

## The Effect of Decorative Base Paper Grammage on Melamine Paper Properties

Esmail Rasooly Garmarody<sup>1\*</sup>, Mehdi Raeyyatparvar<sup>2</sup>, Payam Ghorbannezhad Sorkhkolaei<sup>3</sup>

1- Corresponding author, Assistant Professor, Department of Bio-refinery, Faculty of New Technologies Engineering, Zirab Campus, Shahid Beheshti University, Iran. Email: [e\\_rasooly@sbu.ac.ir](mailto:e_rasooly@sbu.ac.ir)

2- Graduated student, Department of Bio-refinery, Faculty of New Technologies Engineering, Zirab Campus, Shahid Beheshti University, Iran

3- Assistant Professor, Department of Bio-refinery, Faculty of New Technologies Engineering, Zirab Campus, Shahid Beheshti University, Iran

Received: April 2025

Accepted: August 2025

### Abstract

**Problem definition and objectives:** Melamine veneer is the most common and widely used type of MDF veneer. In the production of this veneer, the decorative base paper, after impregnating with resin and other chemical additives, is hot-pressed under pressure and heat on the board, and by creating properties such as moisture resistance, scratch resistance, abrasion, high heat resistance, etc., it is prepared for a wide range of applications. This research investigated the effect of different grammages of decorative base paper on the properties and characteristics of impregnated melamine paper on an industrial scale.

**Methodology:** In this study, unprinted decorative raw base paper in two grammages of 80 and 85 grams, and printed colored decorative base paper in grammages of 66, 70, 75, and 80 grams were selected as samples. In the process of impregnating decorative papers, urea formaldehyde resin adhesive was used in a ratio of 60% in the first phase, and melamine formaldehyde resin adhesive in a ratio of 40% in the second phase along with a fixed ratio of 8 additives with a secret formula in this process. The impregnated papers were dried in the first phase by passing through 4 direct heat ovens at temperatures of 130, 140, 140, and 120 °C, respectively, and in the second phase, by passing through 6 direct heat ovens at temperatures of 150, 150, 150, 140, 130, and 110 °C, respectively. Then, the impregnated papers were glued onto MDF boards with a pressure of 180-240 kN/m<sup>2</sup> at a temperature of 185°C for 30-40 seconds. After that, the MDF boards with the melamine coating glued on them were cut into 10×10 cm and finally evaluated for cigarette resistance, hot water vapor resistance, stain resistance, and bending resistance according to the Iranian National Standard ISIRI7708.

**Results:** Melamine papers made from printed base papers have a higher final grammage than unprinted papers. In this regard, 80 g printed paper has a higher final grammage than other papers. Base papers with lower grammage have lower air permeability. Optical properties are not a suitable indicator for evaluating melamine papers made from base papers with different colors. Increasing the thickness of melamine papers made from base papers with lower grammage is more. The printing feature along with the lower grammage of the base paper increases the resin absorption,

especially on the surface of the melamine paper. Melamine papers made from printed base papers are more resistant to staining, smudging, and hot water vapor. Melamine boards made from base papers with higher grammage have higher bending strength.

**Conclusion:** Printed papers absorb more resin due to their lower grammage, which leads to higher grammage and thickness in the final paper and has better quality characteristics. Papers with higher grammage have better mechanical properties.

**Keywords:** decorative paper, impregnation, melamine paper, base paper

## اثر گراماژ کاغذ پایه دکوراتیو بر ویژگی های کاغذ ملامینه

اسماعیل رسولی گرمارودی<sup>۱\*</sup>، مهدی رعیت پرور<sup>۲</sup>، پیام قربان نژاد سرخکلائی<sup>۳</sup>

۱- نویسنده مسئول، استادیار، گروه پالایش زیستی، دانشکده مهندسی فناوری های نوین، پردیس زیراب، دانشگاه شهید بهشتی، زیراب، ایران. رایانامه: [c\\_rasooly@sbu.ac.ir](mailto:c_rasooly@sbu.ac.ir)

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه پالایش زیستی، دانشکده مهندسی فناوری های نوین، پردیس زیراب، دانشگاه شهید بهشتی، زیراب، ایران

۳- استادیار، گروه پالایش زیستی، دانشکده مهندسی فناوری های نوین، پردیس زیراب، دانشگاه شهید بهشتی، زیراب، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۴۰۴

### چکیده

**بیان مساله و اهداف:** روکش ملامینه متداول ترین و پرمصرف ترین نوع روکش MDF است که در تولید آن کاغذ خام پایه دکوراتیو، پس از فرایند آغشته سازی با رزین و سایر افزودنی های شیمیایی، تحت فشار و حرارت بر روی تخته، به صورت گرم پرس می شود و با ایجاد ویژگی هایی مثل مقاومت در برابر رطوبت، مقاومت در برابر خط و خش، سایش، حرارت پذیری بالا و ... آن را برای کاربردهایی گسترده آماده می سازد. این تحقیق به منظور بررسی تأثیر گراماژهای مختلف کاغذ خام پایه دکوراتیو بر روی خواص ویژگی های کاغذ ملامینه اشباع شده در مقیاس صنعتی انجام شد.

**مواد و روشها:** در این تحقیق، کاغذ پایه خام دکوراتیو به دو صورت چاپ نشده در دو گراماژ ۸۰ و ۸۵ گرمی؛ و کاغذ پایه دکوراتیو رنگی به صورت چاپ شده در گراماژهای ۶۶، ۷۰، ۷۵ و ۸۰ گرمی به عنوان نمونه انتخاب گردید. در فرایند آغشته سازی کاغذهای دکوراتیو از چسب رزین اوره فرمالدهید به نسبت ۶۰٪ در فاز اول و چسب رزین ملامین فرمالدهید به نسبت ۴۰٪ در فاز دوم به همراه نسبت ثابتی از ۸ افزودنی با فرمول محرمانه، شامل مواد ترکننده، مواد پخش کننده، سخت کننده رزین، مواد کف زدا، مواد ضد گردوغبار و مواد براق کننده، در این فرایند استفاده شدند. کاغذهای آغشته شده در فاز اول با گذشتن از ۴ کوره حرارت مستقیم به ترتیب با دمای ۱۳۰، ۱۴۰، ۱۴۰ و ۱۲۰ درجه سانتی گراد و در فاز دوم، با عبور از ۶ کوره حرارت مستقیم به ترتیب با دمای ۱۵۰، ۱۵۰، ۱۵۰، ۱۴۰، ۱۳۰ و ۱۱۰ درجه سانتی گراد خشک شدند. سپس، کاغذهای آغشته شده با میزان فشار ۲۴۰-۱۸۰ کیلو نیوتن/مترمربع در دمای ۱۸۵ درجه سانتی گراد و در زمان ۴۰-۳۰ ثانیه روی تخته های MDF چسبیدند. بعد از آن، تخته های MDF که روکش ملامینه روی آن ها چسبیده شده اند به ابعاد ۱۰×۱۰ سانتی متر برش داده شده و در نهایت بر اساس استاندارد ملی ایران ISIRI7708 از نظر مقاومت در برابر سیگار، مقاومت در برابر بخار آب داغ، مقاومت در برابر لکه شدن و مقاومت در برابر خمش ارزیابی شدند.

**نتایج:** کاغذهای ملامینه حاصل از کاغذ پایه چاپ شده در مقایسه با چاپ نشده دارای گراماژ نهایی بیشتری می باشند. در این خصوص کاغذ چاپ شده ۸۰ گرمی دارای گراماژ نهایی بیشتری در مقایسه با سایر کاغذها است. کاغذهای پایه با گراماژ کمتر دارای مقاومت به عبور هوای کمتری هستند. ویژگی های نوری شاخص مناسبی برای ارزیابی کاغذهای ملامینه حاصل از کاغذهای پایه با رنگ های مختلف نمی باشد. افزایش ضخامت کاغذهای ملامینه حاصل از کاغذهای پایه با گراماژ کمتر بیشتر است. ویژگی چاپ دار بودن به همراه کمتر بودن گراماژ کاغذ پایه باعث افزایش جذب رزین به ویژه در سطح کاغذ ملامینه می شود. کاغذهای ملامینه حاصل از کاغذهای پایه چاپ شده دارای مقاومت های به لکه شدن، سیگار و بخار آب داغ بالاتری می باشند. تخته های ملامینه حاصل از کاغذهای پایه با گراماژ بالاتر دارای مقاومت به خمش بالاتری هستند.

**نتیجه گیری:** کاغذهای چاپ شده به دلیل داشتن گراماژ کمتر، رزین بیشتری را به خود جذب نموده که این موضوع در کاغذ نهایی به گراماژ و ضخامت بیشتر منجر شده و از ویژگی های کیفی بهتری برخوردارند. کاغذهای با گراماژ بیشتر دارای ویژگی های مکانیکی مناسب تری هستند.

