

اصول مدل سازی با تکنیک لایه گذاری در فرایند طراحی محصول

چکیده

هدف از ساخت مدل‌ها و پروتوتایپ‌ها، تجسم سه بعدی و فیزیکی هرچه بهتر کانسپت‌های شکل گرفته در فرایند طراحی محصول است تا بدین ترتیب بتوان با اطمینان بیشتری به مراحل بعدی و در نهایت تولید محصول طراحی شده گام نهاد. در واقع ساخت مدل و پروتوتایپ روشی است برای کنترل کیفیت فرایند طراحی و کسب اطمینان از موفقیت کانسپت‌های توسعه یافته. در فرایند طراحی محصول، از تکنیک‌ها و متریال‌های مختلف با توجه به در نظر گرفتن مسائلی همچون هزینه، زمان، در دسترس بودن متریال، مقیاس، کیفیت و هدف مورد نظر طراح، در ساخت مدل‌های صنعتی استفاده می‌شود. در مقاله پیش رو سعی شده است تکنیک لایه گذاری که یکی از چند تکنیک پرکاربرد طراحان محصول جهت عینیت بخشیدن به ایده‌ها و کانسپت‌هایشان است، معرفی و به صورت گام به گام آموزش داده شود. از جمله قابلیت‌های این تکنیک که آن را مناسب مدل سازی محصولات صنعتی می‌کند عبارت‌اند از: هر فرمی با هر درجه از پیچیدگی چه به صورت توپرو چه به صورت توخالی (پوسته‌ای) و با هر مقیاسی با این تکنیک قابلیت ساخت دارند. هر متریالی که به صورت ورق بوده و بتوان آن را با ابزارهای معمول، براده برداری کرد در این تکنیک قابل استفاده است. مدل، بسته به ضخامت ورق استفاده شده می‌تواند دقت ابعادی مورد نظر طراح را تأمین کند. در پایان، نمونه مدل‌های کار شده با تکنیک لایه گذاری به صورت تصویری و همراه با توضیحات مختصر آورده می‌شود.

کلیدواژه‌ها

طراحی محصول، مدل سازی، تکنیک لایه گذاری

a.haddadian@tabriziau.ac.ir

مقاله
ترویجی

در طی روند طراحی، طراح به ناچار به وسایلی جهت بیان کردن ذهنیت‌ها و ایده‌هایش به دیگران به روشی دقیق و مختصر احتیاج دارد. این وسایل و ابزارها شامل گزارش، اسکچ، نقشه و مدل‌سازی است. مراحل تجسم بخشیدن به ایده‌ها با شکل‌ها، حجم‌ها، کیفیت‌ها و رنگ‌ها شروع می‌شود که باید از آن‌ها به‌عنوان بیان‌های غیرابعدی یاد کرد. مرحله بعدی، توسعه دادن و بازیابی کردن شکل‌ها و تصاویر به کمک ابزارهایی از تکنیک‌های مدل‌سازی خواهد بود که باید به‌عنوان بیان و ارائه چندبعدی به آن اشاره کرد (Shimizu, 1991, p.24).

در پس هر طراحی محصول موفق، داستانی پراز ظرافت‌ها و تلاش‌های سخت نهفته است. حقیقت آن است که تبدیل یک ایده به یک محصول واقعی، زحمت و کار بسیاری می‌طلبد. طراحی محصول، فعالیتی پیچیده است و روشی که طراحان محصول همیشه از آن استفاده کرده‌اند، مدل‌سازی فیزیکی و قابل‌لمس است. در کنار مدل‌سازی‌های کامپیوتری، مدل‌های فیزیکی همچنان نقش مهم خود را که بررسی موشکافانه ایده است و در صفحه مانیتور کامپیوتر قابل حصول نیست، ایفا می‌کنند. مدل‌های فیزیکی می‌توانند سطحی متفاوت از تقابل و ارتباط بین تولیدکننده، طراح و کاربر ایجاد کنند (Hallgrimsson, 2012, p.6).

با توجه به اهمیت مدل و مدل‌سازی در فرایند طراحی محصول، سعی شده است تکنیک لایه‌گذاری که یکی از چند تکنیک پرکاربرد طراحان محصول جهت عینیت بخشیدن به ایده‌ها و کانسپت‌هایشان است، معرفی و به‌صورت گام‌به‌گام آموزش داده شود. از جمله قابلیت‌های این تکنیک که آن را مناسب مدل‌سازی محصولات صنعتی می‌کند عبارت‌اند از: هر فرمی با هر درجه از پیچیدگی چه به‌صورت توپرو چه به‌صورت توخالی (پوسته‌ای) و با هر مقیاسی با این تکنیک قابلیت ساخت دارند. هر مترالی که به‌صورت ورق بوده و بتوان آن را با ابزارهای معمول، براده‌برداری کرد در این تکنیک قابل استفاده است. مدل، بسته به ضخامت ورق استفاده شده می‌تواند دقت ابعادی موردنظر طراح را تأمین کند.

تکنیک لایه‌گذاری با توجه به قابلیت‌هایی که دارد، می‌تواند به راحتی و در کمترین زمان، ایده‌ها و کانسپت‌های اولیه طراحی را عینیت بخشیده و به تجسمی سه‌بعدی و قابل‌لمس تبدیل کند. برای معرفی این تکنیک، در ابتدا مقدمات و قابلیت‌ها و ویژگی‌های آن و متریاال‌هایی که برای این تکنیک بهترین و مناسب‌ترین هستند، معرفی می‌شود. سپس به‌صورت گام‌به‌گام یک طرح و ایده دویبعدی که دارای تصاویر و نقشه‌های لازمه است به کمک تکنیک مربوطه ساخته می‌شود و مراحل اجرای آن مدل توضیح داده می‌شود. در پایان، تعدادی از مدل‌های ساخته شده به کمک این تکنیک به‌صورت تصویری معرفی و نمایش داده می‌شود تا قابلیت‌های تکنیک لایه‌گذاری برای مخاطب مشخص شود. مطالب ارائه شده، تجربیات شخصی مؤلف در ساخت مدل‌های صنعتی با تکنیک لایه‌گذاری است.

