

تحلیل پیشرفته ساختار و ترکیبات تسمه‌های نقاله صنعتی بر اساس نوع و کاربرد



محمددرخشان

کارشناس ارشدسازه، مدیر فنی و رئیس 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



واژه‌های کلیدی

تسمه نقاله، رابر بلت، استیل کورد، DIN 22102، EP، PVC، PVG، شیب نقاله، آپارات مکانیکی،
تسمه استیل مش، CAFOD، هوش مصنوعی در صنعت، مدت زمان پخت، چسب صنعتی، تشخیص
اشیای خارجی، conveyor belt, elevator belt, splice kit, AI detection

چکیده:

تسمه‌های نقاله به عنوان یکی از اجزای حیاتی سیستم‌های حمل مواد در صنایع مختلف، نقش کلیدی در بهره‌وری خطوط تولید دارند. در این مقاله، انواع تسمه‌های نقاله صنعتی از منظر ساختار، ترکیب مواد، خواص فیزیکی و شیمیایی و کاربردهای مهندسی مورد بررسی قرار می‌گیرند. رویکرد مقاله مبتنی بر استانداردهای بین‌المللی نظیر DIN 22102، ISO 14890 و ASTM D378 است.

۱. تسمه‌های نقاله با روکش لاستیکی (Rubber Conveyor Belts)

ترکیبات شیمیایی و افزودنی‌ها:

- ماده پایه: لاستیک طبیعی (NR)، SBR یا NBR بسته به نیاز به مقاومت در برابر حرارت یا روغن
- کربن بلک (Carbon Black): پرکننده اصلی برای افزایش مقاومت سایشی
- DOP و سایر پلاستی‌سایزرها: بهبود انعطاف‌پذیری
- روغن‌های فرآوری: بهبود فرایند اختلاط
- آنتی‌اکسیدان‌ها / آنتی‌اوزونان‌ها: جلوگیری از ترک خوردگی

• رزین‌های فنولیک: افزایش چسبندگی لایه‌ها

• شتاب‌دهنده‌ها + گوگرد: پخت ولکانیزاسیون

نکات مهم در کامپاند لاستیکی:

• افزایش بیش از حد کربن بلک موجب شکنندگی

• مصرف زیاد DOP = کاهش چسبندگی

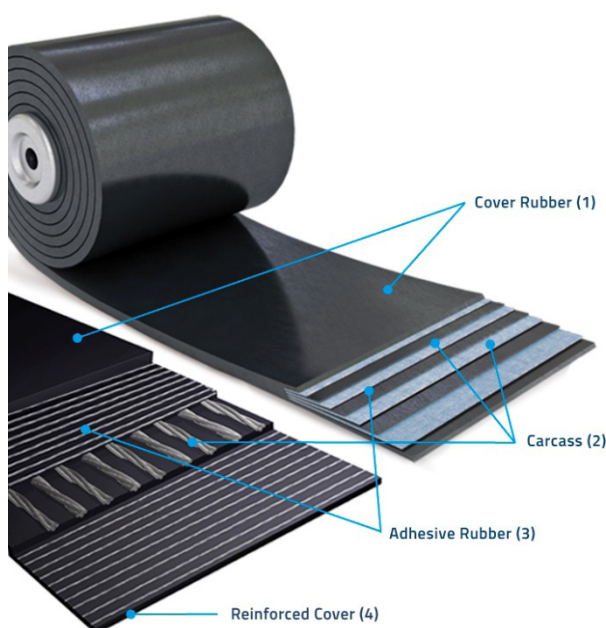
• نسبت گوگرد به شتاب‌دهنده باید کنترل شود

زمان و دمای پخت:

