

# روش‌های جدید لمینیت نمودن منسوجات

## مقدمه

فرایندهای روکش دهی و پوشش دهی منسوجات یکی از فرایندهای بسیار رایج جهت تولید منسوجات فنی با خواص مورد نظر می باشد که امروزه استفاده از آنها در بسیاری از کاربردهای صنعتی رایج گشته است. در مقاله ای که با عنوان آشنایی با فرایندهای روکش دهی با مذاب چسبهای گرم نرم در شماره ۸۵ (خرداد ۱۳۸۸، صفحات ۷۰-۶۵) ماهنامه نساجی امروز به چاپ رسید بطور اختصار انواع مختلف روشهای پوشش دهی (کوتینگ) و لایه گذاری (لمینیتینگ) منسوجات جهت تولید منسوجات و ساختارهای چند لایه کامپوزیتی شرح داده شد. در ادامه در این مقاله نیز سعی شده است تا بطور اختصار روشهای مختلف لایه گذاری منسوجات با یکدیگر از منظر متفاوت مقایسه و بررسی شود. همانگونه که گفته شد منسوجات را می توان به یکدیگر و یا به لایه های دیگری نظیر کاغذ، فیلم پلیمری، ورق بسیار نازک فلزی (فویل) و به عبارت دیگر هر ساختار ۲ بعدی انعطاف پذیر لمینیت نمود و بدین ترتیب یک ساختار چند لایه کامپوزیتی تولید کرد که از لحاظ کاربردی نسبت به ساختارهای پایه مورد استفاده در تولید آن بسیار ارجح تر است.

تاکنون صدها مقاله درباره جایگزینی مواد و ساختارهای ساده با مواد و ساختارهای کامپوزیتی چند لایه منتشر شده است که در تمام آنها مهمترین دلیل این جایگزینی را می توان در حوزه های عملکردی و یا اقتصادی جستجو نمود.

امروزه در بسیاری از کاربردها نظیر البسه زیر زنانه، لباسهای نظامی، لباس کارگران، لباسهای ورزشی، لباسهای بیمارستانی، کیف و کفش، سیستمهای حمل و نقل (خودرو، هواپیما، کشتی، قطار و ...)، عایقهای ساختمانی، ژئوتکستایلها، کفپوشهای منازل و اماکن عمومی و ... از منسوجات کامپوزیتی چندلایه در حالتهای مختلف استفاده می شود.

بر طبق آمار در حال حاضر سالانه صدها هزار متر مربع منسوجات لمینیت شده در عرضهای ۱/۶ تا ۳/۶ متر (۵ تا ۱۲ فوت) و در بعضی موارد در عرضهای بسیار زیاد تا حد ۶ متر (۲۰ فوت) در دنیا جهت تولید کالاهای فوق الذکر مورد استفاده قرار می گیرد.

در حال حاضر به دلیل بازار خوب منسوجات لمینیت شده هنوز دستگاههای بسیار قدیمی و بزرگ که در آنها هزینه تولید به دلیل مصرف زیاد انرژی و نیروی انسانی اپراتور نسبت به نمونه های جدید بیشتر است نیز مورد استفاده قرار می گیرند.

## روشهای مختلف لمینیتینگ

### استفاده از چسبهای بر پایه حلال

ماشین‌هایی که جهت استفاده در این سیستم‌ها طراحی شده اند باید به ادواتی مجهز باشند که به کمک آن ادوات بتوان حلال را از مواد شیمیایی پایه در محلول جدا نمود و در عین حال هیچگونه خطری به دلیل قابلیت انفجار، احتراق و نشت مواد شیمیایی در محیط کار ایجاد ننمایند. مسلم است که دسترسی به تمام این موارد باعث افزایش هزینه ماشین آلات، هزینه انرژی و ... می شود.

البته لازم به ذکر است که مسائل مرتبط با محیط زیست در بسیاری از کشورهای پیشرفته بسیار حائز اهمیت بوده و تولیدکنندگان ناچار به صرف هزینه‌های بسیار زیادی جهت تطبیق با قوانین و مقررات سخت و پیچیده زیست محیطی در این کشورها هستند.