تکنیک لایه‌گذاری

از متریاال موردنظر با ضخامت تعیین شده تبدیل می‌شود. این لایه‌ها روی یکدیگر چسبانده شده و طرح ساخته شده در محیط مجازی به یک فرم واقعی قابل‌لمس تبدیل می‌شود. یکی از نرم‌افزارهای جالب و کامل برای این تکنیک، محصول شرکت اتودسک^۴ است که به‌صورت خودکار فرم سه‌بعدی مجازی را با توجه به متغیرهایی مانند ضخامت لایه و جهت لایه، به لایه‌های مختلف تبدیل کرده و خروجی را به‌صورت فایل پی.دی.اف قابل پرینت آماده می‌کند. ولی در اینجا با توجه به آموزشی بودن مقاله، این مراحل به کمک نرم‌افزار اینو^۵ توضیح داده می‌شود.

قابلیت‌ها و محدودیت‌های تکنیک لایه‌گذاری

با توجه به نقش و اهمیت مدل‌ها و پروتوتایپ‌ها در خاتمه موفقیت‌آمیز

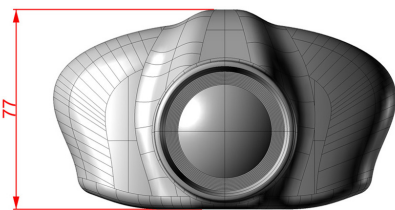
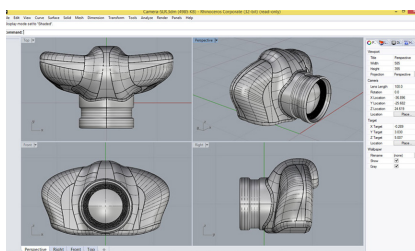
همان‌طور که از نام این تکنیک مشخص است، با روی هم قرار گرفتن لایه‌هایی از متریاال، حجم و فرم موردنظر شکل می‌گیرد. با توجه به نوع متریاال و ضخامت آن می‌توان به دقت و دیتیل‌های مختلف دست یافت. این دقیقاً همان روشی است که پرینترهای سه‌بعدی^۴ برای ساخت و تولید حجم‌ها در روش اف.دی.ام^۵ استفاده می‌کنند. در پرینترهای سه‌بعدی این لایه‌های پلیمر هستند که با دقتی در حد میکرون روی هم قرار می‌گیرند و حجم موردنظر ساخته می‌شود. در مدل‌سازی با تکنیک لایه‌گذاری، همانند پرینترهای سه‌بعدی نیاز به یک طرح سه‌بعدی مجازی است. به کمک نرم‌افزارهای مناسب، این طرح سه‌بعدی مجازی ساخته می‌شود و سپس به لایه‌هایی با ضخامت موردنظر تبدیل می‌شوند که هر یک از این لایه‌ها در محیط واقعی به ورقه‌هایی

فرایند طراحی و توسعه محصول، مواردی همچون زمان و هزینه، دقت و تطابق با واقعیت و مقیاس اهمیت زیادی دارد (هوانسیان، ۱۳۸۶). در اینجا قابلیت‌های تکنیک لایه‌گذاری براساس موارد مؤثر در کیفیت مدل در جدول شماره ۱ خلاصه شده است.

جدول ۱. قابلیت‌های تکنیک لایه‌گذاری براساس موارد مؤثر در کیفیت مدل

قابلیت‌ها	
فرم	هر فرمی را بدون محدودیت می‌توان با این تکنیک ساخت چه به صورت توپر و چه به صورت توخالی
مقیاس	در تکنیک لایه‌گذاری ابعاد و مقیاس مدل به راحتی در محیط نرم‌افزار قابل کنترل است و می‌توان مدل را با هر ابعادی که نیاز باشد ساخت.
متریال	با هر متریالی که به صورت ورق باشد و بتوان آن را با ابزارهای معمول براده‌برداری کرد، می‌توان در این تکنیک استفاده کرد. از جمله متریال‌های ورقه‌ای که می‌توان در این تکنیک استفاده کرد می‌توان به ورق‌های ام.دی.اف. خام در ضخامت‌های مختلف، ورق‌های بلوفوم با ضخامت‌های مختلف، ورق‌های آکرلیک ۸ و ورق‌های یونولیت با ضخامت‌های مختلف و نیز چوب بالسا اشاره کرد.
دقت ابعادی	حداکثر دقت ابعادی در حد یک میلی‌متر را می‌توان انتظار داشت. هرچه ضخامت ورق استفاده شده در این تکنیک کمتر باشد، دقت در جزئیات مدل نهایی بیشتر خواهد بود.
زمان و هزینه	با توجه به آنکه در این تکنیک قسمتی از کار مدل‌سازی در محیط نرم‌افزار انجام می‌گیرد و همچنین برش لایه‌ها می‌تواند به کمک دستگاه لیزر انجام شود، در زمان و هزینه صرفه جویی می‌شود.
نوع مدل	به طور کلی مدل‌ها در فرایند طراحی محصول به چهار گروه قابل تفکیک هستند: الف. مدل تصویری ۹ ب. مدل ناهموار ۱۰ ج. مدل نمایشی ۱۱ د. مدل نمونه اصلی ۱۲ (Shimizu, 1991, p.27). مدل‌هایی که با تکنیک لایه‌گذاری کار می‌شوند، می‌تواند برای هر چهار نوع مدل که توضیح داده شد، به کار رود.

