

# اهمیت فرمالیسیون پارچه و فرآیند لاستیک سازی و تاثیر آن در خواص تسمه نقاله های منجیدی



محمد درخشان

کارشناس ارشد سازه، مدیر فنی و رییس هیئت مدیره  
هلدینگ تخصصی مهان همتای آکام (مهاکو)  
technicalmanager@mehako.com



امیر حسین شکری پور

دکترای بازرگانی، مدیر عامل  
هلدینگ تخصصی مهان همتای آکام (مهاکو)  
info@mehako.com



## کلیدواژه ها:

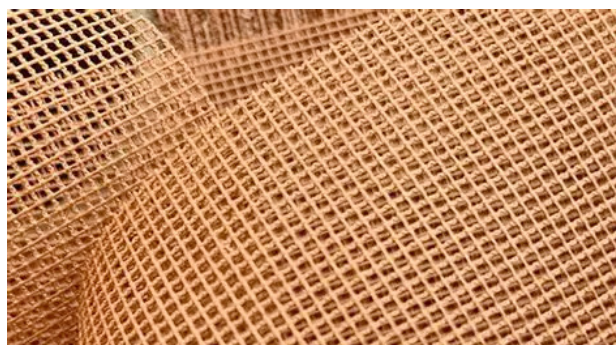
۱. Conveyor belts (تسمه نقاله)
۲. Carcass fabric (پارچه کارکاس)
۳. Latex impregnation / RFL dipping (دییپینگ لاتکس / RFL)
۴. Vulcanization (ولکانیزاسیون)
۵. Adhesion (چسبندگی)
۶. Polyester / Polyamide fibers (الیاف پلی استر / پلی آمید)
۷. Mechanical properties (خواص مکانیکی)
۸. EP multi-ply belts (تسمه های EP چند لایه)
۹. Process optimization (بهینه سازی فرآیند)
۱۰. ISO 252 (استاندارد چسبندگی لاستیک-پارچه)

## مقدمه:

فرمالیسیون دقیق پارچه (کارکاس) و فرایند لاتکس زنی/دییپینگ در تسمه نقاله های مسلح منجیدی می آید. این مقاله با الهام از منابع مختلف درباره سه مرحله تولید تسمه (پارچه خام، پارچه ملحق با لاستیک و محصول ولکانیزه شده) و چند منبع مرجع درباره چسبندگی لاستیک-پارچه، استاندارد آزمون چسبندگی و اثر پارامترهای فرایندی تدوین شده است.

## ۱- نقش کارکاس (carcass) در سیر کلی ساخت

در تسمه‌های منجیدی، کارکاس (لایه/لایه‌های بافته‌شده الیاف) عنصر باربر اصلی است و نیروهای کششی را حمل می‌کند؛ لایه‌های لاستیکی رویی (کاور) وظایف حفاظت در برابر سایش، ضربه و محیط را بر عهده دارند. چرخه ساخت متعارف سه گام کلیدی دارد: (الف) تولید پارچه خام بافتنی مناسب، (ب) دیپینگ در سامانه رزورسینول-فرمالدهید-لاتکس (RFL) برای ایجاد پیوند شیمیایی و مکانیکی با لاستیک و (ج) ولکانیزاسیون مجموعه پارچه-لاستیک برای ایجاد چسبندگی نهایی و خواص مکانیکی هدف. آزمایشات نشان داد که هر یک از این مراحل به‌طور معنادار روی خواص کششی و دوام اثر می‌گذارند و مقایسه سیستماتیک «پارچه خام»، «پارچه دیپ‌شده» و «تسمه ولکانیزه» برای طراحی دقیق ضروری است.

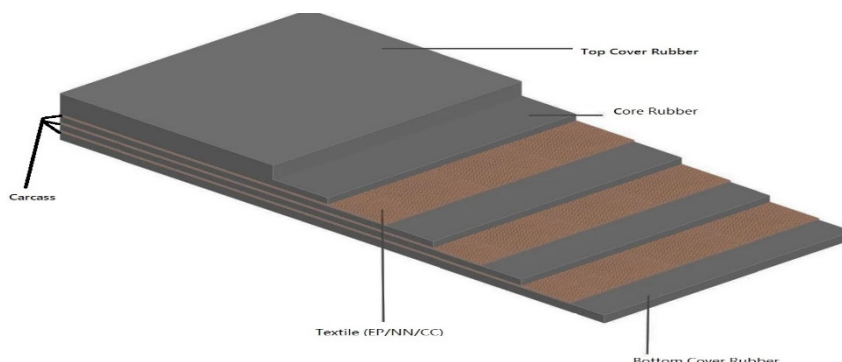


## ۲- مهندسی پارچه کارکاس: الیاف، بافت، پارامترها

انتخاب الیاف. ترکیب کلاسیک EP (پلی‌استر در تار / پلی‌آمید در پود) به دلیل کش آمدن کم در تار، جذب ضربه و تورفتگی‌پذیری مناسب در پود و پایداری ابعادی خوب، انتخاب غالب در تسمه‌های چندپلایه است. گزینه‌های دیگر شامل NN (تمام نایلون) و آرامید برای نسبت استحکام به وزن بالا است. خواص گرمایی و چسبندگی الیاف به لاستیک نیز باید سنجیده شود؛ برای نمونه، پلی‌استر به‌طور ذاتی چسبندگی پایینی با لاستیک دارد و نیازمند تسلیح سطحی/دیپینگ قوی‌تری است.

