرم نبوده و روش مهر داغ نیازمند چنین بستری است.

این روش برای تصاویر رنگی با وضوح بالا و حجم بالای تولید مناسب است. هرچند در صورتی که افزودن عناصر عملکردی دیگری همچون هالوگرام ضروری باشد، می‌بایست عملیات چاپ روی کل کارت یا بستری



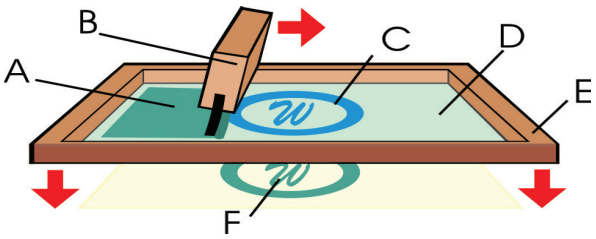
شکل ۱۳ اساس روش چاپ افست [۱۳].

که این عناصر روی آن قرار می‌گیرد، با استفاده از جوهرهای ترموپلاستیک و روش چاپ اسکرین، انجام شود [۱۲-۱۱، ۲-۱].

۴-۷-۲ روش چاپ اسکرین

اسکرین، در واقع چارچوبی آلومینیومی یا چوبی است که یک توری ظریف نایلونی روی آن کشیده شده است. توری با فیلم یا امولسیونی حساس به نور اندود شده است، که به هنگام خشک شدن، سوراخ‌های موجود در توری را مسدود می‌کند. با استفاده از دوربین، تصویری که باید چاپ شود، به صورت فیلم تهیه می‌شود. این فیلم پازتیو (مثبت) و توری، روی چارچوب با هم جفت شده و در معرض نور قرا بنفش قرار می‌گیرند. اسکرین، سپس با جریان شدیدی از آب شسته می‌شود. این جریان آب، امولسیون حساس به نوری را که در اثر نور فرابنفش سخت نشده است، با خود می‌شوید. بدین ترتیب، شابلون (Stencil) بازی حاصل می‌شود که دقیقاً مطابق تصویر روی فیلم است.

فویلی که باید چاپ روی آن صورت گیرد، در محلی زیر اسکرین و جوهر در بالای اسکرین قرار می‌گیرد. تیغه لاستیکی با دسته فلزی یا چوبی که اسکویی‌جی(Squeegee) نامیده می‌شود، روی اسکرین کشیده می‌شود. بنابراین، جوهر از بخش‌های نفوذپذیر توری به سطح دیگر، روی فویل می‌رسد. بدین ترتیب، می‌توان نقش مورد نظر را با رنگ‌های مختلف روی سطح چاپ کرد (شکل ۱۴).



شکل ۱۴ اساس روش چاپ اسکرین [۱۴]. A: جوهر، B : تیغه لاستیکی با دسته فلزی یا چوبی(اسکویی‌جی)، C : تصویر، D : امولسیون حساس به نور، E : اسکرین، F : تصویر چاپ شده).

در روش چاپ اسکرین، جوهر با روش تبخیر حلال خشک شده و گرمانرم باقی می‌ماند. در نتیجه، می‌توان اجزای عملکردی اضافی را به آسانی روی سطح چاپ شده به طریق اسکرین، چندلایه کرد.

در عمل، روش‌های چاپ افست و اسکرین باهم به کار برده می‌شوند. برای مثال، سطوح تک رنگ بزرگ و بستر نوار مغناطیسی و هالوگرام، ابتدا با روش اسکرین چاپ می‌شوند و سپس، جزئیات در مرحله دوم با استفاده از چاپ افست اعمال می‌شود، زیرا، چاپ اسکرین توانایی رسیدن به چنان سطحی از جزئیات را ندارد [۱۴، ۲-۱] .

۵ نتیجه‌گیری

تولید کارت‌های هوشمند، بسیار پیچیده و نیازمند فناوری بسیار بالایی در رشته‌های مختلف از جمله شیمی، مهندسی پلیمر و رنگ و مهندسی کامپیوتر و میکروالکترونیک است. روش‌های اشاره شده در این مقاله تنها نمونه‌ای از میان ده‌ها فناوری موجود برای تولید کارت است.

با گسترش روز افزون تجارت الکترونیک، مصرف کارت‌های پلاستیکی در قالب کارت‌های اعتباری روز به روز بیشتر می‌شود. افزون بر آن نیاز دستگاه‌های امنیتی در سازمان‌های مختلف به روش‌های شناسایی سریع، گسترش بیش از پیش کارت‌های هوشمند را در دهه‌های اخیر در پی داشته است. با توجه به مطالب فوق هیچ حدی را نمی‌توان برای بازار روبه رشد این صنعت در آینده تصور کرد.

مراجع

1. Haghiri Y. and Tarantino T., Smart Card Manufacturing: a Practical Guide, *John Wiley & Sons*, **2002**.

2. Rankl W. and Effing W., Smart Card Handbook, Translated by Cox K., Third Edition., *John Wiley & Sons*, **2010**.

3. ISO/IEC 7810, Identification Cards,Physical Characteristics.

4. ISO/IEC 7813, Information Technology, Identification cards , Financial Transaction Cards.

5. ISO/IEC 7816-1, Identification Cards, Integrated Circuit Cards, Part 1: Cards with Contacts -- Physical Characteristics.

۶- استاندارد ایران – ایزو – آی ای سی ۷۸۱۰، کارت‌های شناسایی – ویژگی‌های فیزیکی

۷- استاندارد ملی ایران ۸۴۵۴، فناوری اطلاعات – کارت‌های شناسایی – کارت‌های تراکنش مالی

۸- استاندارد ملی ایران ۱-۸۲۳۲ ، کارت‌های شناسایی- کارت‌های مدار مجتمع- قسمت ۱: کارت‌های دارای کنتاکت‌ها – مشخصات فیزیکی

9. ISO/IEC 10373, Identification Cards, Test methods.

۱۰- استاندارد ملی ایران ۸۴۵۳ ، کارت‌های شناسایی – روش‌های آزمون

11. Https://en.Wikipedia.org/wiki/Offset_Printing.

12. Http://www.OffsetprintingTechnology.com/sub-categories/Offset-Lithography.

13. Http://www.EmpirePackagingAnddisplays.com/litho-vs-Direct-Print.

14. Https://en.Wikipedia.org/wiki/Screen_Printing.