• دمای 140 تا 160 درجه سانتی‌گراد

• زمان 25 تا 45 دقیقه بسته به نوع لاستیک

• پخت بیش از حد = کاهش کیفیت



جدول 1: تاثیر مواد افزودنی بر خواص فیزیکی تسمه نقاله

ماده افزودنی	عملکرد	تاثیر مصرف زیاد
کربن بلک	سختی و سایش	شکنندگی
DOP	انعطاف	کاهش چسبندگی
آنتی اکسیدان	محافظت سطح	هزینه اضافه
فنولیک	چسبندگی	شکنندگی لایه‌ها
روغن فرآوری	نرمی	افت استحکام
شتاب دهنده‌ها	پخت	سوختگی یا پخت ناقص

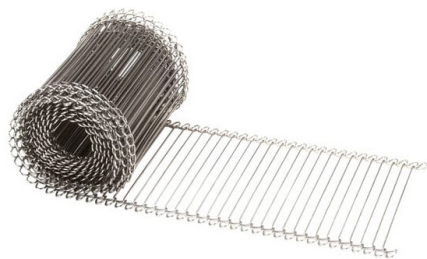
جدول 2: دما و زمان پخت

توضیح	زمان (دقیقه)	دما (°C)	لاستیک
حساس به دمای بالا	35-45	140-150	NR
نیاز به کنترل دما	30-40	150-160	SBR
مقاوم به روغن	25-35	145-155	NBR



۲. تسمه‌های استیل کورد (Steel Cord Belts)

- مغزی از کابل‌های فولادی
- مناسب خطوط بلند، بار سنگین، کشش زیاد
- نیازمند تنش کنترل دقیق



۳. تسمه‌های استیل مش (Metal Mesh Belts)

- نوع اول: تمام فلزی، بدون پوشش - مقاوم به حرارت و محیط انفجاری
- نوع دوم: با تار و پود فلزی، پوشش رابر - ترکیبی از استحکام و محافظت سطحی



۴. تسمه‌های (PVC و PVG)

- **PVC:** مقاوم به رطوبت و روغن، مناسب صنایع غذایی
- **PVG:** ترکیبی از روکش لاستیکی + مغزی پلی‌استر، مقاوم به شعله و سایش

۵. ساختار و شیب تسمه‌ها

- شیب تا 18° = تسمه معمولی
- 18° - 45° = تسمه آجدار یا الواتور
- 45° - 90° = تسمه الواتور با قلاب و کیت اتصال

۶. تنش کنترل و کشش تسمه

- برای طول > 1 کیلومتر نیاز به سیستم کشش
- طول > 10 کیلومتر = تنش کنترل اتوماتیک ضروری
- کشیدگی کنترل نشده باعث پارگی و سایش زودرس



۷. روش‌های آپارات و اتصال تسمه

- روش‌ها: حرارتی (Hot)، سرد (Cold)، مکانیکی
- استانداردها: ISO 16851، DIN 22123
- آپارات مکانیکی: پیچ، بست استیل، قلاب اتصال

• برای الواتورها: استفاده از کیت‌های اتصال فولادی، Clamp Plate و پین فولادی

۸. سیستم‌های الواتور (Bucket Elevators)

- شیب‌های شدید تا 90 درجه
- تسمه‌های EP، استیل مش و PVC قابل استفاده
- اتصال با کیت‌های استیل مقاوم به سایش و کشش
- مناسب انتقال عمودی در معادن، کارخانه سیمان و گرانول‌سازی



۹. طول عمر تسمه نقاله و استانداردهای مرتبط

عوامل موثر:

- کیفیت کامپاند
- شرایط کاری (دما، رطوبت، بار)
- آپارات صحیح
- نگهداری پیشگیرانه

استانداردهای کلیدی:

- DIN 22102
- ISO 14890
- ISO 284
- ASTM D378
- ISO 15236

۱۰. توسعه تکنولوژی و ادغام هوش مصنوعی در صنایع مطالعه موردی (CAFOD):