۲. ساخت مدل سه بعدی مجازی: پس از انتخاب طرح می‌بایست آن را در محیط مجازی مدل کرد. برای ساخت مدل کامپیوتری می‌توان از نرم‌افزارهای سه بعدی ساز مرسوم^۳ استفاده کرد. باید دقت داشت که ابعاد مدل سه بعدی مجازی باید با ابعاد مدل واقعی یکسان باشد؛ به طور مثال، اگر قرار است مدلی یک به یک از دوربین عکاسی با ارتفاع ۷۷ میلی‌متر ساخته شود، باید مدل سه بعدی مجازی آن دقیقاً با ارتفاع ۷۷ میلی‌متر در نرم‌افزار مربوطه مدل شود (تصویر ۲).



تصویر ۲. ساخت مدل سه بعدی از دوربین عکاسی در محیط نرم‌افزار راینو در مقیاس یک به یک (تصویر چپ)، مقیاس مدل سه بعدی مجازی باید کاملاً با مقیاس مدل واقعی یکسان باشد (در این نمونه مدل دوربین عکاسی با ارتفاع ۷۷ میلی‌متر ساخته خواهد شد) (تصویر راست)

از محدودیت‌های این تکنیک نیز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- در این تکنیک قسمتی از کار در محیط نرم‌افزار و با به کارگیری قابلیت‌های کامپیوتری انجام می‌گیرد؛ یعنی فرم مورد نظر ابتدا باید در محیط مجازی ساخته شود.
- لایه‌هایی که در محیط مجازی از فرم مورد نظر به دست می‌آید، باید به صورت جداگانه به صورت دستی یا با لیزر برش خورده شود.
- پس از چسباندن لایه‌ها روی یکدیگر و شکل‌گیری اولیه فرم مورد نظر، نیاز به مراحل تکمیلی مانند بتونه‌کاری و سمباده‌کاری و رنگ است.

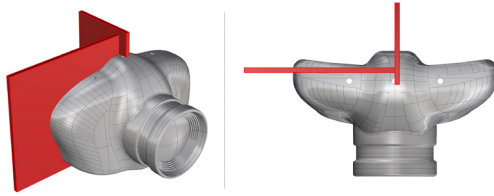
مراحل اجرای تکنیک لایه‌گذاری

۱. انتخاب طرح برای ساخت مدل: با این تکنیک می‌توان هر فرمی را بدون محدودیت، مدل کرد ولی برای بیرون کشیدن قابلیت‌های خاص این تکنیک بهتر است فرم‌هایی برای ساخت مدل انتخاب شوند که کمی پیچیدگی فرمی داشته باشند و ساخت آن با دیگر تکنیک‌ها مشکل بوده یا به صرفه نباشد؛ مانند فرم‌های ارگانیک و سیال. از انتخاب فرم‌های «اکستروود» شده و «ریوالو» شده اجتناب کنید.

در اینجا طرحی از دوربین عکاسی (تصویر ۱) برای ساخت مدل آن به کمک تکنیک لایه‌گذاری انتخاب شده است.

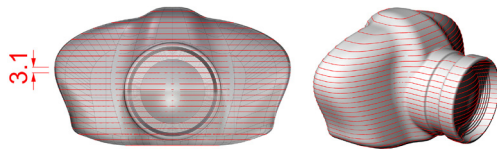


تصویر ۱. انتخاب طرحی از دوربین عکاسی جهت ساخت مدل یک به یک از آن با تکنیک لایه‌گذاری



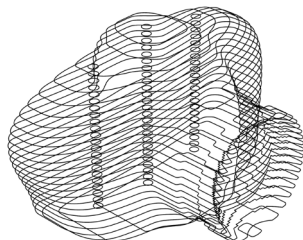
تصویر ۵. موقعیت قرارگیری شابلون راهنما در مدل سه بعدی دوربین عکاسی

۳. استخراج لایه‌ها از مدل سه بعدی در محیط نرم افزار: پس از ساخت مدل سه بعدی و ایجاد سوراخ‌های میل راهنما، باید آن را براساس ضخامت ورق مترپال موردنظر و در راستای مشخص به لایه‌هایی با فواصل یکسان تبدیل کرد؛ به طور مثال، اگر قرار است مدل واقعی از ورق‌های ام.دی.اف خام سه میل ساخته شود، باید در محیط نرم افزار، از مدل سه بعدی ساخته شده، لایه‌هایی با فواصل ۳٫۱ میلی متر استخراج شود (تصویر ۶). افزایش یک دهم میلی متر در فواصل هر لایه به دلیل ضخامت چسبی است که قرار است بین ورقه‌های هر لایه در ساخت مدل واقعی به کار رود.



تصویر ۶. استخراج لایه‌ها از مدل سه بعدی در محیط نرم افزار

نکته ۱. در محیط نرم افزار راینو جهت استخراج لایه‌ها از دستور کنتور^۴ استفاده می‌شود. در اجرای این دستور ابتدا حجم سه بعدی ساخته شده انتخاب و اینترمی شود و سپس ابتدا و انتهای پلان یا همان راستای لایه‌ها داده می‌شود و در انتها فواصل بین لایه‌ها به میلی متر وارد می‌شود. نکته ۲. جهت تعیین راستای لایه‌ها باید چند نکته را در نظر داشت: اول اینکه راستای لایه‌ها باید در جهتی انتخاب شوند که دیتیل‌های لازم و ضروری مدل حفظ شوند. دوم اینکه تعداد لایه‌ها خیلی زیاد نشود. سوم آنکه در هر لایه در حد امکان یک شیت یا ورق استفاده شود. پس از استخراج خطوط لایه‌ها، مدل سه بعدی می‌تواند مخفی یا حذف شود تا فقط خطوط لایه‌ها باقی بماند و مقدمات کار برای مرحله بعدی آماده شود (تصویر ۷).