**واژه های کلیدی:** کاغذ دکوراتیو، آغشته سازی، کاغذ ملامینه، کاغذ پایه.

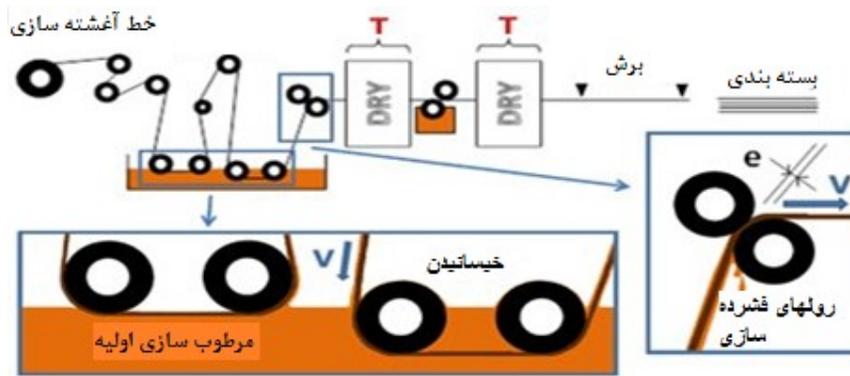
## مقدمه

در میان انواع مواد دکوراتیو سطحی که امروزه استفاده می‌شود، کاغذ دکوراتیو، به‌عنوان یک انتخاب برای محصولات حاصل از پانل‌های چوبی نظیر مبلمان داخلی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کاغذ پایه دکوراتیو، به طور کلی توسط فرآیندهایی مانند چاپ و آغشته سازی چسب با ملامین فرمالدهید تهیه می‌شود که یک چسب اشباع رایج است. بعد از فرایند آغشته سازی کاغذ و پس از خشک شدن تحت تأثیر دما، یک فیلم چسب شفاف شکل می‌گیرد و به کاغذ دکوراتیو حاصله ویژگی‌های سختی، مقاومت در برابر سایش و مقاومت در برابر خراش و سایر خواص مفید می‌بخشد [۱ و ۲].

کاغذهای پایه خام دکوراتیو از الیاف دارای لیگنین کم همراه با مواد معدنی (پرکننده‌ها تا ۴۰٪) تشکیل شده‌اند. در واقع مقدار زیاد پرکننده باعث کاهش استحکام کاغذ می‌شود لذا نیاز به خمیر قوی در این کاغذها احساس می‌شود. این کاغذها علاوه بر خواص نوری خوب و قابلیت چاپ پذیری مناسب، نیاز به سطح خوب صاف و درجه معینی از تخلخل برای بهبود جذب جوهر و رزین را دارند. کاغذهای پایه مورد استفاده در تهیه کاغذ دکوراتیو به صورت الیاف بلند سوزنی برگ یا الیاف کوتاه پهن‌برگ، الیاف پنبه و نیز مخلوطی از الیاف ذکر شده می‌باشند. در این ارتباط کاغذهای حاوی مخلوطی از سوزنی‌برگان و پهن‌برگان با نسبت‌های ۹۰:۱۰ و یا ۸۰:۲۰ ترجیح داده می‌شوند [۳]. در عین حال، این الیاف، پس از اضافه کردن مواد افزودنی نظیر  $TiO_2$  برای گراماژهای ۱۵-۲۰۰ گرم بر مترمربع توسط ماشین‌های کاغذ فوردرینیر و یا یانکی تولید می‌شوند که البته گراماژهای بین ۱۰۰-۴۰ گرم بر مترمربع مطلوب‌تر می‌باشند [۴]. شایان ذکر آنکه در تولید کاغذهای دکوراتیو از مواد دیگری مانند مواد ترکننده (wetting agent)، مواد پخش کننده (dispersing agents)، سخت کننده رزین (hardener)، مواد کف زدا

(anti-foamer)، مواد ضد گردوغبار (anti-dust) و مواد براق کننده نیز استفاده می‌شود [۵].

فرآیندهای چاپ کاغذ دکوراتیو عمدتاً شامل مونتاژ صفحه کبی، ساخت صفحه، چاپ، اشباع و خشک کردن می‌باشد. در بین موارد فوق، چاپ، اشباع و خشک کردن می‌تواند نمایش رنگ نهایی مواد چاپی را تغییر دهد [۶]. چاپ کاغذهای دکور توسط دستگاه پرینت روتوگراور صورت گرفته و برای چاپ هر طرح از سیلندرهای اختصاصی و طراحی شده اختصاصی آن طرح استفاده می‌شود. البته از یک سیلندر مختص یک طرح در رنگ‌های مختلف می‌توان چاپ گرفت. بسته به اینکه چه طرحی قرار است چاپ شود کاغذ پایه آن را انتخاب می‌کنند. برای طرح‌های تیره تر از کاغذ پایه با رنگ تیره و برای طرح‌های روشن‌تر از کاغذ پایه با رنگ روشن‌تر استفاده می‌شود؛ مثلاً برای چاپ طرح ونگه که به رنگ تیره است از کاغذ پایه به رنگ قهوه‌ای روشن استفاده می‌شود یا برای چاپ طرح افرا از کاغذ پایه به رنگ سفید یا کرم روشن استفاده می‌شود. شایان ذکر است که اطلاعات ارائه شده مورد رنگ کاغذ پایه برای چاپ طرح به‌صورت اطلاعات میدانی از دو شرکت نگین چوب و آذران طرح جمع‌آوری گردیده است. در به‌طور خلاصه، فرآیند تولید کاغذ ملامینه را می‌توان بدین شکل تشریح کرد که کاغذ خام با پایه سفید یا کرم یا قهوه‌ای و طوسی و ... با گراماژ در محدوده معین و مشخص و با مشخصه فنی خاص تولید می‌شود. این کاغذهای پایه خام پس از چاپ به طرح‌های مختلف، به‌عنوان کاغذهای دکوراتیو جهت فرآیند آغشته سازی ارسال و اشباع شده، نهایتاً در ابعاد و اندازه‌های مشخص برش (۱۸۳×۲۴۴، ۲۴۴×۳۶۶ و ۲۱۰×۲۸۰) و سپس روی MDF یا نئوپان خام تحت شرایط خاصی پرس گرم و روکش می‌گردند و محصول MDF ملامینه نهایی در صنایع تبدیلی جهت مصارف مبلمان اداری و منزل، درب و کابینت، تخت خواب و کمد و سایر دکوراسیون بکار می‌رود (شکل ۱) [۴ و ۷].



شکل ۲: فرایند اشباع کاغذ [۸]

Lan و همکاران (۲۰۱۹) با اضافه کردن اتیلن گلیکول و کاپرولاکتام در ترکیب ملامین فرمالدهید فرمولاسیون جدیدی به وجود آوردند که باعث انعطاف پذیری مناسب و تثبیت بهتر آن در کاغذ شده و در عین حال انتشار فرمالدهید را کاهش می‌دهد. اتیلن گلیکول یک تثبیت‌کننده عالی است که باعث بهبود پایداری ذخیره‌سازی رزین‌های MF می‌شود. از سوی دیگر، کاپرولاکتام در واکنش با اوره فرمالدهید تولید N-متیل-کاپرولاکتام نموده و انتشار فرمالدهید را کاهش می‌دهد. در میان تحقیقات دیگری که در خصوص تولید رزین‌های عاری از فرمالدهید صورت گرفته است دو رزین پلی اورتان و پلی اکریلات بر پایه آب به چشم می‌خورد [۱۲ و ۱۳] ولی دارای ویژگی‌های سختی و مقاومت به خراش پایینی هستند [۵ و ۱۲].

Bardak و همکاران (۲۰۱۱) اثر گراماژ کاغذ پایه و نوع چسب را بر ویژگی‌های کاغذ دکوراتیو نیز کیفیت سطح تخته‌های روکش شده بررسی نموده و اعلام کردند که گراماژ با ویژگی‌های فوق الذکر همبستگی مثبت دارد. شایان ذکر آنکه گراماژ کاغذ پایه اساساً بر ویژگی مقاومت به خراش و نوع چسب بر روی مقاومت به سایش اثر معنی‌داری دارد [۱۴].

در حال حاضر کارخانه‌ها داخل کشور با استفاده از کاغذهای پایه خام وارداتی با گراماژهای مختلف و به دو صورت چاپ شده و چاپ نشده در قالب کاغذ پایه خام سفید، تک‌رنگ (Unicolor) و دکور رنگی (Decorative) بهره می‌برند و با کمک گرفتن از تلفیقی از MF/UF به نسبت ۶۰:۴۰ به عنوان ماده اصلی به همراه سخت کننده (Hardener) و تثبیت کننده (Stabilizer) به اشباع کاغذ و

نوع رزین مورد استفاده در اشباع کاغذهای ملامینه بر روی کیفیت کاغذهای دکوراتیو موثر است [۹]. Istek و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کرده‌اند که نوع کاغذ دکوراتیو نوع رزین می‌تواند بر روی ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و کیفیت سطحی آن اثرگذار باشد. نتایج تحقیق این پژوهشگران که از سه نوع کاغذ New White Oak، Wenge و Common maple استفاده نموده بودند نشان داد که مقاومت در برابر لکه‌پذیری نمونه‌های روکش شده با White Oak، بیشتر از سایر نمونه‌ها بود. در حالی که نوع رزین بر مقاومت در برابر سوختگی سیگار تأثیر می‌گذارد، نوع کاغذ دکور بر نمونه‌ها تأثیری نداشت. افزایش مقدار رزین UF به صورت مخلوط با MF، به‌ویژه در سطوح بالاتر از ۵۰٪، تأثیر منفی بر مقاومت در برابر سوختگی سیگار داشت. نتایج آزمایش ضربه از ۱۰۰ سانتی‌متر (کاغذهای Common maple و white oak روکش شده با UF و UF/MF) تا ۱۵۰ سانتی‌متر (کاغذهای new wenge روکش شده با MF) متغیر بود [۷].