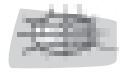
### استفاده از چسبهای بر پایه آب

هرچند که استفاده از چسبهای بر پایه آب خطراتی از قبیل انفجار، آتش‌پذیری و یا سمیت ندارد ولی از طرف مقابل انرژی مورد نیاز جهت تبخیر آب و جداسازی آن از چسب نسبت به سایر مواد بسیار بیشتر است. علاوه بر این بسیاری از انواع پلیمرهای مورد استفاده در سیستمهای بر پایه آب به آون و یا کوره‌های حرارتی پخت بسیار طولانی نیازمند هستند که این مساله نیز خود باعث افزایش میزان انرژی و همچنین فضای فیزیکی مورد نیاز جهت اجرای عملیات می شود.

### استفاده از شعله مستقیم

هرچند که این روش در فاصله سالهای ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۰ میلادی یکی از متداول‌ترین و رایج‌ترین روش‌های لمینیت نمودن منسوجات و ابرهای پلی‌یورتانی بود و ده‌ها میلیون تن انواع مختلف منسوجات چند لایه کامپوزیتی به این روش تولید شدند اما با آشکار شدن مضرات و سمیت گازهای حاصله از این سیستم در حین استفاده از ابرهای پلی‌یورتان، میزان کاربرد این روش به تدریج محدود به موارد بسیار ویژه ای گشت که در آنها به دلایل فنی نمی توان از روشهای دیگر استفاده نمود.

امروزه اصلی ترین روشی که جایگزین استفاده از شعله شده است استفاده



بیشتر از حد نیاز در صنعت نساجی بود ولی امروزه این پارامتر نیز کاملاً تحت کنترل درآمده است.

### خصوصیات پلی یورتانها

یکی از مهمترین مشکلات پلی یورتانهای قابلیت ذوب، نگهداری و کنترل تخریب آنها در دمای بالا می باشد.

بدین منظور اولین گامها جهت حل این مشکل در اوایل سال ۲۰۰۰ با عرضه پلی یورتانهایی با قابلیت نگهداری ۳۰ دقیقه ای در محدوده دمای ذوب و استفاده از آنها برداشته شد.

پس از آن پایداری مذاب پلی یورتانها و به همراه سایر خواص کاربردی آنها به تدریج افزایش یافت تا دی که امروزه تولیدکنندگان مختلفی می توانند انواع گوناگونی از پلی یورتانها با خواص منحصر به فرد و ویژه ای را تولید نمایند.

تعدادی از این خواص ویژه عبارتند از:

- دمای کاربرد و استفاده در محدوده ۱۲۰-۹۰ درجه سانتیگراد
- مدت زمان پایداری تا حدود ۲ ساعت در دمای کاربرد
- پایداری عملکردی در محدوده دمایی ۳۰- تا ۱۵۰ درجه سانتیگراد
- پایداری شستشویی بسیار عالی (۵۰ مرتبه شستشو با صابون در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد و استریلیزاسیون در اتوکلاو در دمای ۱۳۰ درجه سانتیگراد)
- مقاومت در برابر استریلیزاسیون در محیط کلردار
- مقاومت در برابر حلالهای مورد استفاده در خشک شویی
- درصد کم استفاده در کاربردهای متداول نساجی (۱۵-۸ گرم در متر مربع) و حتی در بعضی موارد میزان مورد استفاده تا حد ۳-۲ گرم در متر مربع می باشد.
- قابلیت کشسانی بسیار زیاد تا حد ۵۰۰-۳۰۰٪
- زبردست بسیار نرم با حداقل تاثیر (سفت کردن) زبردست منسوج
- عدم ایجاد حالت زردی در محصول
- قابلیت چسبندگی به تمام انواع منسوجات به غیر از منسوجاتی که با سیلیکون تکمیل شده اند (البته در مواردی که تکمیل کرونا نیاز می باشد)
- آلاینده‌گی محیط زیست بسیار کم
- عدم نیاز به استفاده از وسایل و ادوات خاص جابجایی مواد اولیه
- در صورت استفاده از مواد افزودنی حساس به اشعه ماورا بنفش می توان به راحتی یکنواختی پاشش چسب بر روی لایه را کنترل نمود
- قیمت مناسب و قابلیت رقابت از لحاظ اقتصادی با سایر مواد جایگزین
- نتایج آزمایشات نشان می دهد که خصوصیات نهایی و عملکردی منسوجات چندلایه کامپوزیتی تولید شده با مذاب پلی یورتان در حد مطلوبی قرار دارد و محصولات نهایی از پایداری مناسبی در حین کاربرد نهایی برخوردار هستند.
- همچنین نتایج بررسی ها نشان می دهد که هرچند که میزان سرمایه گذاری اولیه برای این ماشین آلات به نظر زیاد می باشد اما با توجه به هزینه پایین کارکرد این ماشین می توان گفت که دوره بازگشت سرمایه در صورت استفاده از این ماشینها کمتر از ۲ سال است.