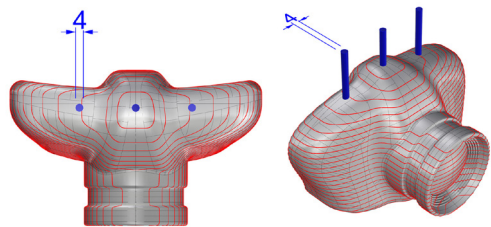


تصویر ۷. خطوط لایه‌های استخراج شده از مدل سه بعدی دوربین عکاسی پس از حذف مدل اصلی

۵. چینش و شماره‌گذاری لایه‌ها در محیط نرم افزار: اکنون نوبت آن رسیده است که خطوط پیرامونی هر لایه در شیت‌هایی با ابعاد استاندارد چینش شوند.

۳. تعیین محل میل راهنما: به دلیل آنکه قرار است مدل سه بعدی ساخته شده به صورت لایه‌هایی درآید و با روی هم قرار گرفتن این لایه‌ها، فرم مدل در محیط واقعی شکل گیرد، می‌بایستی رفرنس یا راهنمایی جهت تعیین موقعیت دقیق این لایه‌ها نسبت به یکدیگر وجود داشته باشد؛ بنابراین پس از مدل کردن طرح موردنظر در محیط مجازی نرم افزار، باید رفرنس‌هایی در این مدل سه بعدی ایجاد کرد. یکی از راحت‌ترین روش‌ها برای ایجاد رفرنس، ایجاد سوراخ‌هایی در بدنه مدل سه بعدی است که با در یک امتداد قرار دادن این سوراخ‌ها می‌توان موقعیت صحیح لایه‌ها را نسبت به یکدیگر تعیین کرد.

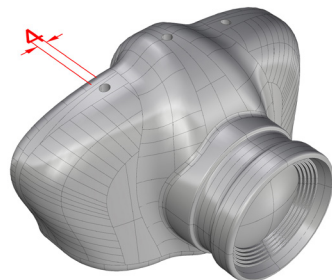
این سوراخ‌ها را می‌توان با کم کردن حجم‌های استوانه‌ای از بدنه اصلی مدل سه بعدی ایجاد کرد. قطر این استوانه‌ها باید متناسب با حجم مدل سه بعدی و براساس پین‌های استوانه‌ای که در دسترس قرار دارند، تعریف شوند؛ به طور مثال، با توجه به مفتول‌های مسوار با قطر چهار میلی متری که در بازار وجود دارد، در اینجا قطر سوراخ‌ها چهار میلی متر در نظر گرفته شده است (تصویر ۳).



تصویر ۳. موقعیت میل‌های راهنما نسبت به لایه‌ها به گونه‌ای است که حداکثر لایه‌ها با محل میل‌های راهنما تلاقی داشته باشند (در اینجا از استوانه‌هایی با قطر چهار میلی متر استفاده شده است)

مواردی که در این مرحله باید مورد توجه قرار گیرد:

الف. این سوراخ‌ها که محل عبور میل راهنما هستند در موقعیت‌هایی نسبت به مدل سه بعدی قرار گیرند که بیشترین تعداد لایه‌ها را پوشش دهد. در ضمن راستای این سوراخ‌ها می‌بایست در جهت عمود بر لایه‌ها در نظر گرفته شود. تعداد میل راهنما حداقل دو عدد است (تصویر ۴).



تصویر ۴. در این مدل سه بعدی دوربین عکاسی، سه سوراخ با قطر چهار میلی متر به عنوان محل میل راهنما ایجاد شده است

ب. برای مدل‌های سه بعدی که امکان پیاده‌سازی میل راهنما در آن‌ها وجود ندارد؛ مانند فرم‌های توخالی یا فرم‌های پیچیده، از شابلون راهنما به جای میل راهنما استفاده می‌شود. بسته به پیچیدگی فرم، از یک یا دو یا چند شابلون راهنما استفاده می‌شود. اگر برای مدل سه بعدی دوربین عکاسی از میل راهنما استفاده نشود، شابلون راهنمای آن به صورت تصویر ۵ خواهد بود.

به صورت دستی، لایه‌های پرینت شده بر روی کاغذها به کمک کاتر دورگیری شود، سپس به کمک چسب چوب روی شیت ام.دی.اف چسبانده شود.

۹. برش لایه‌ها: اگر لایه‌ها با لیزر برش شده‌اند، در این مرحله کاری انجام نمی‌گیرد. پس از چسباندن کاغذهای بریده شده بر روی شیت، ابتدا شیت ام.دی.اف به کمک اره چکشی به قطعات کوچک تقسیم می‌شود و سپس این قطعات کوچک شده با دستگاه اره مویی برش زده می‌شود.



تصویر ۱۰: لایه‌های برش خورده به کمک لیزر



تصویر ۱۱: چسباندن لایه‌های پرینت شده روی شیت مورد نظر



تصویر ۱۲: برش لایه‌ها به کمک دستگاه اره مویی رومیزی

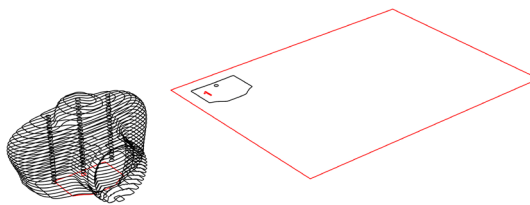
۱۰. سوراخ کردن محل میل‌های راهنما: اگر لایه‌ها با لیزر برش شده‌اند، در این مرحله کاری انجام نمی‌گیرد. پس از برش خطوط پیرامونی لایه‌ها باید سوراخ‌های مربوط به محل پین‌های راهنما سوراخ شود. برای این کار از دریل عمودی و منته متناسب با قطر سوراخ پین استفاده شود.