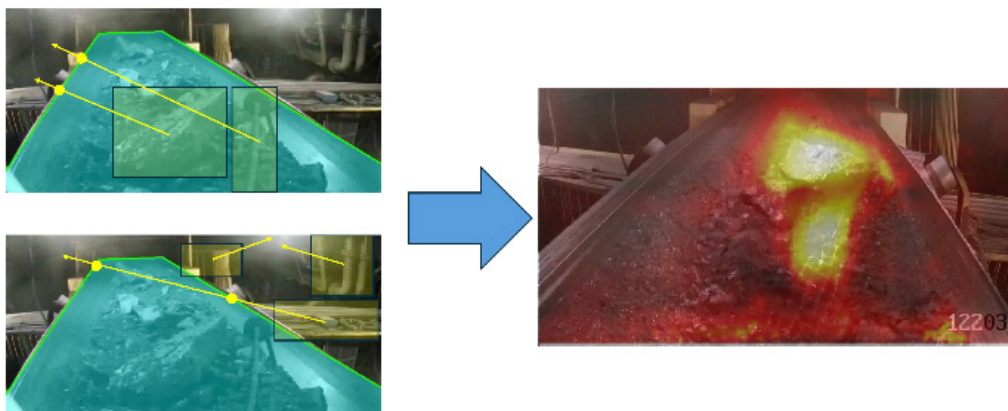
در پژوهشی با عنوان Camera-Adaptive Foreign Object Detection for Coal Conveyor Belts، سیستم پیشرفته CAFOD طراحی شده که اشیای خارجی را روی تسمه‌های نقاله در محیط‌های گردوغباری معدن تشخیص می‌دهد.

اجزای اصلی:

- **MVDA**: شبیه‌سازی زاویه دیدهای مختلف
- **CFP**: درک بافت زغال اطراف جسم
- **CBAL**: محدودسازی تشخیص به منطقه تسمه
- **VFL**: افزایش دقت تشخیص اشیای کوچک و سخت

ویژگی‌ها:

- مقاوم به لرزش، زاویه دید متغیر و غبار
- دقت بالا و کاهش آلارم‌های اشتباه
- مناسب برای معادن و محیط‌های صنعتی چالش‌زا



Belt area constraint

Foreign object detection score

نتیجه‌گیری

انتخاب تسمه نقاله مناسب وابسته به کاربرد صنعتی، محیط کاری و استانداردهای اجرایی است. با شناخت دقیق ساختار، مواد و فناوری‌های نوین (همچون سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی)، می‌توان به بهره‌وری بالاتر، کاهش هزینه نگهداری و ایمنی بیشتر دست یافت.

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. **DIN 22102:** "Conveyor belts with textile plies for bulk goods - Requirements for rubber or plastics covers." Deutsches Institut für Normung (DIN), Germany.
2. **DIN 22131-1:** "Steelcord conveyor belts - Part 1: Design, dimensions and mechanical requirements for conveyor belts."
3. **ISO 14890:2013:** "Conveyor belts — Specification for rubber- or plastics-covered conveyor belts of textile construction for general use."
4. **ISO 15236-1:2005:** "Steel cord conveyor belts – Part 1: Design, dimensions and mechanical requirements."
5. **ISO 284:2012:** "Conveyor belts — Electrical conductivity — Specification and test method."
6. **ASTM D378-07:** "Standard Test Methods for Rubber Conveyor Belting." American Society for Testing and Materials (ASTM).
7. **ISO 16851:2012:** "Textile conveyor belts — Splice strength — Test method."
8. **DIN 22123:** "Mechanical fasteners for conveyor belts — Requirements and testing."
9. **ISO 340:** "Conveyor belts — Laboratory scale flammability characteristics — Requirements and test method."
10. **Goodyear Rubber Handbook**, 2003 Edition. Goodyear Tire & Rubber Company.
11. **Handbook of Conveyor and Elevator Belting**, 4th Edition, Goodyear Engineering Manual.
12. **Camera Adaptive Foreign Object Detection for Coal Conveyor Belts**, X. Zhang et al., Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 2023.
13. **Rubber Technology Handbook**, Werner Hofmann, Hanser Publishers.
14. **Polymer Blends and Alloys**, M.J. Folkes and P.S. Hope, Springer, 1985.
15. **Design of Material Handling Systems**, M.A. Weiss, McGraw-Hill, 2011.