### ماشین آلات و ملاحظات تولیدی

در هنگام استفاده از این ماشین آلات باید به مواردی توجه نمود که ۵ مورد از مهمترین موارد مطروحه به شرح ذیل می باشند:

#### ۱. ارزیابی ساختمان منسوج

اولین هدف از لمینیت نمودن منسوجات به یکدیگر و تولید ساختارهای کامپوزیتی چند لایه، دستیابی به خواص عملکردی است که نمی توان در حالت

از چسبهای بر پایه پلی یورتان می باشد، که هر چند از لحاظ فنی بسیار پیچیده تر می باشد اما از لحاظ عملکردی خصوصیات بهتری در منسوج چند لایه کامپوزیتی نهایی ایجاد می نماید.

### استفاده از چسبهای پودری گرمانرم

هرچند که استفاده از این نوع پودرهای گرمانرم (ترموپلاستیک) از ابتدای دهه ۱۹۶۰ میلادی بسیار رایج گردید اما مهمترین نقطه ضعف آنها که مربوط به هزینه نسبتاً زیاد انرژی مورد نیاز جهت فرایند آماده سازی آنها می باشد همچنان به عنوان بزرگترین نقطه ضعف این پودرها محسوب می شود. از طرف دیگر با توجه به دمای نرم شدگی بسیار پایین آنها نمی توان از این پودرها جهت تولید منسوجات چند لایه کامپوزیتی که در دمای بالا مورد استفاده قرار می گیرند استفاده نمود.

### استفاده از مذاب چسبهای گرمانرم

با توجه به هزینه نسبتاً زیاد انرژی مورد نیاز جهت آماده سازی آنها این روش نیز تقریباً مشکلات روش قبل را دارد اما بازه دمایی کارکرد این چسبها نسبت به چسبهای بکار رفته در روش قبل بیشتر است و به همین دلیل می توان از آنها در کاربردهای متنوع تری استفاده نمود.

### استفاده از فیلم های پلیمری گرمانرم

هرچند که استفاده از پلیمرهای گرمانرم به صورت فیلم مشکلات رایج سایر انواع پلیمرهای گرمانرم را دارد اما به دلیل راحتی عملکرد به نظر می رسد که استفاده از این فیلم ها بسیار مناسب تر است، اما باید توجه داشت که هزینه فیلم پلیمری گرمانرم ۲ تا ۵ برابر همان پلیمر به صورت پودر و یا مذاب می باشد و به همین دلیل از این فیلم ها تنها در موارد بسیار محدودی استفاده می شود.

### راه حل جدید

علاوه بر مواد پلیمری گرمانرم می توان از چسبهای پلیمری گرماسخت نیز جهت چسباندن لایه های مختلف به یکدیگر و تولید ساختارهای چندلایه کامپوزیتی استفاده نمود.