۱۱. جدا کردن کاغذ پرینت و شماره‌گذاری لایه‌های برش خورده: اگر لایه‌ها با لیزر برش شده‌اند، در این مرحله کاری انجام نمی‌گیرد. در این مرحله باید کاغذهای پرینت شده و چسبانده شده به ورق‌های ام.دی.اف جدا شوند. اگر در مرحله چسباندن کاغذها به ام.دی.اف از چسب کمی استفاده کرده باشید، جدا کردن کاغذها کار سختی نخواهد بود. بعد از جدا کردن کاغذ هر لایه، شماره مربوط به آن لایه با خودکار یا مداد بر روی ورق ام.دی.اف نوشته شود.

۱۲. چینش لایه‌ها در کنار یکدیگر به کمک پین‌های راهنما و براساس طرح اصلی: برش لایه‌ها چه با دست انجام شده باشد و چه به کمک دستگاه لیزر، باید در این مرحله براساس طرح اصلی، لایه‌ها روی هم یا کنار هم چیده شوند و با چسب به یکدیگر متصل شوند. اگر موقعیت لایه‌ها نسبت به یکدیگر براساس پین‌های راهنما در نظر گرفته شده باشد، باید ابتدا پین‌های راهنما به کمک مفتول مسوار و با قطر مناسب ساخته شود.

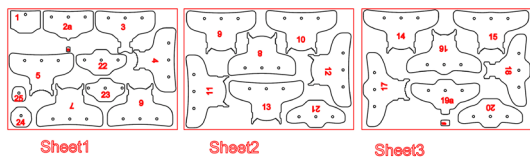
با توجه به آنکه امکان برش ورق‌ها به دو صورت دستی و لیزری وجود دارد، اگر برش به صورت دستی باشد، منظور از ابعاد استاندارد همان سایز استاندارد کاغذ در بازار است. اگر برش با لیزر باشد، ابعاد شیت همان ابعاد کورس دستگاه‌های لیزر موجود در بازار است.

با توجه به نوع برش ورق‌ها (دستی یا لیزری)، ابعاد شیت تعیین و در محیط نرم‌افزار در نمای عمود بر لایه‌ها مستطیلی با ابعاد شیت انتخاب شده رسم شود و به ترتیب از بالا یا پایین، شروع به انتقال خطوط مربوط به هر لایه در داخل این مستطیل شود (تصویر ۸). پس از انتقال هر لایه، شماره مربوط به آن لایه بر روی آن با رنگی متفاوت حک شود. این کار تا پر شدن شیت تکرار شود. سعی شود از ابعاد شیت به نحواحسن استفاده کرده و فضاهای خالی بین لایه‌ها به حداقل برسد تا دورریز مواد کم شود.



تصویر ۸: چینش اولین لایه از پایین در شیت استاندارد A4 و شماره‌گذاری آن

پس از تکمیل یک شیت، از شیت مستطیلی قبلی کپی گرفته و باقی‌مانده لایه‌ها در آن چینش شود. این کار تا اتمام چینش همه لایه‌ها تکرار شود (تصویر ۹).



تصویر ۹: چینش تمامی لایه‌های مربوط به مدل سه بعدی دوربین عکاسی (لایه‌ها در ۳ شیت A4 چینش شده‌اند)

۶. گرفتن خروجی از فایل لایه‌های چینش شده در شیت‌ها: برای برش لایه‌های چینش شده در شیت‌ها به صورت دستی، از این شیت‌ها خروجی فایل با فرمت JPG گرفته می‌شود. لازم است هر شیت در فایلی جداگانه با فرمت تصویری استاندارد خروجی گرفته شود.

برای برش لایه‌ها به کمک دستگاه لیزر، لازم است از لایه‌های چینش شده در شیت، خروجی فایل با فرمت‌های برداری استاندارد مانند DWG گرفته شود.

نکته: در برش با لیزر، متفاوت بودن رنگ شماره لایه‌ها از رنگ خطوط اصلی لایه‌ها الزامی است. در غیر این صورت شماره‌ها نیز برش می‌خورد. در حالی که لازم است شماره‌ها به صورت حک شده باشند.

۷. پرینت یا برش لیزری شیت‌های چینش شده: برای برش به صورت دستی لازم است فایل‌های تصویری تهیه شده از شیت‌ها پرینت شوند. دقت شود که مقیاس پرینت یک به یک باشد. در برش با لیزر، کار راحت‌تر است. کافی است فایل با فرمت برداری به اپراتور دستگاه لیزر تحویل داده شود و برش بر روی ورق‌های مورد نظر برش خورده شود (در اینجا از ورق‌های ام.دی.اف خام سه میل استفاده شده است) (تصویر ۱۰).

۸. چینش لایه‌های پرینت شده روی شیت ام.دی.اف: اگر لایه‌ها با لیزر برش شده‌اند، در این مرحله کاری انجام نمی‌گیرد. برای برش

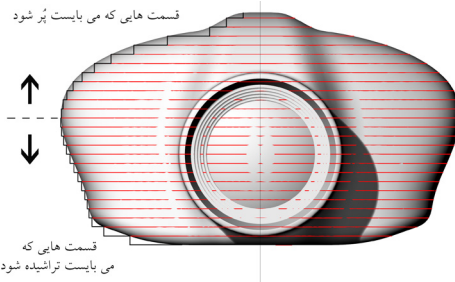


تصویر ۱۶. اتمام مرحله چینش و چسب کاری لایه ها در مدل دوربین عکاسی

۱۳. خارج کردن میل راهنما: پس از خشک شدن و محکم شدن لایه های چسبیده به یکدیگر، باید بین یا میل راهنما از داخل مدل بیرون کشیده شود. این کار به کمک انبردست و یا استفاده از قلم و چکش امکان پذیر است.