پارامترهای بافت برای مهندسی پارچه، چهار کمیت عملی کلیدی‌اند:

- چگالی تار/پود (Ends/Picks per cm).
- چین‌خوردگی نخ در بافت (Crimp) که بر مدول موثر و خزش اثر می‌گذارد.
- جرم سطحی و ضخامت پارچه.
- نسبت استحکام طولی به عرضی (برای هم‌خوانی با میدان تنش تسمه روی رولرها).



به صورت ساده، مدول کشسانی موثر ورودی مدل تسمه را می توان با رویکرد «قانون مخلوطها» و ضرایب اصلاحی بافت نوشت: که در آن کسر حجمی نخ های تار، مدول الیاف و ضریب کاهنده ناشی از موج دارشدگی نخ است. این رابطه مهندسی (نه یک قانون استاندارد) به شما کمک می کند اثر تراکم بافت و چین خوردگی را کمی کنید و به هدف مدول/کشایی مورد نیاز برسید. یافته مهندسان بر اثرگذاری محسوس ساختار پارچه بر خواص مکانیکی نهایی تاکید دارد.

هدف گذاری خواص برای تسمه EP چند لایه؛ معمولاً کشایی کم در راستای طولی، انعطاف عرضی کافی برای تشکیل قوس جویی مناسب و ممانعت از لایه لایه شدن است. این اهداف مستقیماً طراحی بافت (چگالی، نوع بافت ساده/سرژه، میزان کرمپ) و انتخاب نوع نخ را هدایت می کنند.

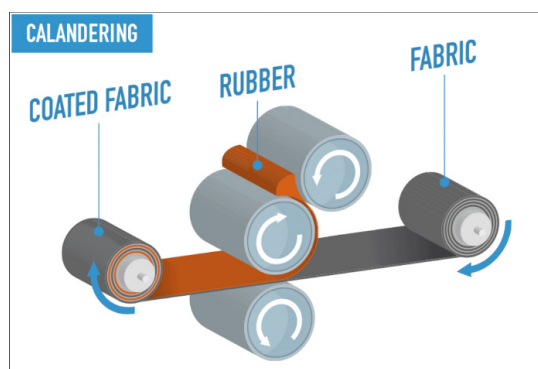
### ۳- منطق و فرمالیسیون دیپینگ RFL

دیپینگ RFL راه حل صنعتی جافتاده برای ایجاد پل های شیمیایی و فیزیکی بین الیاف مصنوعی مثلاً (PET/PA) و لاستیک است. رزورسینول و فرمالدهید با هم رزین RF را تشکیل می دهند و در مجاورت لاتکس معمولاً SBR یا (NR/SBR) شبکه ای ایجاد می شود که پس از خشک کردن/پخت روی سطح نخ می ماند و در ولکانیزاسیون با لاستیک کاور چسبندگی بسیار بالایی می دهد. پژوهش های جدید نشان می دهند که تقویت چسبندگی – PET لاستیک با تسطیح سطح الیاف و اصلاح فرمولاسیون RFL ممکن است به طور چشمگیری ارتقاء یابد.

اجزای کلیدی فرمولاسیون RFL نما کلی:

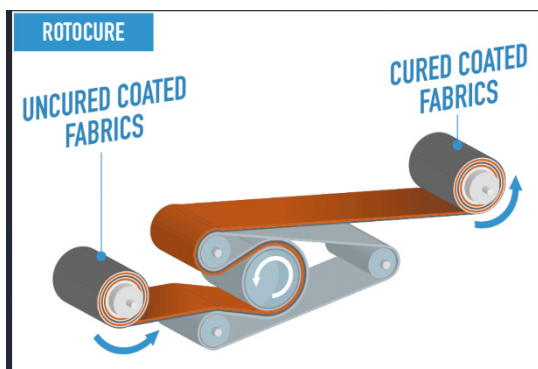
- (رزورسینول + فرمالدهید) ایجاد ژل/رزین RF
- لاتکس (SBR/NR) یا امولسیون های هم بسپار دیگر به عنوان فاز پیوندی با لاستیک
- تنظیم کننده pH (معمولاً بازی)، سورفکتانت برای پایایی
- جامدات (solids) تنظیم شده برای دستیابی به pick-up هدف
- در صنعت، نسبت های دقیق فرمول، نوع لاتکس و کاتالیست ها «ویژه سازنده» است، اما اصول کنترل فرایندی مشترک است " شاخص های فرایندی مهم:

- درصد جامدات و درصد برداشت (Pick-Up) روی پارچه که به وزن پوشش و در نهایت چسبندگی کمک می کند.
- خشک کردن و پخت اولیه RFL (مثلاً چند دقیقه در دماهای میانی) برای تثبیت فیلم.
- آماده سازی سطح پارچه زدودن روان کننده ها، احیاناً حرارت دهی اولیه Heat-Setting/ برای یکنواختی جذب.
- این متغیرها روی چسبندگی نهایی که طبق ISO 252 سنجیده می شود اثر مستقیمی دارند.