Rafiei و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش کرده‌اند که نوع و ترکیب رزین بر روی ویژگی‌های کاغذ ملامینه حاصل از کاغذ مکانیکی پهن برگان موثر است به طوری که اضافه کردن ۳۰٪ ملامین فرمالدهید به مرحله اول اشباع کاغذ پایه می‌تواند باعث بهبود ویژگی‌های سطحی و مقاومتی گردد که دلیل آن به نفوذ عمقی و سطحی ملامین فرمالدهید در کاغذ دکور برمی‌گردد که در مرحله بعدی با پوشش MF به افزایش مقاومت می‌انجامد. ایشان اضافه کردند که اضافه کردن ۱٪ نانوسولوز به ترکیب رزین می‌تواند ویژگی‌هایی بهتری برای کاغذ دکوراتیو به دنبال داشته باشد [۱۰].

برابر مواد شیمیایی، بخار و حرارت و ... را در محصول نهایی ایجاد می‌کنند.

ابتدا ویژگی‌های کاغذهای خام پایه بر اساس استاندارد TAPPI از نظر درصد رطوبت (T432 om-94)، میزان خاکستر (T 211 om-93)، روشنی و ماتی (T452 om-08) و ضخامت (T452 om-06)، میزان تخلخل (T547 om-88) و گراماژ (T410 OM-02) اندازه‌گیری شدند. رزین‌ها نیز بر اساس استاندارد اروپا (EN 717-1) از نظر دانسیته، ویسکوزیته، زمان سخت شدن و درصد موارد جامد آزمون شدند.

دستگاه آغشته سازی کاغذ ملامینه در این کارخانه به صورت تولید پیوسته می‌باشد که به صورت دو مرحله‌ای در دو تشت مجزا، فرآیند آغشته سازی کاغذ به رزین UF (در تشت اول) و رزین MF (در تشت دوم) را انجام می‌دهد بدین شکل که رول کاغذ خام در ابتدای خط بر روی غلطک در حال گردش مستقر می‌شود. پس از جاگذاری رول کاغذ روی غلطک در ابتدای خط، کاغذ از درون یک تشت پر از رزین UF توسط اپراتور عبور داده می‌شود.

کاغذهای پایه دکوراتیو با گراماژهای مختلف به صورت رول با عرض ۱۸۳ سانتیمتر ابتدا در حوضچه حاوی چسب اوره فرمالدهید (به همراه افزودنی‌های مختلف) در زمان‌های مختلف (متناسب با گراماژ) آغشته شده و سپس با گذشتن از ۴ کوره حرارت مستقیم (از بالا و پائین) به ترتیب با دمای ۱۳۰، ۱۴۰، ۱۴۰ و ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد خشک می‌شوند. این کاغذهای آغشته شده، سپس به داخل حوضچه حاوی چسب ملامین فرمالدهید وارد گردیده و متناسب با گراماژهای متفاوت در زمان‌های مختلف به این چسب نیز آغشته می‌شوند. پس از آن با عبور از ۶ کوره حرارت مستقیم به ترتیب با دمای ۱۵۰، ۱۵۰، ۱۵۰، ۱۴۰، ۱۳۰ و ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد خشک می‌شوند. دور فن برای هر خشک‌کن بسته به نوع محصول در محدوده 800-1200 Rpm به صورت صعودی در ابتدا و نزولی در انتها در نظر گرفته می‌شود. با توجه به پیوسته بودن و چسبیده بودن خشک‌کن‌ها و متغیر بودن مقادیر دما و فن هر خشک بسته به محصول تولیدی تخمین دقیق تغییر رطوبت هر خشک‌کن امکان پذیر نبوده و به طور میانگین قابل محاسبه می‌باشد. در این بررسی مقدار تغییر رطوبت را برای هر خشک‌کن ملامین محدوده ۱۵-

تولید کاغذهای ملامینه می‌پردازند. انواع کاغذهای مصرفی در آغشته سازی به صورت ذیل دسته‌بندی می‌گردند:

کاغذ خام پایه ساده یا بدون طرح مثل سفید، آبی، طوسی Unicolor Paper با گراماژ: ۸۰-۱۲۰ g/cm<sup>2</sup> کاغذ طرح دار مثل طرح گردو، راش، کاج و ... . Decorative Paper با گراماژ: ۶۰-۸۰ g/cm<sup>2</sup>

### کاغذ کرافت با گراماژ بالای ۱۲۰g/cm<sup>2</sup>

هم کاغذهای پایه و هم کاغذهای دکور در فرآیند آغشته سازی قرار می‌گیرند و به عنوان ماده اولیه مصرفی روکش زنی استفاده می‌شوند. همان‌گونه که ذکر گردید تحقیقات مختلفی بر روی نوع رزین و نوع کاغذ انجام شده ولی در خصوص اثر وزن پایه بر روی ویژگی‌های کاغذهای نهایی کمتر پرداخته شده است. در این راستا، تحقیق حاضر به دنبال آن است که اثر گراماژ کاغذ پایه دکوراتیو در دو حالت چاپ شده و چاپ نشده را بر ویژگی‌های کاغذ ملامینه نهایی بررسی نماید.

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق کاغذ پایه خام دکور مورد نیاز به دو صورت؛ ۱- چاپ نشده (با گراماژ ۸۰ و ۸۵ گرم) ساخت شرکت Kingdecor چین در دو رنگ سفید و طوسی و ۲- چاپ شده (با گراماژ ۶۶، ۷۰، ۷۵ و ۸۰ گرم) ساخت شرکت Lin'an Nanyoung چین در چند طرح متفاوت، از موجودی انبار شرکت آریاک دکور محمودآباد مازندران انتخاب و برای تحقیق مورد استفاده گردید. لازم به یادآوری است که کلیه آزمایش‌ها در مقیاس صنعتی صورت پذیرفت.

رزین اوره فرمالدهید UF و ملامین فرمالدهید MF از شرکت‌های چسب سامد مشهد، آفتاب شمال و آبنوس تهیه گردید که با نسبت ۶۰:۴۰ (۶۰٪ اوره + ۴۰٪ ملامین) در فرآیند آغشته سازی کاغذهای دکوراتیو تولید کاغذ آغشته ملامینه مورد استفاده قرار گرفت. سایر مواد افزودنی به تعداد ۸ نوع از شرکت WIZ تهیه شد که مطابق فرمولاسیون تولید در دوز مصرف معینی در این فرآیند مورد استفاده قرار می‌گیرند، به همراه رزین‌ها بکار گرفته شدند. این مواد افزودنی خواصی نظیر شفافیت، ضد خط و خش، ضد گرد و غبار و مقاوم سازی سطح، مقاوم در

پرس ملامینه / Short Cycle Hot Press Machine) می‌شوند و با میزان فشار ۲۴۰-۱۸۰ کیلو نیوتن/مترمربع در دمای ۱۸۵ درجه سانتی‌گراد و در زمان ۵۰-۲۰ ثانیه و درصد رطوبت ۸-۵٪ روی تخته‌های فوق می‌چسبند. شایان ذکر آنکه برای تست‌های آزمایشگاهی از نمونه‌های MDF با روکش ملامینه با ابعاد ۱۰×۱۰ سانتیمتر استفاده گردید.

به منظور یکسان سازی شرایط جهت انجام آزمون‌ها، کلیه نمونه‌ها در شرایط دمایی  $2 \pm 23$  درجه سلسیوس و رطوبت نسبی  $5 \pm 50$  درصد تا رسیدن به جرم ثابت، به مدت ۴۸ ساعت مشروط سازی شدند. سپس بر اساس استاندارد ملی ایران ISIRI7708 برگرفته از استاندارد EN438-2-2004 چهار آزمون مقاومت در برابر سیگار، مقاومت در برابر بخار آب داغ، مقاومت در برابر لکه شدن و مقاومت در برابر خمش (MOR) بر روی آن‌ها انجام شد. لازم به ذکر است که بر اساس استاندارد فوق‌الذکر درجه‌بندی‌ها بر اساس تعاریف ذکر شده در جدول ۱ صورت پذیرفته است.