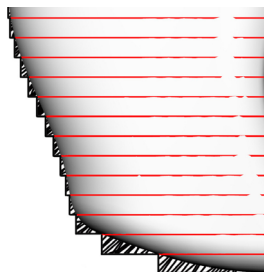
تذکر: گاهی اوقات برای محکم تر شدن بدنه مدل، میل راهنما از داخل مدل خارج نمی شود و میل همانند آرماتور به استحکام مدل کمک می کند.

۱۴. ساییدن لبه لایه ها به کمک سمباده یا پر کردن فضای بین لایه ها با بتونه: پس از چسباندن تمامی لایه ها به یکدیگر، فرم کلی مدل شکل خواهد گرفت. ولی لبه مدل ایجاد شده کنگره دار بوده و باید صاف شود. لبه لایه هایی که به صورت صعودی است؛ یعنی لبه لایه بالایی از لبه لایه پایینی بزرگ تر است، باید ساییده شده و از بین برود. ولی لبه لایه هایی که به صورت نزولی است؛ یعنی لبه لایه بالایی از لبه لایه پایینی کوچک تر است، باید با بتونه پر شود (تصویر ۱۷).

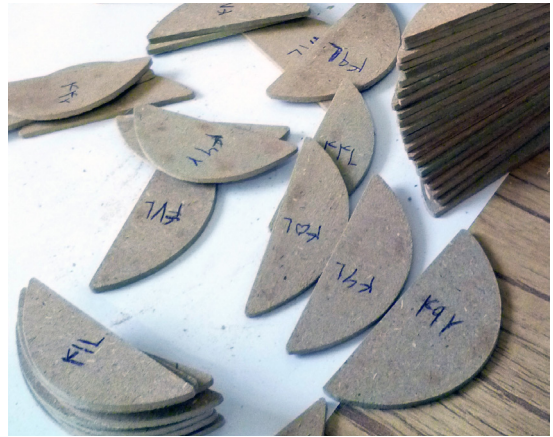


تصویر ۱۷. مشخص کردن قسمت هایی که باید با بتونه پر و یا با ساییدن کم شود

الف. ساییدن لایه ها: برای ساییدن و کم کردن لبه ها می توان از انواع ابزارها و دستگاه های در دسترس، متناسب با فرم و مقیاس مدل استفاده کرد؛ مانند انواع سنباده های کاغذی، سوهان، چوب سای، سنباده لرزان، فرزهای دستی و غیره. ساییدن و به هم رساندن لبه های کنگره دار مدل، کار تقریباً زمان بری است و باید با دقت و حوصله کافی انجام گیرد.

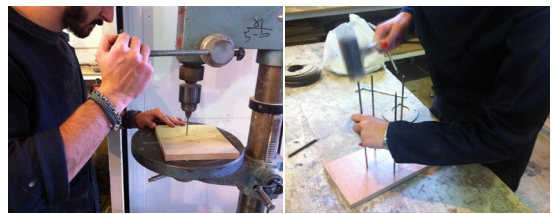


تصویر ۱۸. با توجه به صعودی بودن لایه ها، لبه کنگره دار آن ها باید با ساییدن حذف شود (قسمت های هاشور خورده باید حذف شود)



تصویر ۱۳. لایه های برش خورده ای که کاغذ آن ها جدا و شماره گذاری شده اند

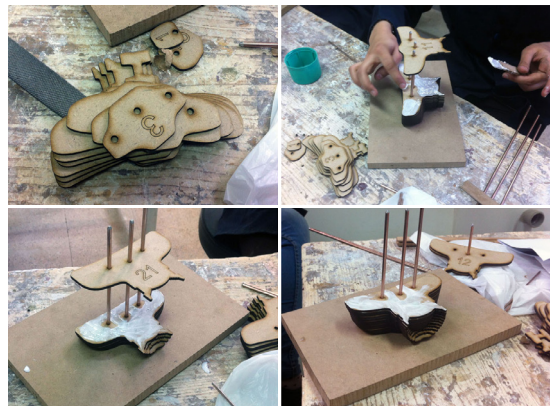
الف. ساخت میل راهنما: پایه ای چوبی با ابعاد مناسب مقیاس مدل تهیه و محل قرارگیری بین ها در این پایه مشخص و با دریل تا نصف ضخامت پایه سوراخ شود. مفتول های مسوار با قطر چهار میلی متر - یا هر قطری که در دسترس باشد - به ارتفاع تقریبی بیست سانتی متر بریده شود و در سوراخ های موجود در پایه به صورت کاملاً عمودی ثابت شود (تصویر ۱۴).



تصویر ۱۴. مراحل کاشت بین های راهنما در صفحه پایه

ب. چینش و چسباندن لایه ها به یکدیگر: با وجود میل راهنما، کار چینش لایه ها بسیار آسان خواهد بود. کافی است لایه ها از بالا به پایین یا از پایین به بالا به ترتیب از میل راهنما رد شود و برای چسباندن لایه ها به هم از چسب چوب استفاده شود (تصویر ۱۵).

ج. گیره بستن لایه ها: برای بهتر چسبیدن لایه ها به یکدیگر و حذف فاصله های ناخواسته بین لایه ها، باید لایه های به هم چسبیده را قبل از خشک شدن کامل چسب بین آن ها، به گیره بست. برای این کار می توان از گیره های دستی یا رومیزی استفاده کرد.