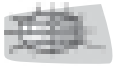
دو نوع بسیار رایج این چسبها عبارتند از:

مذاب پلی یورتانهای واکنشگر که در معرض رطوبت پخت می شوند و همچنین رزینهای اپوکسی.

بررسی ها نشان می دهد که استفاده از سیستمهای رزین اپوکسی در صنعت کامپوزیت و استفاده از مواد پلی یورتانی در صنعت نساجی نقش غالب را دارد. هرچند که استفاده از سیستم های بر پایه پلی یورتان دارای مزایای انکارناپذیری است اما مساله مهم در مورد آنها تفکر صاحبان صنایع جهت تولید محصولات خاص و جدید با قابلیت های ویژه نسبت به محصولات قدیمی است.

پلی یورتانها بیش از ۵۰ سال است که توانسته اند خود را بعنوان یک چسب مناسب معرفی نمایند ولی دیگر استفاده از آنها به صورت ۲ محلول پلیمری مجزا که توسط یک ایزوسیانات با یکدیگر اتصال عرضی داده و تشکیل ساختار پلی یورتانی می دهند روش مناسبی محسوب نمی شود. پلی یورتانهای با قابلیت ذوب که جدیداً به بازار عرضه شده اند در مقایسه با سیستمهای قدیمی دیگر نیازی به حلال ندارند و می توان آنها در دمای مناسبی ذوب نمود و مورد استفاده قرار داد و در نهایت ساختار کامپوزیتی با خصوصیات عملکردی مناسب تولید نمود.

هرچند که در ابتدای عرضه این مواد میزان فعالیت و واکنش پذیری آنها بسیار



علاوه بر این در سیستم های پاشش نقطه ای توسط غلطکهای سوراخ دار با افزایش سرعت تولید وزن چسب بر روی لایه کاهش می یابد در حالیکه در سیستم پاشش عنکبوتی میزان وزن چسب بر روی لایه در سرعت تولید ۳ تا ۵۰ متر در دقیقه هیچ تفاوتی با یکدیگر ندارد.

به همین دلیل کارخانجاتی که از دستگاههای جدید مجهز به این سیستم استفاده می کنند تنها یک غلطک در انبار خود نگهداری می کنند در حالیکه کارخانجات مشابهی که از سیستم های پاشش پودر نقطه ای قدیمی استفاده می کنند ناچار به سرمایه گذاری بیشتر جهت خرید غلطکهای اضافه برای تولیدات مختلف هستند.

همانگونه که می دانیم علاوه بر قیمت نسبتاً زیاد این غلطکها، فرایند نسبتاً سخت تعویض آنها در بسیاری موارد منجر به آسیب رساندن به غلطک می شود که این مساله نیز بسیار حائز اهمیت و توجه است.

#### ۵. طراحی ماشین و ادوات مورد استفاده

همانطور که مشخص است طراحی ماشین لمینیتینگ باید به گونه ای صورت پذیرد که از حداکثر سازگاری با مواد اولیه مورد استفاده در آن برخوردار باشد، به عنوان مثال در صورت استفاده از پارچه های کشسان نباید آنها در دستگاه در معرض تنش نایکناخت قرار بگیرند، و یا در صورت استفاده از فیلم، فیلم پلیمری نباید چروک و یا خراشیده شود. علاوه بر این کنترل بار استاتیکی ایجاد شده در سیستم، تنش اعمالی بر روی کالا، تمیز کردن مداوم دستگاه از آلاینده ها نیز از نکات بسیار حائز اهمیت است.

از طرف دیگر در مواردی که از منسوجات و لایه های تکمیل شده (به عنوان مثال فیلم های پلی اتیلنی و یا پلی پروپیلنی در معرض تکمیل کرونا قرار گرفته) در دستگاه استفاده می شود می توان اجرای عملیات آماده سازی در دستگاه و یا اجرای آن در یک فرایند مقدماتی و مجزا را نیز مورد ارزیابی قرار داد.