## ۴- پیوند RFL و ولکانیزاسیون: پنجره فرآیندی

دیپینگ خوب بدون ولکانیزاسیون صحیح به نتیجه مطلوب نمی‌رسد. پژوهش‌های فرآیندی روی تسمه‌های EP نشان می‌دهد که دما/زمان ولکانیزاسیون برای نمونه بازه‌هایی در حدود 140 تا 220°C و 6 تا 35 دقیقه بسته به ترکیب لاستیک/ضخامت مستقیماً بر استحکام و کرنش گسیختگی کارکاس (پارچه، منجید) اثر می‌گذارد؛ همچنین تاثیر دیپینگ RFL بر خواص کششی پارچه در تعامل با این سیکل حرارتی معنی‌دار است. بنابراین پنجره فرآیندی باید به گونه‌ای انتخاب شود که تخریب حرارتی الیاف رخ ندهد و در عین حال شبکه شیمیایی RFL و لاستیک به حد مطلوب برسد.



## ۵- نکات ریز ولی تعیین‌کننده

آماده‌سازی سطح پارچه شست‌وشو/Heat-Set

بر ترشوندگی و یکنواختی فیلم RFL اثر جدی دارد، پایداری RFL (فرسودگی زمانی، ژل شدن) را با بازه تعویض تعریف‌شده مدیریت کنید، سازگاری شیمیایی RFL با لاستیک کاور را بررسی کنید (SBR) برای عمومی/سایش، NBR برای روغن، NR برای انعطاف در دمای پایین.

ایمنی و محیط‌زیست: فرمالدهید ماده‌ای تنظیم‌گری است؛ جایگزین‌های کم‌فرمالدهید یا فناوری‌های اصلاح سطح الیاف (پلازما/سیلان‌ها) را در نقشه هدف بگنجانید.



## ۶- جمع‌بندی

برای رسیدن به تسمه‌نقاله‌ای با کشایی کنترل‌شده، چسبندگی پایدار و عمر خستگی طولانی باید زنجیره «پارچه RFL-ولکانیزاسیون» را به صورت یک سیستم کوپل‌شده دید. طراحی بافت مناسب EP/NN آرمید با چگالی بافت و کرمپ هدف (دیپینگ RFL با فرمول کنترل‌شده)

جامدات، pH، زمان رسیدن، برداشت وزنی و ولکانیزاسیون در پنجره حرارتی بهینه، سه ستون این کیفیت‌اند. اعتبارسنجی منظم با ISO 252 و تحلیل داده‌های DOE، مسیر مطمئن برای صنعتی‌سازی و کاهش ریسک است. یافته‌های مهندسان در تفکیک اثر هر مرحله، به همراه مطالعات جدید روی چسبندگی-PET لاستیک و تاثیر پارامترهای ولکانیزاسیون، چارچوب مهندسی محکمی برای «فرمالیسیون دقیق» فراهم می‌آورد. در ادامه، در مقاله بعدی، به تفصیل هر یک از بخش‌های مطرح‌شده در این مقاله شامل فرمولاسیون‌های پیشرفته، روش‌های آزمایشگاهی، استانداردهای اجرایی و همچنین کاربردهای نوین در صنایع مختلف مورد بررسی و تحلیل دقیق‌تری قرار خواهد گرفت.

## منابع

1. Barburski, M. (2016). Analysis of the mechanical properties of conveyor belts on the three main stages of production. *Journal of Industrial Textiles*, 45(6), 1322–1334.
2. International Organization for Standardization. (2023). ISO 252:2023 - Rubber- or plastics-coated fabrics — Determination of adhesion between coating and substrate. ISO.
3. Esmailzadeh, N., Rahimi, M. R., & Sharifi, A. M. R. (2020). Enhancement of adhesion between polyester fibers and rubber in conveyor belts using RFL dip. *Journal of Materials Processing Technology*, 283, 116696.
4. Abdullah, M. S., & Abu-Siada, A. M. (2018). Mechanical properties and wear resistance of conveyor belts reinforced with textile carcasses. *Materials & Design*, 160, 1–12.
5. Martins, R. F. T., Costa, P., Carvalho, H., & Fernandes, F. M. (2017). Effect of latex impregnation on the mechanical behavior of textile-reinforced rubber composites. *Polymer Testing*, 60, 43–51.
6. Schuster, R., & Stöhr, H. (2019). *Conveyor belts: Design, fabrication, and maintenance*. Industrial Press.