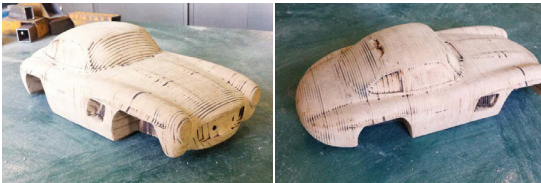
تصویر ۱۵. مراحل چینش و چسب زدن لایه های مربوط به مدل دوربین عکاسی (با سه بین راهنما)



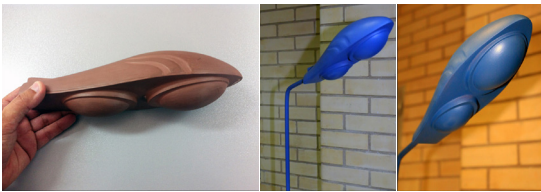
تصویر ۲۳. اعمال رنگ نهایی بر روی مدل دوربین عکاسی (کار پایان ترم واحد مدل سازی ۱ دانشجو سمانه رسولی)

نمونه مدل های ساخته شده با تکنیک لایه گذاری

در اینجا چند نمونه از مدل هایی که با تکنیک لایه گذاری و با متریال ام.دی.اف خام سه میل توسط دانشجویان ترم سوم طراحی صنعتی ساخته شده است، آورده می شود.



تصویر ۲۴. ساخت مدل با مقیاس کاهش از بدنه اتومبیل با تکنیک لایه گذاری و استفاده از متریال ام.دی.اف سه میلی متراخام (کار پایان ترم واحد مدل سازی ۱ دانشجو سجاد محمودپور)



تصویر ۲۵. ساخت مدلی با مقیاس یک سوم از چراغ خیابانی قبل از رنگ (تصویر چپ)؛ پس از رنگ کاری (تصویر راست) (کار پایان ترم واحد مدل سازی ۱ دانشجو نگار قرخانی)



تصویر ۲۶. مدلی با پیچیدگی فرمی زیاد که سطح آن به صافی مورد نظر برای بتونه فوری و سپس رنگ نهایی رسیده است (تصویر چپ)؛ سطح مدل پس از رنگ آمیزی (تصویر راست) (کار پایان ترم واحد مدل سازی ۱ دانشجو مسعود قزلباش)



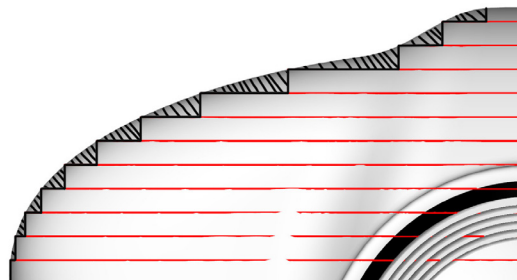
تصویر ۲۷. ساخت مدلی با مقیاس واقعی از چراغ رومیزی؛ استفاده از شابلون جهت چینی لایه ها (تصویر چپ)؛ اتمام ساخت مدل (تصویر راست) (کار پایان ترم واحد مدل سازی ۱ دانشجو فرزانه رشیدی)



تصویر ۱۹. لایه های قسمت پایینی مدل دوربین عکاسی با ساییدن یکدست شده است

ب. پر کردن پله ها: برای پر کردن پله های بین لایه ها از بتونه سنگی استفاده می شود. به احتمال زیاد در یک مرحله بتونه کاری، به صافی سطح مورد نظر دست نخواهید یافت. پس از یک بار بتونه کاری و ساییدن بتونه ها، دوباره این مراحل بتونه کاری و ساییدن تکرار شود تا به صافی سطح مورد قبول برسید (تصویر ۲۰).

نکته: حفره باقی مانده از محل پین های راهنما می تواند با بتونه سنگی پر شود.



تصویر ۲۰. با توجه به نزولی بودن لایه ها (از پایین به بالا) قسمت های ها شور خورده باید با بتونه پر شود