البته به تازگی استفاده از دستگاههای تکمیل پلاسمای در شرایط اتمسفری نیز بسیار رایج گردیده است. در این دستگاهها سطح منسوج و یا لایه مورد نظر را می توان در مقابل اتمسفر اشباع شده از گاز مورد نظر تکمیل و آماده سازی نمود و نتایج بسیار جالبی از منظر تولید لایه های با قابلیت غیر چسبنده به مواد دیگر، لایه های خود تمیز شونده، البسه شای بسیار ویژه و... بدست آورد.

#### ویژگی های دستگاهی

طراحان ماشین آلات لمینیت به چه مسائلی باید توجه کنند؟

- مخزن ذوب کردن چسب که بتواند پلی یورتان را به خوبی ذوب نموده و بطور اتوماتیک آنرا به دستگاه لمینیت تغذیه نماید
- سیستم پاشش مذاب چسب بر روی لایه
- نحوه کنترل تنش پیچش و باز نمودن لایه اولیه
- سیستم لمینیت نمودن لایه ثانویه با قابلیت کنترل فاصله و فشار اعمالی بر روی لایه اولیه
- موتورهای محرک و کنترل سرعت آنها
- اما در بعضی موارد لازم است که به موارد زیر نیز توجه نمود:
- راهنمای خودکار مسیر حرکت لایه
- سیستم باز نمودن اتوماتیک لایه
- سیستم کنترل خودکار تنش
- تجهیزات و ادوات آنتی استاتیک
- دستگاه تکمیل کرونا

عادی به آنها دست یافت، حال اگر این فرایند بتواند در هزینه ها صرفه جویی نیز نماید و یا منجر به افزایش فروش و یا سود حاصل از فروش نیز بشود مزایای اضافه ای افزون بر هدف اولیه در اختیار تولیدکننده قرار می دهد. بطور کلی هرکدام از لایه های منسوج اولیه مورد استفاده در این روش باید سبک وزن، دارای ساختار تقریباً باز، از لحاظ ابعادی دارای انعطاف پذیری، قدرت آویزش عالی، نرم و ... باشد، زیرا که پس از عملیات لمینیتینگ زبردست منسوج کامپوزیتی چندلایه نهایی تاحدودی سخت شده و از قابلیت کشسانی آن به میزان زیادی کاسته می شود. به همین دلیل در هنگام انتخاب منسوجات اولیه باید تمام خواص را در آنها در حد مبالغه آمیزی بهینه انتخاب نمود.

#### ۲. انتخاب پلیمر مناسب با توجه به کارکرد نهایی

همانگونه که مشخص است نمی توان تمام خواص و خصوصیات مطلوب و مدنظر را در یک پلیمر پیدا کرد.

به همین دلیل انتخاب چسب پلیمری مطلوب با توجه به نوع منسوج کامپوزیتی نهایی و خصوصیات عملکردی نهایی آن بسیار حائز اهمیت است. به عنوان مثال در مورد منسوجات مورد استفاده در کاربردهای بیمارستانی مقاومت در برابر شستشوهایی متوالی و استریلیزاسیون بسیار حائز اهمیت می باشد.

در حالیکه در مورد منسوجات کامپوزیتی مورد استفاده در کاربردهایی نظیر خودرو و یا عایق های ساختمانی پایداری و ثبات عملکردی در برابر تنشهای وارده مهم می باشد. با توجه به این موارد انجام آزمایشات اولیه و تولید نمونه های آزمایشی و کنترل عملکردی آنها قبل از آغاز تولید صنعتی بسیار مهم می باشد.