آزمون MOR بر روی تخته‌های روکش ده بر اساس استاندارد EN310 صورت پذیرفت. طرح آماری مورد استفاده در این تحقیق از نوع کاملاً تصادفی بوده و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. لازم به ذکر است که برای کلیه تجزیه و تحلیل‌ها و ترسیم نمودارها به ترتیب از نرم افزارهای SPSS و Excel استفاده گردید.

۲۰ درصد رطوبت کل می‌توان متغیر در نظر گرفت. رطوبت کاغذها در هر دو خروجی برای هر محصول با کروم فینیش سفارش شده نیز متفاوت است. برای خروجی اوره این مقدار محدوده ۶-۱۰ درصد و پس از خروجی کوره‌های ملامین در محدوده  $4/2 - 8/5$  درصد بسته به نوع محصول متفاوت است. پس از این مرحله کاغذهای آغشته شده توسط کاترهای صنعتی به طول استاندارد (۴۱۰، ۳۶۶، ۲۸۰ و ۲۴۴) برش داده و پس از قرار گرفتن روی پالت‌های مربوطه بسته بندی نهایی می‌گردند که به عنوان مواد اولیه در صنعت روکش تخته‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. رول کاغذ خام مورد مصرف صنعت MDF ملامینه در عرض‌های استاندارد ۱۲۵۰، ۱۸۳۰ و ۲۱۰۰ میلی‌متر بوده که دور هسته مرکزی رول (Core) پیچیده می‌شوند. این کاغذها که باید از تولیدکنندگان معتبر بین‌المللی چینی و آلمانی و ایتالیایی تهیه شوند، در طرح‌ها و رنگ‌های بسیار متنوعی (شامل گردویی، آنتیک، ونگه، زبراوود، کاج، آسین، لیون، اش، والیس، کتان، روت، گوفر، کلیاف و ...) در دسترس هستند. کاغذها قبل از ارسال برای عملیات اشباع، تحت آزمایش‌های مختلف کیفیتی مانند مقاومت و جذب رطوبت قرار می‌گیرند تا شرایط به‌کارگیری را دارا باشند سپس در مسیر آغشته سازی و تولید جا می‌گیرند. بعد از اینکه کاغذها با مواد مختلف آغشته و خشک و سایز بری شدند برای چسبانیده شدن روی تخته‌های MDF/نئوپان خام وارد پرس صفحه‌ای با جک روغنی شده (دستگاه

جدول ۱- الگوی درجه‌بندی کاغذها بر اساس آزمون‌های انجام شده

نام آزمون	درجه ۱	درجه ۲	درجه ۳	درجه ۴	درجه ۵
مقاومت به سیگار	تغییری در سطح نمونه دیده نشده است.	تغییر مختصر از بعضی از زوایا در شفافیت یا مختصر لکه قهوه‌ای مشاهده شده است.	غیر متوسط در شفافیت یا لکه قهوه‌ای متوسط در سطح نمونه مشاهده شده است.	تغییر شدید در شفافیت یا لکه قهوه‌ای شدید در سطح نمونه مشاهده شده است.	تاول زدگی در سطح نمونه مشاهده شده است.
مقاومت در برابر بخار آب داغ	تخریب سطح و یا ایجاد تاول قابل مشاهده است.	تغییر شدید جلا و یا رنگ قابل مشاهده است.	تغییر قابل ملاحظه و مشخص در رنگ و جلا قابل مشاهده می‌باشد.	تغییری اندک در جلا و یا رنگ که فقط در زوایای دید قابل مشخص قابل مشاهده است.	تغییری قابل ملاحظه نیست.
مقاومت در برابر لکه شدن	تغییری در سطح آزمون دیده نشده است.	تغییری مختصری در شفافیت و یا رنگ آزمون دیده شده البته فقط در بعضی زوایا این امر رخ داده است.	تغییر متوسط در شفافیت و یا رنگ دیده می‌شود.	تغییر مشخص در شفافیت و رنگ دیده می‌شود.	تخریب سطحی آزمون دیده می‌شود.

## نتایج و بحث

در این تحقیق از کاغذهای پایه خام چاپ نشده از شرکت Kingdecor چین و کاغذ پایه دکور چاپ شده از

شرکت Nanyaung چین استفاده شده است. نتایج مربوط به ارزیابی‌های اولیه از کاغذها به شرح جدول ۲ آمده است.

جدول ۲ - نتایج ارزیابی اولیه کاغذهای پایه دکوراتیو

گراماژ کاغذ خام رنگی (چاپ شده)			گراماژ کاغذ خام (چاپ نشده)			
۶۶	۷۰	۷۵	۸۰	۸۵	۸۰	
۷۱	۷۷	۷۹	۸۱	۱۱۳	۹۵	ضخامت (mm)
۶/۵	۶/۷	۶/۹	۷/۲	۷/۵	۷	pH
۳۰	۳۵	۳۷	۴۱	۴۳	۴۰	خاکستر (%)
۳/۸۵	۴	۴/۰۱	۴/۰۴	۴/۱	۴/۰۵	رطوبت (%)
۴۱/۶۹	۳۴/۲۷	۴	۱۰/۰۲	۳۱/۶	۹۰/۵	روشنی (%)
۹۹/۷۲	۹۹/۹۲	۹۹/۵۵	۹۹/۸۷	۹۹/۷	۹۸/۲۶	ماتی (%)
۰/۷۶	۱/۶۵	۱/۵۶	۰,۹۹	۱/۶۶	۱/۶۵	مقاومت به عبور هوا (min)

ارزیابی اولیه کاغذهای مورد تحقیق نشان داد که ضخامت (Caliper) کاغذهای خام چاپ شده کمتر از کاغذهای پایه چاپ نشده است. دلیل آن احتمالاً این است که کاغذهای پایه با عبور از غلطک‌های چاپ تحت فشار و پرس دستگاه قرار گرفته و عملاً فشردگی بیشتر منجر به ضخامت کمتر کاغذ شده است. بعلاوه گراماژهای پایین‌تر نیز علت کمتر بودن ضخامت می‌باشد. pH کاغذها در محدوده نرمال است. کاغذهای با گراماژ مختلف دارای مقادیر خاکستر متفاوتی هستند ولی نکته قابل ذکر آن است که در گراماژ یکسان، کاغذهای چاپ شده مقادیر خاکستر بیشتری دارند و دلیل آن ممکن است ناشی از مواد معدنی نظیر انواع فسفات‌ها و ... موجود در جوهر چاپ مورد استفاده بوده باشد [۱۵]. در مورد مقاومت به عبور هوا، کاغذهای چاپ شده دارای مقاومت کمتری هستند که این ویژگی می‌تواند ماهیت کمتر بودن گراماژ و بافت بازتر این نوع کاغذ مرتبط باشد. کاغذهای چاپ شده با گراماژ کمتر در فرآیند اشباع‌سازی، متر طول آغشته به میزان اندکی بیشتر از کاغذهای با گراماژ بالاتر دست دادند که این موضوع از لحاظ اقتصادی برای یک تولید کننده بسیار مهم است [۱۶].

نتایج تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که چنانچه میزان جذب اوره فرمالدهید در بخش اشباع کاغذ به نحوی صورت پذیرد که در بخش پوشش دهی سطحی مقدار ملامین بیشتری در سطح کاغذ اشباع شده جذب گردد ویژگی‌های کاغذ ملامینه حاصله می‌تواند بهبود یابد. این موضوع به فرمولاسیون چسب برمی‌گردد مثلاً در ساخت چسب ارتقا یافته MUF که ترکیب اوره ملامین فرمالدهید است، اضافه کردن مواد افزودنی مانند ایمینوآمینومتیلین از نوع سولفات هگزآمین با ایجاد نقش بافری باعث می‌شوند تعدادی از گروه‌های آمین در اوره به‌صورت واکنش نداده باقیمانده و پس از اینکه ملامین اضافه شد با این گروه‌ها واکنش داده و مقادیر بیشتری از ملامین به‌صورت واکنش داده ایجاد می‌شود که در نهایت باعث بهبود کیفیت چسب و در نهایت مقاومت خط چسب می‌گردد. به نظر می‌رسد استفاده از ویژگی اخیر مشابه MUF می‌توان برای بهبود کیفیت سطح کاغذ ملامینه نیز استفاده نمود [۱۶]. نتایج حاصل از ارزیابی رزین‌های اوره فرمالدهید و ملامین فرمالدهید در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳: نتایج ارزیابی رزین‌های مورد استفاده در آغشته سازی کاغذ پایه