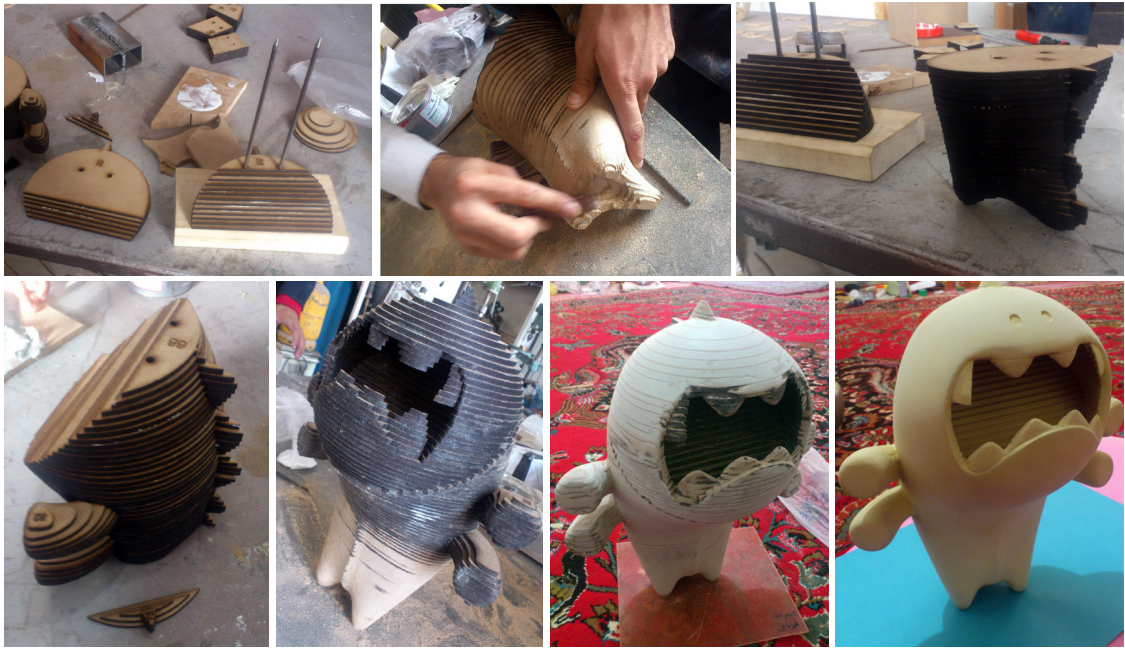


تصویر ۲۱. پله های قسمت بالایی مدل دوربین عکاسی با بتونه سنگی پر شده است

۱۵. بتونه فوری و رنگ: پس از اتمام سنباده کاری و بتونه کاری لبه های مدل و اطمینان از یکدست بودن سطح مدل، نوبت به اضافه کردن بتونه فوری به تمامی سطوح مدل است. بعد از بتونه فوری باید رنگ مورد نظر بر روی سطح، به کمک پیستوله پاشیده شود.



تصویر ۲۲. سطح مدل دوربین عکاسی بتونه و سنباده زده شده است و برای رنگ کاری آماده است



تصویر ۲۸. مراحل ساخت چراغ عروسکی با مقیاس واقعی به کمک تکنیک لایه‌گذاری و مترپال ام. دی. اف (کار پایان ترم واحد مدل سازی ۱ دانشجو حامد قربانی)

جمع‌بندی

با توجه به نیاز مبرم طراحان محصول به ساخت مدل‌های دقیق با صرف زمان و هزینه معقول، تکنیک لایه‌گذاری می‌تواند گزینه خوبی برای ساخت ایده‌ها و تجسم سه‌بعدی کانسپت‌ها باشد. ساخت مدل با این تکنیک، مزیت‌های فراوانی همچون عدم محدودیت در میزان پیچیدگی و دشواری فرم اولیه برای مدل‌سازی، عدم محدودیت در مقیاس مدل و اجرای دیتیل‌ها، عدم نیاز به ابزار و ماشین‌آلات خاص دارد. همچنین هر نوع مترپالی که به صورت ورق بوده و بتوان آن را با ابزارهای معمول، براده‌برداری کرد در این تکنیک قابل استفاده است. مدل، بسته به ضخامت ورق استفاده‌شده می‌تواند دقت ابعادی مورد نظر طراح را تأمین کند (هرقدر ضخامت ورقه‌ها کمتر باشد، دقت ابعادی مدل ساخته‌شده بیشتر خواهد بود). با این تکنیک می‌توان انواع مدل‌هایی که یک طراح محصول نیاز دارد (ماکاپ، پرزنتیشن مدل، پروتوتایپ) را به راحتی ساخت.

تقریباً نیمی از مراحل ساخت مدل در محیط نرم‌افزار و با استفاده از فناوری‌های روز مانند برش لیزر انجام می‌گیرد که می‌تواند در افزایش دقت ابعادی مدل نهایی و کاهش زمان ساخت مدل بسیار مؤثر باشد و همچنین این تکنیک تقابل بهتری میان مدل‌سازی کامپیوتری و مدل‌سازی فیزیکی برقرار می‌کند. روش ساخت مدل در این تکنیک همانند پرینترهای سه‌بعدی به صورت لایه‌لایه و افزایشی است؛ ولی با توجه به ضخامت لایه‌های استفاده‌شده (معمولاً سه میلی‌متر) از دقت کمتری نسبت به پرینترهای سه‌بعدی که با روش FDM کار می‌کنند برخوردار است.

قدردانی

در این قسمت جا دارد از همکاری و زحمات دانشجویان ترم ۳ کارشناسی طراحی صنعتی دانشگاه هنر اسلامی تبریز که زحمت ساخت اکثر مدل‌های ارائه‌شده و تهیه تصاویر مربوطه در این نوشتار را کشیدند، تشکر و قدردانی کنم.

پی‌نوشت‌ها

۱. Quality control
۲. un-dimensional
۳. multi-dimensional
۴. 3D Printer
۵. FDM (Fused Deposition Modeling)
۶. Autodesk 123D Make
۷. Rhinoceros
۸. آکرلیک جامد یا پلکسی‌گلاس دارای خصوصیتی است که معمولاً آن را برای کارهای هنری و صنعتی مناسب می‌سازد. آکرلیک ماده‌ای سفت و سبک است (یکی از سبک‌ترین پلاستیک‌ها)؛ به طوری که تنها یک سوم تا یک دوم سنگینی آلومینیوم را دارد (بانج، ۱۳۶۹).
۹. Image models
۱۰. Rough mock-up models
۱۱. Presentation models
۱۲. Prototype models
۱۳. مانند: Auto Cad, Maya, Catia, Solid Works, 3D Max, Rhino
۱۴. Contour

منابع

- بانج، کلارنس (۱۳۶۹). آکرلیک در مجسمه‌سازی و طراحی صنعتی. ترجمه: حشمت‌الله صباغی، تهران: انتشارات کارگاه هنر.
- هوانسیان، نزده (۱۳۸۶). طراحی صنعتی و تجسم سه‌بعدی در قالب مدل و پروتوتایپ. مجله برابند، شماره ۴ و ۵.
- Hallgrímsson, Bjarki (2012). *Prototyping and model making for product design*. London: Laurence King Publishing Ltd.
- Shimizu, Yoshiharu (1991). *Models & Prototype (Clay, Plaster, Styrofoam, Paper)*. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co.