#### ۳. تعیین وزن چسب مورد نیاز

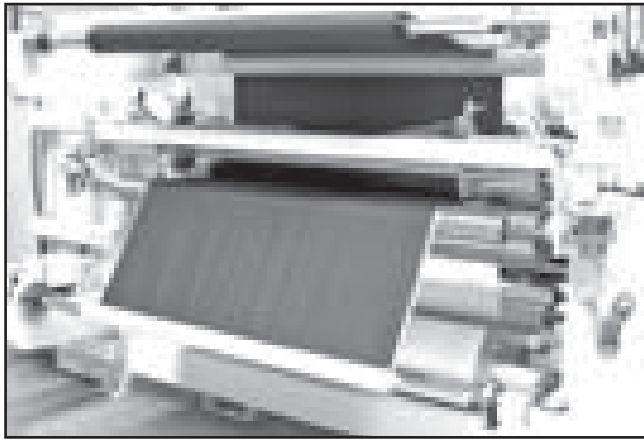
میزان چسب مورد استفاده برای تولید هر ساختار چندلایه ارتباط مستقیمی با شرایط کارکردی منسوج نهایی و انتظارات عملکردی از آن دارد. هرچند که در قدم اول می توان تقریب ذهنی از میزان چسب مورد نیاز بدست آورد، اما جهت دست یابی به حد بهینه استفاده از آزمایشات اولیه به صورت موکد توصیه می شود.

#### ۴. نحوه پاشش چسب به لایه

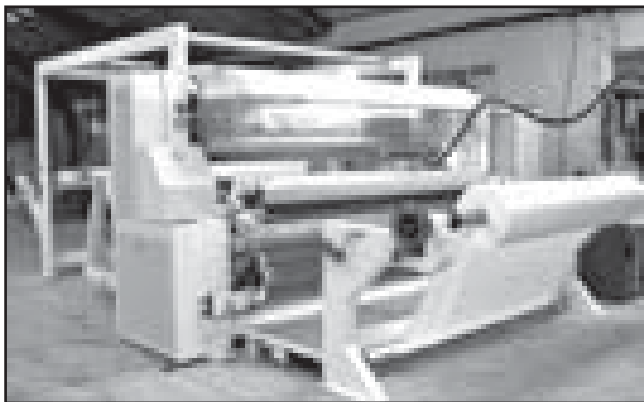
در صورتیکه بخواهیم به عنوان مثال کارکردی نظیر لایه چسب لباس را در نظر بگیریم پاشش نامنظم و غیرمداوم چسب منجر به اتصالات نقطه ای و غیرمداوم بین لایه های لباس می گردد و به همین دلیل در مقایسه با حالتی که چسب به صورت کامل بر روی لایه میانی ریخته شده باشد لباس زبردست نرم و آویزش بهتری خواهد داشت. همانگونه که می دانیم جهت لایه چسب لباس غالباً از پودرهای پلیمری گرمانرم استفاده می شود که در حین عملیات حرارتی که متعاقب و یا همزمان با عملیات دوخت انجام می شود لایه های مختلف لباس به یکدیگر چسبانده می شوند.

اما در هنگام استفاده از پلی یورتان وزن چسب پاشیده شده بسیار کم، قابلیت کشسانی و ازدیاد طول آن بسیار زیاد و زبردست آن بسیار نرم می باشد، به همین دلیل پاشش نقطه ای چسب در اینحالت چندان مطلوب به نظر نمی رسد.

به همین دلیل در این موارد به جای پاشش نقطه ای از سیستم خاصی به نام پاشش عنکبوتی استفاده می شود که توانسته است نتایج مطلوبی در منسوجات چندلایه کامپوزیتی ایجاد نماید. در اینحالت می توان از اوزان بسیار کم تا بسیار زیاد پاشش را تنها به وسیله یک سیستم اجرا نمود در حالی که در سایر سیستمها بازه نوسان پاشش توسط هر غلطک تنها در محدوده چند گرم در متر مربع قابل تغییر است.



شکل ۱- ماشین لمینیت با مذاب چسب



شکل ۲- ماشین لمینیت با مذاب چسب



شکل ۳- ماشین لمینیت آزمایشگاهی با مذاب چسب

**پی نوشت:**

دانشجوی دکتری مهندسی شیمی نساجی و علوم الیاف،  
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

**ماخذ:**

Woodruff, F.A., "How to win with lamination". AATCC Review, September/October 2010, pp. 41-44.