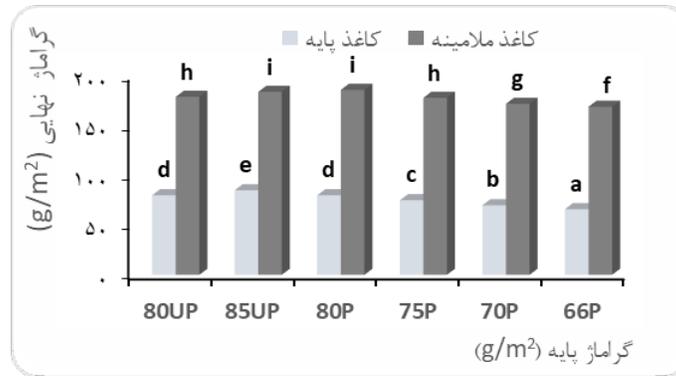
ویژگی	اوره فرمالدهید (UF)	ملامین فرمالدهید (MF)
رنگ	شفاف و بی‌رنگ	شفاف و بی‌رنگ
pH	۹/۵-۷/۵	۱۱-۹/۳
ویسکوزیته	۱۶-۱۳	۱۶/۵-۱۴
زمان ژله‌ای شدن (دقیقه)	۲:۳۰-۱:۱۰	۶-۴
وزن مخصوص (g/cm <sup>3</sup> )	۱/۲۴۰-۱/۲۰۰	۱/۲۴۵-۱/۲۱۵
جامدات (%)	۵۱-۵۴	۵۲-۵۶
دمای ورودی رزین (°C)	۲۵-۲۰	۳۰-۳۵
زمان ماندگاری (روز)	۸-۶ روز	۸-۶ روز
انحلال در آب	بیش از ۶ برابر	بیش از ۱/۳ برابر

مشاهده شد و در این حالت در مقایسه با سایر ترکیبات رزین، میزان جذب رزین ملامین به میزان قابل توجهی افزایش دارد و احتمالاً کاغذ ملامینه حاصله از کیفیت بالاتری برخوردار است [۱۸].

این موضوع با توجه به نتایج ارائه شده در شکل ۳، در یک روند کلی، در هر دو نوع کاغذ چاپ شده و چاپ نشده، با کاهش گراماژ کاغذ پایه، گراماژ نهایی کاغذهای ملامینه افزایش می‌یابند. دلیل این موضوع با توجه به نتایج ارائه شده در شکل ۴، بالاتر بودن پروزیتته و به عبارت دیگر کاهش مقاومت به هوا در کاغذهای با گراماژ پایین‌تر است. همچنین، میزان افزایش گراماژ نهایی در کاغذهای چاپ شده در مقایسه با کاغذهای چاپ نشده به مقدار بیشتری رخ داده است به طوری که در یک گراماژ کاغذ پایه تقریباً برابر، کاغذهای چاپ شده دارای گراماژ نهایی بالاتری باشند (افزایش در کاغذ چاپ شده در محدوده % ۲۵۶-۳۳۲ و در کاغذ چاپ نشده % ۲۲۳-۲۱۶) در این خصوص کاغذ چاپ شده ۸۰ گرمی دارای گراماژ نهایی بالاتری در مقایسه با کاغذ چاپ نشده است. کاغذهای خام دکور طرح دار با گراماژ کمتر اساساً منجر به متر طول آغشته بیشتری گردیده واحد تولیدی از این حیث منتفع خواهد شد. نتایج تحقیقات گذشته نشان می‌دهد در یک عرض وزن ثابت برای تولید کاغذ ملامینه، انتخاب کاغذهای پایه خام با گراماژ کمتر در مقایسه با گراماژهای بالاتر، از جنبه اقتصادی میزان متر طول کاغذ آغشته بیشتری را به دست می‌دهد [۱۶].

واکنش پذیری رزین‌های اوره فرمالدهید و ملامین فرمالدهید به نسبت مولی فرمالدهید به اوره F/U و فرمالدهید به ملامین F/M در شرکت سازنده رزین بستگی دارد. در شرکت آریاک تعیین نسبت مولی امکان پذیر نبوده و معیار واکنش پذیری رزین‌ها با آزمون حلالیت در آب و زمان ژل اوره فرمالدهید و کلودی ملامین فرمالدهید با هاردنر اختصاصی و دوز مخصوص هر رزین انجام می‌پذیرد. زمان ژل UF (or same) ۵/۰ ksn و زمان کلودی MF (or same) ۳/۰ % می‌باشد.

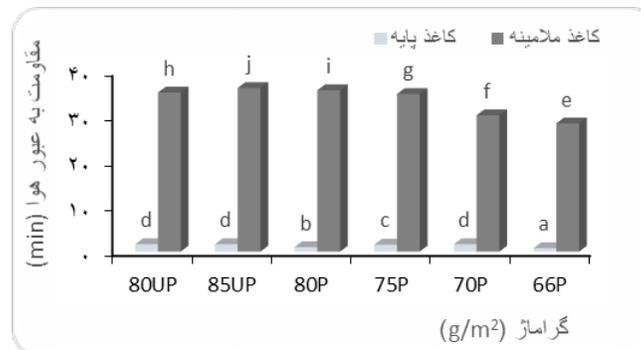
همانطور که در جدول مشاهده می‌شود در یک‌میزان ویسکوزیته و درصد مواد جامد تقریباً مساوی، میزان انحلال در آب اوره فرمالدهید بیش از ۵ برابر ملامین فرمالدهید است. این به دلیل ساختار مولکولی و قطبیت بالاتر اوره در مقایسه با ملامین است که باعث می‌شود اوره راحت‌تر با مولکول‌های آب پیوند برقرار کند. در عوض مولکول‌های ملامین دارای ساختار پیچیده‌تر با باندهای هیدروژنی بین ملکولی قوی‌تری هستند که انحلال آن‌ها را دشوارتر می‌نماید [۱۷]. زمان ژله‌ای شدن چسب UF تقریباً بین نصف تا یک‌سوم زمان سخت شدن MF است که دلیل آن استفاده از میزان هاردنر بیشتر در اوره (۵/۰) نسبت به ملامین (۳/۰) است. ویژگی‌های رزین از قبیل ویسکوزیته و درصد مواد جامد بر زمان جذب و آغشته سازی کاغذ تأثیرگذارند. طبق تحقیق انجام شده افزودن ملامین فرمالدهید به اوره باعث بهبود جذب رزین در پوشش دهی سطحی کاغذ اشباع شده می‌گردد به طوری که بهترین گزینه در ترکیب ۶۰٪ UF + ۴۰٪ MF



شکل ۳- اثر گراماژ کاغذ پایه و چاپ بر روی گراماژ نهایی کاغذهای ملامینه

منافذ کاغذهای آغشته شده ملامینه با گراماژهای بالاتر یعنی ۸۵، ۸۰ و ۷۵ گرمی در دو حالت چاپ شده و چاپ نشده تقریباً نزدیک به هم و کاغذهای آغشته شده با گراماژ کمتر ۶۶ و ۷۰ گرم نیز تقریباً به یکدیگر نزدیک هستند.

نتایج ارائه شده در شکل ۴ نشان می‌دهد کاغذهای خام پایه چاپ نشده، به لحاظ آماری به‌طور معنی‌داری دارای منافذ و تخلخل تقریباً کمتری نسبت به کاغذهای خام دکور و طرح دار رنگی می‌باشند، زیرا مقاومت به عبور هوا در این کاغذها بیشتر بوده است. از نظر تخلخل و



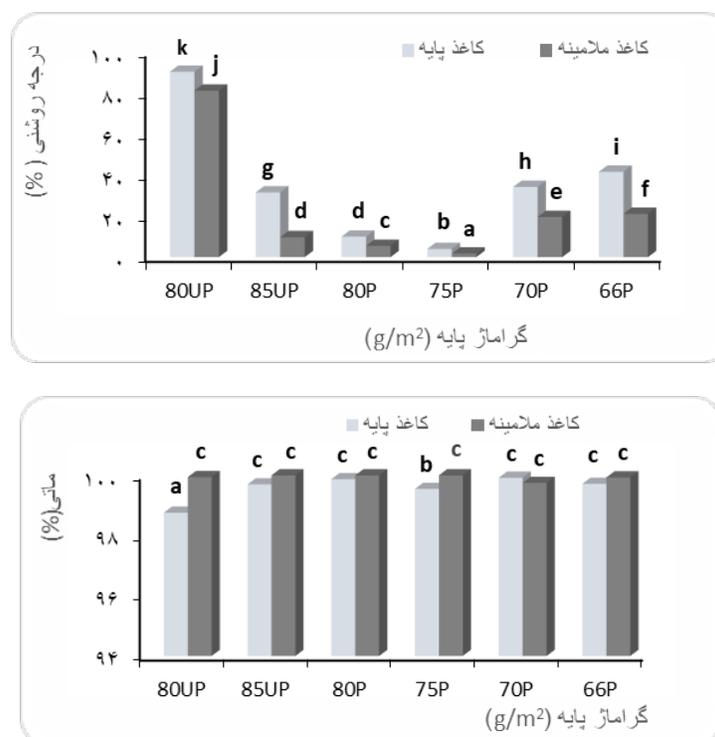
شکل ۴- اثر گراماژ کاغذ پایه چاپ شده و نشده بر مقاومت به عبور هوا در کاغذهای ملامینه