- دستگاه تکمیل پلاσμα و یا آغشته سازی با مواد شیمیایی
- سیستم برش لبه و صاف نمودن آن
- اکومولاتور و یا سایر سیستمهای لازم جهت کنترل مداوم تولید

**محدودیت سرعت**

سرعت تولید در این دستگاهها به وزن و خصوصیات لایه مورد نظر بستگی دارد، اما به عنوان یک راهنمایی کلی می توان گفت که:

- سرعت تولید مواد بسیار کشسان نسبت به سرعت تولید مواد با پایداری ابعادی بالا بایستی کمتر انتخاب شود،
- در هنگام استفاده از مواد اولیه گرانبقیمت سرعت تولید را باید به گونه ای تنظیم نمود که حداقل میزان ضایعات تولید شود،
- در صورت استفاده از مواد اولیه با ثبات ابعادی عالی می توان سرعت تولید را به گونه ای تنظیم نمود که دستگاه به مدت طولانی و تنها با نظارت اپراتور بدون توقف کار نماید.

به غیر از قیمت و خصوصیات فیزیکی لایه اولیه، عرض لایه، وزن چسب مورد نیاز و سرعت فرایند مهمترین فاکتورهای قابل تنظیم در دستگاه می باشند.

با توجه به اینکه چسب پلی یورتانی معمولاً در بشکه های ۲۱۰ کیلوگرمی به بازار عرضه می شوند، مخزن ذوب کننده چسب باید از ظرفیت و قابلیت مناسبی جهت گرم نمودن چسب و انتقال آن از طریق لوله های گرم به کلگی پاشش چسب بر روی لایه برخوردار باشد. از طرف دیگر باید پارامترهای رئولوژیکی مذاب چسب را در تنظیم سرعت دستگاه مدنظر قرار داد. به عبارت دیگر نمی توان سرعت تولید دستگاه را بیشتر از قابلیت جریان مذاب چسب به دستگاه در نظر گرفت. به عنوان مثال در دستگاهی با عرض کاری ۲ متر در صورتیکه بخواهیم ۱۰ گرم در متر مربع چسب بر روی لایه پاشیده شود و سرعت تولید دستگاه را در حد ۳۰ متر در دقیقه تنظیم نماییم به دستگاهی نیاز داریم که توانایی تغذیه ۳۶ کیلوگرم در ساعت چسب مذاب را داشته باشد.

مهمترین فاکتورهای کنترل کننده در انتخاب چسب مناسب عبارتند از:

- دمای مذاب مورد نیاز
  - رئولوژی چسب مذاب
  - ویسکوزیته پلیمر در دمای مورد نظر
- با در نظر گرفتن تمام این موارد استفاده از سیستمهایی که قابلیت تغذیه ۵۰-۶۰ کیلوگرم در ساعت مذاب چسب را دارند بسیار مناسب است و اگر بخواهیم ظرفیت تولید را افزایش دهیم (به عنوان مثال تولید ساختارهای ۳ لایه ای و یا بیشتر) بهتر است به جای افزایش ظرفیت مخزن ذوب کننده از دو مخزن مجزا استفاده نماییم.

**جمع بندی**

بدون شک در طی چند سال گذشته استفاده از پلی یورتان با قابلیت ذوب شونده می توانسته است جایگزین بسیاری از روشهای متداول تولید ساختارهای چند لایه کامپوزیتی شود و به همین دلیل سازندگان دستگاههای مرتبط با این سیستم توجه خاصی را به بهینه سازی پارامترهای فرایندی آن معطوف نموده اند و پیش بینی می شود که این روند رشد در آینده نیز ادامه یابد. در انتها لازم به ذکر است که نویسنده این مقاله بیش از ۴۰ سال است که در این حوزه مشغول بکار بوده و بیش از ۹۱۰ دستگاه لمینیت را در ۵۳ کشور نصب و راه اندازی نموده است و مسائل مطروحه در این مقاله حاصل تجربیات شخص نگارنده است.