بیشتر است. در واقع در این موضوع گراماژ کاغذها بر مقاومت به عبور هوا اثر مستقیم دارد هرچند ممکن است عوامل دیگری در الیاف کاغذ تأثیر مستقیمی در مقاومت به عبور هوا داشته باشند. اساساً برای اشباع، کاغذهای پایه بایستی دارای مقاومت به رطوبت بالا و پروزیتة مناسبی داشته باشند [۷]. مواد افزودنی موجود در ساختار کاغذ پایه می‌تواند اثر منفی بر روی تخلخل کاغذ بجای بگذارد زیرا تخلخل و نفوذپذیری ارتباط بسیار نزدیکی با همدیگر دارند [۱۹ و ۲۰]. همچنین، بهبود تخلخل کاغذهای پایه می‌تواند نفوذپذیری آن را افزایش داده و عملکرد مکانیکی آن‌ها را در کاغذهای اشباع شده بهبود بخشد [۲۱ و ۲۲]. همان‌گونه که در نمودار بالایی شکل ۵ دیده می‌شود کاغذهای پایه با گراماژهای مختلف دارای درجات روشنی

بعلاوه، آغشته سازی کاغذهای پایه خام در گراماژ مختلف با رزین اوره و ملامین فرمالدهید اساساً باعث افزایش مقاومت در برابر عبور هوا و کاهش پروزیتة (porosity) و منافذ کاغذ می‌گردد به طوری‌که در کاغذهای پایه خام چاپ نشده تکرنگ (مثل سفید و طوسی) با گراماژهای ۸۵ و ۸۰ این مقاومت بالاتر بوده بدین معنی که گراماژ بالاتر و یکپارچگی و بافت منسجم الیاف کاغذ پایه، مقدار تخلخل را کاهش داده است و بعد از آغشته سازی این نوع کاغذها با رزین می‌توان مشاهده کرد که تقریباً اندک فواصل و منافذ بافت کاغذ پر شده است؛ اما در کاغذهای خام دکور چاپ شده، به دلیل مواد معدنی و گراماژ کمتر (جدول ۲)، اثرگذاری آغشته سازی بر روی این مقاومت کمتر می‌شود و میزان منافذ کاغذ کمی

کاغذهای پایه پس از آغشته سازی کاهش می‌یابد به طوریکه این کاهش در کاغذهای چاپ نشده بین ۲۱-۳۲٪ و در کاغذهای چاپ شده بین ۴۲-۵۶٪ بوده است. در تحقیقات جدیدی که بر روی کاغذهای دکوراتیو بدون فرمالدهید صورت پذیرفته نشان داده شده که استفاده از سیلیکات برای پوشش دهی این کاغذها باعث کاهش درجه روشنی و استفاده از تیتانیوم و یا ترکیب سیلیکات و تیتانیوم باعث افزایش آن می‌شود [۲۳] که با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق احتمالاً نوع ماده آغشته کننده بر درجه روشنی موثر است.

متفاوتی هستند. به نظر می‌رسد که این موضوع با توجه به رنگ‌های مختلف کاغذهای پایه و نیز ویژگی چاپ شده و چاپ نشده بودن آن‌ها طبیعی می‌باشد. در کاغذ سفید خام و آغشته درجه روشنی بالاتر از سایر نمونه کاغذها دیده شد. در سایر کاغذهای دکور و رنگی طرح دار (چاپ شده) خام و آغشته درجه روشنی کمتر است و این بدان مفهوم است که بازتاب نور در آزمایش درجه روشنی متأثر از بافت کاغذ و رنگی و چاپی بودن آن است و به گراماژ آن وابسته نیست. گراماژ کاغذهای دکور چاپ شده خام و آغشته متفاوت بوده است. در مجموع میزان درجه روشنی



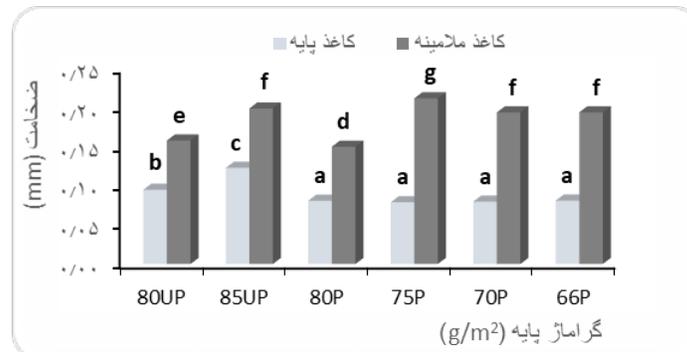
شکل ۵- اثر گراماژ کاغذ پایه چاپ شده و نشده بر روی درجه روشنی و ماتی کاغذهای ملامینه

بنابراین گزینه گراماژ مختلف کاغذهای دکور بر درصد ماتی آن تأثیر بسزایی ندارند. نتایج ارائه شده در شکل ۶ بیانگر آن است که کاغذهای پایه چاپ شده دارای ضخامت کمتری هستند که این موضوع می‌تواند به گراماژ پایین‌تر و نیز فشار غلتک‌های ماشین چاپ در این کاغذها برگردد. اساساً کاغذها در اثر ملامینه شدن و افزایش رزین در سطح آن‌ها با افزایش ضخامت روبرو می‌شوند. نکته قابل توجه آنکه در کاغذهای چاپ شده این افزایش ضخامت بیشتر می‌باشد

همچنین، نمودار پایین شکل ۵ نشان می‌دهد که کاغذهای پایه خام و آغشته شده از نظر درجه ماتی (Opacity) با یکدیگر اختلافی نداشته و تقریباً دارای عدد یکسانی هستند. این ویژگی با توجه به ماهیت آن احتمالاً به رنگ کاغذ، پروزیت و نیز به میزان مواد پرکننده به‌ویژه تیتانیوم برمی‌گردد [۲۴] (جدول ۲). تنها موردی که دارای درجه ماتی پایین‌تر می‌باشد گزینه کاغذ پایه خام ۸۰ گرمی چاپ نشده است که به رنگ سفید است؛

این کاغذ میزان جذب رزین بیشتری خواهد داشت. این یافته، نتایج ارائه شده در شکل ۷ را نیز تایید می‌نماید.

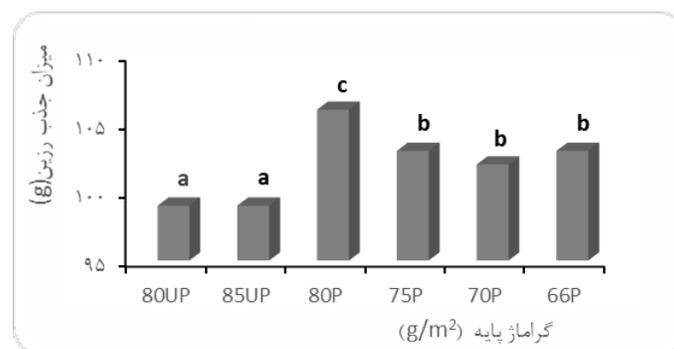
در کاغذهای چاپ شده در محدوده  $168-85\%$  در مقایسه با کاغذهای چاپ نشده در محدوده  $61-68\%$  و این بدین معناست که در یک‌میزان آغشته‌سازی یکسان،



شکل ۶ - اثر گراماژ کاغذ پایه چاپ شده و نشده بر روی ضخامت کاغذهای ملامینه

در شکل ۳ این میزان معادل بیش از  $232\%$  جذب می‌باشد. Rafiei و همکاران (۲۰۱۷) در آغشته‌سازی کاغذ روزنامه ۴۸ گرمی کاغذ روزنامه با استفاده از دو رزین اوره فرمالدهید ( $60\%$ ) و ملامین فرمالدهید ( $40\%$ ) گزارش نمودند در مجموع دو مرحله حدود  $198\%$  جذب رزین داشته‌اند [۱۰]. همچنین، بنابر نتایج برخی تحقیقات دیگر، کاغذ پایه در طی فرایند آغشته‌سازی با رزین ملامین فرمالدهید یا فنل فرمالدهید، به‌طور معمول  $35-55\%$  درصد وزن خود کاغذ، رزین جذب می‌کند وزن آن به  $120-180$  گرم بر مترمربع افزایش می‌یابد [۲۵].

بر اساس نتایج ارائه شده در شکل ۷ ملاحظه می‌شود که ویژگی چاپی بودن کاغذ پایه باعث افزایش جذب رزین به‌ویژه در سطح کاغذ ملامینه می‌شود. به‌طوریکه در گراماژ برابر و کمتر، میزان جذب رزین در کاغذ چاپ شده بیشتر است. با توجه به نتایج ارائه شده در شکل‌های ۴، دلیل این موضوع به تخلخل بیشتر کاغذهای چاپ شده برمی‌گردد و در یک‌میزان آغشته‌سازی یکسان، باعث افزایش میزان جذب رزین در سطح کاغذهای اخیر می‌شود. در این بررسی کاغذ دکور چاپ شده با گراماژ  $80$  گرم با مقدار  $106$  گرم بیشترین میزان جذب رزین را به خود اختصاص داده است که با توجه به اطلاعات ارائه شده



شکل ۷: اثر گراماژ و چاپ کاغذ پایه بر روی میزان جذب رزین کاغذهای ملامینه

چسبانیده شده بر روی تخته MDF در جدول ۴ به‌صورت درجه‌بندی شده آمده است. قابل ذکر است، در این آزمون از دو نوع سیگار تیر و بهمن با قطر  $8$  میلی‌متر استفاده شد.

Istek و همکاران (۲۰۱۰) میزان جذب رزین را در مورد کاغذهای white oak new wenge و common maple در محدوده  $45-48\%$  گزارش نمودند [۷]. نتایج مربوط به آزمون‌های انجام شده بر روی کاغذهای ملامینه

جدول ۴ - نتایج مربوط به آزمون‌های کاغذهای ملامینه

نوع کاغذ	گرمای	آزمون سیگار	آزمون لکه شدن	آزمون بخار آب داغ
چاپ نشده	۸۵	درجه ۴	نمره ۴	درجه ۴
	۸۰	درجه ۳	نمره ۴	درجه ۴
چاپ شده	۸۰	درجه ۲	نمره ۵	درجه ۲
	۷۵	درجه ۲	نمره ۵	درجه ۲
	۷۰	درجه ۲	نمره ۵	درجه ۲
	۶۶	درجه ۲	نمره ۵	درجه ۱

در این حالت نیز کاغذهای پایه چاپ شده از نظر گرمای برخوردار یکسانی نسبت به مقاومت به لکه شدن نشان داده‌اند. Rafiei و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی مقاومت به لکه شدن کاغذهای چاپ نشده روزنامه ۴۸ گرمی ملامینه شده با اوره (۶۰٪) - ملامین (۴۰٪) فرمالدهید درجه ۳ را برای کاغذهای حاصله اعلام نموده‌اند [۱۰]. Istek و همکاران (۲۰۱۰) در مورد کاغذهای white new wenge، oak و common maple از نظر میزان مقاومت به لکه شدن را با درجه ۵ گزارش نمودند که با نتایج این تحقیق در حالت چاپ شده مطابقت دارد [۷].

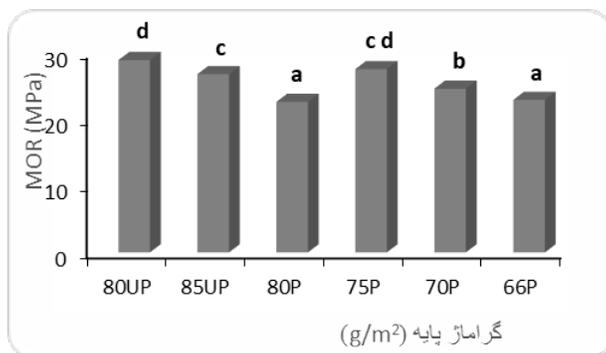
بعلاوه، نتایج ارائه شده در جدول مذکور نشان می‌دهد که کاغذهای ملامینه حاصل از کاغذهای پایه چاپ نشده مقاومت به بخار آب داغ ضعیف‌تری دارند (درجه ۴). در این حالت گرمای کاغذ پایه اثر محسوسی نشان نداد. از سوی دیگر کاغذهای ملامینه حاصل از کاغذهای پایه چاپ شده در مقابل بخار آب داغ مقاومت بالاتری نشان دادند (عمدتاً درجه ۲ و در گرمای ۶۶ گرمی درجه ۱) که با توجه به نتایج ارائه شده در شکل ۷ به نظر می‌رسد این موضوع به دلیل جذب رزین بالاتر در کاغذهای چاپ شده می‌باشد. رزین‌های مورد استفاده و سایر ترکیباتی که با اهداف مختلف به آن اضافه می‌شوند می‌تواند دلیل ایجاد این مقاومت در کاغذها باشد. در این حالت نیز کاغذهای پایه چاپ شده از نظر گرمای، به‌استثنای کاغذ ۶۶ گرمی (احتمالاً به دلیل پروزیت به بالاتر بر اساس نتایج ارائه شده در شکل ۴)، برخوردار یکسانی نسبت به مقاومت به بخار آب داغ نشان داده‌اند. Rafiei و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی مقاومت به بخار آب داغ کاغذهای چاپ شده

نتایج ارائه شده در جدول ۴ نشان می‌دهد که کاغذهای ملامینه حاصل از کاغذهای پایه چاپ نشده از نظر مقاومت به سیگار از درجه ضعیف‌تری (درجه ۳ و ۴) برخوردارند. در این دسته از کاغذها بالاتر بودن گرمای مقاومت کمتری را برای سیگار فراهم می‌آورد. از سوی دیگر کاغذهای ملامینه حاصل از کاغذهای پایه چاپ شده در مقابل سیگار مقاومت بالاتری نشان دادند (درجه ۲) که با توجه به نتایج ارائه شده در شکل ۷ به نظر می‌رسد این موضوع به دلیل جذب رزین بالاتر در کاغذهای چاپ شده می‌باشد. در این حالت کاغذهای چاپ شده از نظر گرمای برخوردار یکسانی نسبت به مقاومت به سیگار نشان داده‌اند. Rafiei و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی مقاومت به سیگار کاغذهای چاپ نشده روزنامه ۴۸ گرمی ملامینه شده با اوره (۶۰٪) - ملامین (۴۰٪) فرمالدهید درجه ۳ را برای کاغذهای حاصله اعلام نموده‌اند [۱۰]. Istek و همکاران (۲۰۱۰) در مورد کاغذهای white oak new wenge و common maple از نظر میزان مقاومت به سیگار را با درجه ۲ گزارش نمودند که با نتایج این تحقیق در حالت چاپ شده مطابقت دارد [۷].

همچنین، نتایج ارائه شده در جدول فوق نشان می‌دهد که کاغذهای ملامینه حاصل از کاغذهای پایه چاپ نشده مقاومت به لکه شدن ضعیف‌تری دارند (درجه ۴). در این حالت گرمای کاغذ پایه اثر محسوسی نشان نداد. از سوی دیگر کاغذهای ملامینه حاصل از کاغذهای پایه چاپ شده در مقابل لکه شدن مقاومت بالاتری نشان دادند (درجه ۵) که با توجه به نتایج ارائه شده در شکل ۸ به نظر می‌رسد این موضوع به دلیل جذب رزین بالاتر در کاغذهای چاپ شده می‌باشد که رزین‌های مورد استفاده حاوی افزودنی‌هایی نظیر ضد لک، ضد گرد و غبار و ... می‌باشند.

همچنین، آزمون دانکن میانگین مقاومت به خمش تخته‌های MDF با روکش کاغذهای ملامینه را به صورت شکل شماره ۸ طبقه‌بندی کرده است. در این طبقه‌بندی تخته‌های ملامینه حاوی کاغذهای پایه چاپ شده با گراماژ ۸۰ و ۶۶ گرم در یک گروه، تخته‌های چاپ نشده ۸۰ و ۸۵ گرمی و نیز چاپ شده ۷۵ گرمی در یک گروه قرار گرفته و به لحاظ آماری با یکدیگر اختلافی ندارند.

روزنامه ۴۸ گرمی ملامینه شده با اوره (۶۰٪) - ملامین (۴۰٪) فرمالدهید درجه ۳ را برای کاغذهای حاصله اعلام نموده‌اند [۱۰]. Istek و همکاران (۲۰۱۰) در مورد کاغذهای white, new wenge, oak و common maple از نظر میزان مقاومت به بخار آب داغ را با درجه ۵ گزارش نمودند. لازم به ذکر است که نتایج حاصله از نظر این ویژگی در مقایسه با تحقیقات قبلی از کیفیت بالاتری برخوردار است [۷].



شکل ۸ - اثر گراماژ کاغذهای ملامینه بر روی مقاومت به خمش (MOR) تخته MDF

شده و چاپ نشده و با به‌کارگیری رزین‌های اوره (۶۰٪) و ملامین (۴۰٪) صورت پذیرفت تا بتوان اثر گراماژ کاغذ پایه و نوع چاپ دار بودن یا نبودن آن را بر روی ویژگی های کاغذ ملامینه اشباع شده بررسی نمود. لذا، بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه‌گیری‌های زیر را به عمل آورد:

۱. در یک گراماژ کاغذ پایه تقریباً برابر، کاغذهای ملامینه حاصل از کاغذ پایه چاپ شده در مقایسه با چاپ نشده دارای گراماژ نهایی بالاتری باشند. کاغذهای پایه با گراماژ بیشتر گراماژ نهایی بیشتری را ایجاد می‌کنند.
۲. آغشته سازی کاغذهای پایه به رزین اساساً باعث افزایش مقاومت در برابر عبور هوا و کاهش پروزیتته می‌شود. کاغذهای پایه با گراماژ کمتر در مجموع مقاومت به عبور هوای کمتری دارند.
۳. ویژگی‌های نوری کاغذهای ملامینه حاصل از کاغذهای پایه با رنگ‌های مختلف معیار مناسبی برای ارزیابی نمی‌باشد.
۴. کاغذها در اثر ملامینه شدن و افزایش رزین در سطح آن‌ها با افزایش ضخامت روبرو می‌شوند. افزایش ضخامت در کاغذهای با گراماژ پایین‌تر بیشتر است.

نتایج ارزیابی تخته‌های MDF روکش شده با کاغذهای ملامینه نشان داد که اساساً تخته‌های ملامینه حاوی کاغذهای پایه با گراماژ بالاتر دارای مقاومت به خمش بالاتری هستند که به نظر می‌رسد این موضوع به خاطر میزان حضور بالاتر الیاف سلولزی در بافت کاغذ باشد.

Rangavar و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی اثر نوع روکش بر روی مقاومت خمشی تخته خرده چوب گزارش نمودند که روکش تخته‌های پوشش داده شده با روکش راش علی‌رغم ایجاد اتصالات بهتر در مقایسه با روکش فرمیکا، از MOR کمتری برخوردار بوده‌اند که این موضوع را به ماهیت مقاوم‌تر روکش فرمیکا نسبت داده‌اند [۲۶]. Najafi و همکاران (۲۰۱۱) اعلام نمودند که مقاومت خمشی تخته خرده چوب روکش شده با روکش طبیعی راش بیشتر از ملامینه می‌باشد [۲۷].

### نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به منظور تولید کاغذ ملامینه با استفاده از کاغذهای پایه با گراماژهای مختلف در دو حالت چاپ

- Properties of Laminates based on Phenolic Resin Impregnated Papers. *European Journal of Wood and Wood Products*, 75:785–806.
- [9] Nemli, G., and Usta, M., 2004. Influences of some manufacturing factors on the important quality, properties of melamine-impregnated papers. *Building and Environment*, 39(5), pp. 567-570.
- [10] Rafiei, S., Kermanian, H., Rasooly Garmaroody, E., and Ramezani, O., 2017. The effect of type and mixture of resin on the properties of impregnated paper. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 8(1), pp. 25-38. (In Persian)
- [11] Lan, P., Yang, R., Mao, Y.H, Cui, J.Q. and Brosse, N., 2019. Production of Melamine Formaldehyde Resins Used in Impregnation by Incorporation of Ethylene Glycol and Caprolactam with High Flexibility, Storage Stability, and Low Formaldehyde Content. *BioResources*, 14(4), pp. 9916-9927.
- [12] Xu, J.F., Li, X.Y., Liu, R., Shang, Z., Long, L., Qiu, H.Y. and Ni, Y.H., 2020. Dialdehyde modified cellulose nanofibers enhanced the physical properties of decorative paper impregnated by aldehyde-free adhesive. *Carbohydrate Polymers*, 250, pp.116941.
- [13] Zhu, W.K., Ji, M.X., Chen, F.Q. Wang, Z., Chen, W., Xue, Y.Y. and Zhang, Y., 2020. Formaldehyde-free resin impregnated paper reinforced with cellulose nanocrystal (CNC): Formulation and property analysis. *Journal of Applied Polymer Science*, 137, pp. 48931. 137:1-10.
- [14] Bardak, S., Sari, B., Nemli, G., Kırıcı, H., and Baharoğlu, M., 2011. The effect of decor paper properties and adhesive type on some properties of particleboard. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 31(6), pp. 412–415.
- [15] Montazerian, M., 2012. Digital printing inks, *Ceramics and construction*, 15, pp. 64-78. (In Persian)
- [16] Wicher, M., 2012. Base paper for decorative coating materials. *European Patent Convention*. EP 2 222 919 B1
- [17] Zanneti, M. and Pizzi, A., 2004. Dependence on the adhesive formulation of the upgrading of MUF particleboard adhesives and decrease of melamine content by buffer and additives. *European Journal of Wood and Wood Products*, 62(6), pp. 445-451.
- [18] Ranjbaran, Sh., Nazerian, N., Kermanian, H., Koosha, M. and Rasooly Garmaroody, E., 2020. High strength papers impregnated with urea/melamine formaldehyde resin/nanosilica nanocomposite coatings: the effects of paper type, blend ratio and nano-content, *Materials Today Communications*, 25, pp. 101300.
- [19] Sousa, S., Costa, AP. and Simões, R., 2019. Poly (lactic acid) composites reinforced with kraft pulp fibres: Production by a papermaking process and ویژگی چاپ دار بودن به همراه پایین تر بودن گراماژ کاغذ پایه باعث افزایش جذب رزین به ویژه در سطح کاغذ ملامینه می شود.
۵. ویژگی چاپ دار بودن به همراه پایین تر بودن گراماژ کاغذ پایه باعث افزایش جذب رزین به ویژه در سطح کاغذ ملامینه می شود.
۶. کاغذهای ملامینه حاصل از کاغذهای پایه چاپ شده دارای مقاومت به لکه شدن، سیگار و بخار آب داغ بالاتری می باشند. در بین کاغذهای چاپ شده نیز گراماژ اثری در مقاومت های فوق ندارد.
۷. کاغذ پایه با گراماژ کمتر مقدار کاغذ آغشته به رزین (ملامینه) بیشتری حاصل می دهد و از لحاظ اقتصادی به صرفه تر است.
۸. تخته های ملامینه حاصل از کاغذهای پایه با گراماژ بالاتر دارای MOR بالاتری هستند.

## منابع

- [1] Kan, Y.F., Sun, B., Kan, H.F., Bai, Y.M, and Gao, Z.H., 2021. Preparation and characterization of a melamine-urea glyoxal resin and its modified soybean adhesive. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 111:102986.
- [2] Xiong, X.Q., Yuan, Y.Y., Niu, Y.T. and Zhang, L.T., 2020. Development of a cornstarch adhesive for laminated veneer lumber bonding for use in engineered wood flooring. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 98(1), pp. 102534.
- [3] Hutten, I. M. 2007. *Handbook of nonwoven filter media*, Elsevier.
- [4] Kandelbauer, A. and Teischinger, A., 2010. Dynamic mechanical properties of decorative paper impregnated with melamine formaldehyde resin. *European Journal of Wood and Wood Products*, 68(2), pp. 179-187.
- [5] Kandelbauer, A., Petek, P., Medved, S., Pizzi, A. and Teischinger, A., 2010. On the performance a melamine-urea- formaldehyde resin for decorative paper coating. *European Journal of Wood and Wood Products*, 68(1), pp. 63-67.
- [6] Li, H., Zhang, CH., Zhou, SH., Du, B. and Li, X., 2022. Research on Printing Quality Evaluation of Decorative Paper Based on AHPEWM Model, *Journal of renewable material*, 10(12), pp. 3425-3438.
- [7] Istak, A., Aydemir, D. and Aksu, S., 2010. The effect of décor paper and resin type on the physical, mechanical, and surface quality properties of particleboards coated with impregnated decor paper. *Bioresources*, 5(2), pp.1074-1083.
- [8] Thébault, M., Kandelbauer, A., Müller, U., Zikulnig-Rusch, E. and Lammer, H., 2017. Factors Influencing the Processing and Technological

- paper for formaldehyde-free adhesive Impregnation. research square, pp.1-18.
- [24] Hatam, A., Dehghani Firouzabadi, M. and Resalati, H., 2017. Surface chemistry of gravure printed décor paper and adhesion of melamine formaldehyde resin. *Bioresources*, 12(2), pp. 4239-4258.
- [25] Jaisle, R.F. and Drees, T.P., (1984). Decorative laminate. U.S. Patent No. 4,473,613.
- [26] Rangavar, H., Kargarfard, A. and Hamedbazzi, M., 2015. The effect of decorative coatings and mixture of polyvinyl acetate and urea-formaldehyde adhesive bonding on physical and mechanical properties of particleboard. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 30(2), pp. 194-206. (In Persian)
- [27] Najafi, A., Mosavi mirkolaei, S.T., Kord, B. and Besharati far, K., 2012. Study on Flexural Creep Parameters of Overlayed Particleboard by Natural and Melaminated Veneers. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 3(1), pp. 119-128. (In Persian)
- characterisation. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 121, pp. 273-282.
- [20] Abdelatif, Y., Gaber, A-AM., Fouda, AE-AS. and Elsokkary, T., 2024. Sustainable utilization of calcined sugarcane mud waste as nanofiller for fine paper production. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14, pp. 8947–8956.
- [21] Zhou, Y., Zeng, G., Zhang, F., Luo, J., Li, X., Li, J. and Fang, Z., 2021. Toward Utilization of Agricultural Wastes: Development of a Novel Keratin Reinforced Soybean Meal-based Adhesive. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 9(22), pp. 7630-7637..
- [22] Gadhve, R.V., Kasbe, P., Mahanwar, P.A. and Gadekar, P.T., 2019. Synthesis and characterization of lignin-polyurethane based wood adhesive. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 95(2), 102427.
- [23] Liang, M., Jingya, G. and Jiangfeng, X., 2023. Preparation and Properties of a novel decorative base