مروری بر فیلمهای رادیولوژی (۲)

واژه‌های کلیدی:
فیلمهای رادیولوژی ــ پایه فیلمهای رادیولوژی ــ پلی اتیلن ترفتالات.

مقاله حاضر خلاصه‌ای از بخش مطالعاتی پروژه بازیابی و بررسی فرمولبندی و ساخت فیلمهای رادیولوژی است که در مرکز تحقیقات و توسعه علوم و تکنولوژی مواد پلیمری در دست اجرا است، که اهداف زیر در این پروژه دنبال می‌گردد.

ــ استفاده مجدد از فیلمهای رادیولوژی مستعمل موجود پس از حذف مواد حساس قبلی و حساس نمودن مجدد.

ــ خُرد کردن فیلمهای مستعمل پس از حذف مواد حساس و تهیه مجدد فیلم بصورت رول و حساس نمودن برای استفادهٔ مجدد.

ــ بررسی در مورد فرمولبندی و تکنولوژی ساخت فیلمهای رادیولوژی از مواد اولیه.

به طور کلی فیلمهای رادیولوژی از دو قسمت عمده به نامهای پایه و مواد حساس تشکیل یافته‌اند که طی دو مقاله، مروری بر این دو قسمت خواهد شد.

موضوع مورد بحث در این مقاله پایه فیلمهای رادیولوژی است که در حال حاضر عمدتاً از پلی‌اتیلن ترفتالات یا به عبارت دیگر اکسی اتیلن اکسی ترفتالویل ساخته می‌شوند. در ضمن مطالبی دربارهٔ فرمولبندی پایه این گونه فیلمها، میزان مصرف و تولید، خواص فیزیکی و شیمیایی وسایر کاربردهای پلی اتیلن ترفتالات و همچنین فرایند ساخت آن ارائه می‌شود.

جدول ۱۴ خواص فیزیکی، الکتریکی و حرارتی فیلم پلی‌اتیلن ترفتالات تهیه شده توسط کمپانی دوپان را نشان می‌دهد.

جدول ۱۴ ــ خواص فیزیکی و حرارتی فیلم پلی‌اتیلن ترفتالات کارخانه دوپان [9]

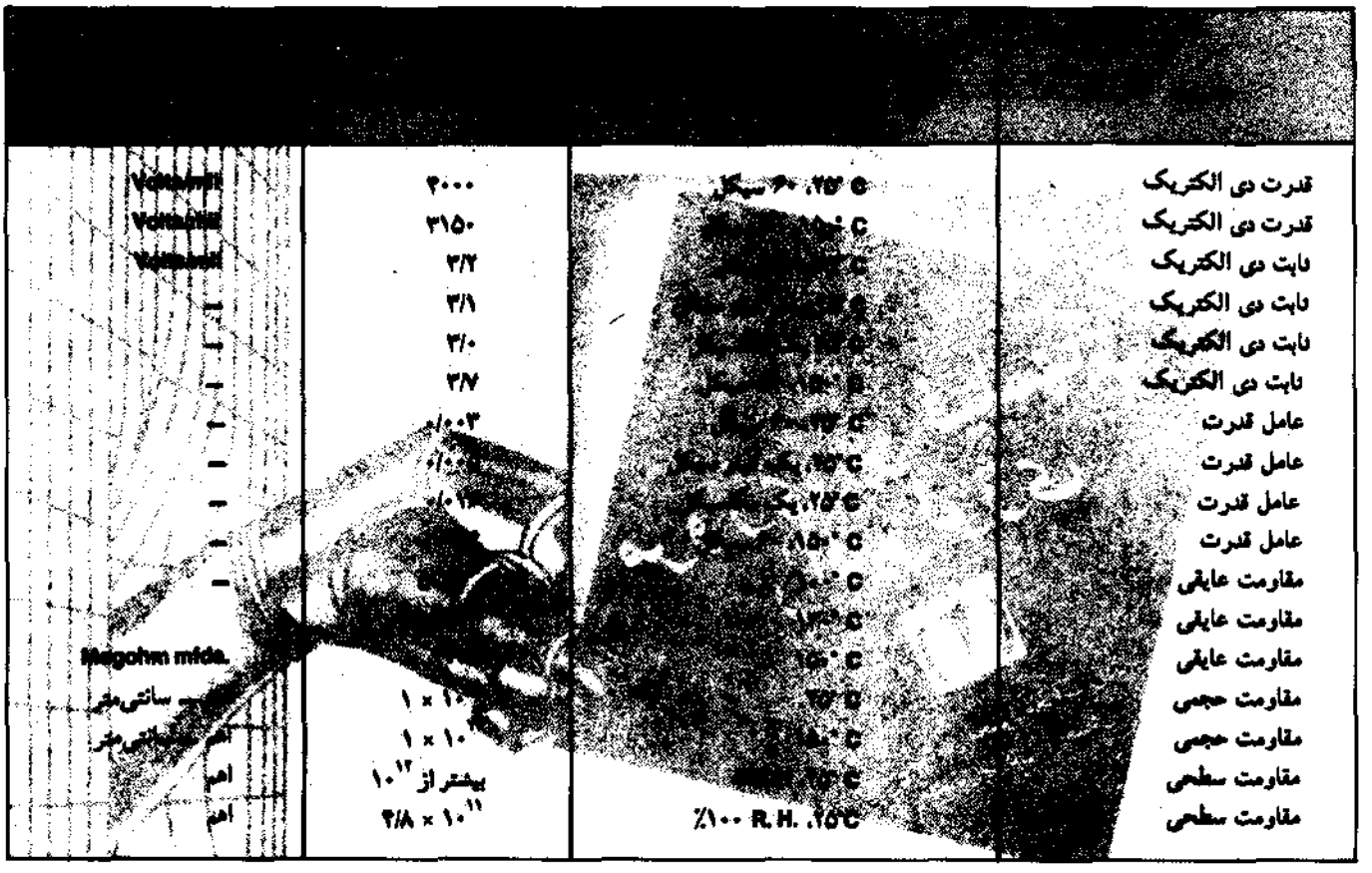
خواص فیزیکی

استحکام کششی	۲۲۵۰۰	lb/sq.in	دستگاه کشش اینسترون
مدول کششی	۵۰۰۰۰۰	lb/sq.in	دستگاه کشش اینسترون
ازدیاد طول تا پارگی	۷۰	٪	دستگاه کشش اینسترون
مقاومت در برابر ضربه	۹۰	Kg - cm	دستگاه Falling Ball
مقاومت در برابر ترکیدن	۴۵	lb	دستگاه مولن (Mullen)
مقاومت در برابر پارگی	۱۸	g	دستگاه پاره کننده سلوفان
عمر پیچ خوردن	۲۰۰۰۰	سیکل	دستگاه آزمایش پیچ خوردن دوپان، ۲۵°c، خمشی
بازیابی خم شدن	۴۳	٪	روش بازیابی خم شدن آنی در ۱۸۰°c
بازیابی خم شدن	۵۱	٪	روش بازیابی خم شدن در ۶۰ ثانیه
چرم مخصوص	۱/۳۸	g/cc	لوله مدرج چرم مخصوص
عامل سطح	۲۰۰۰۰	sq.in/lb/mil	محاسبه
ضریب شکست	۱/۶۴	n_D ــ ۲۵°c	رفراکتومتر آبه (Abbe)

Key Words:

Radiology films, Base of radiology films, Poly(ethylene terephthalate).

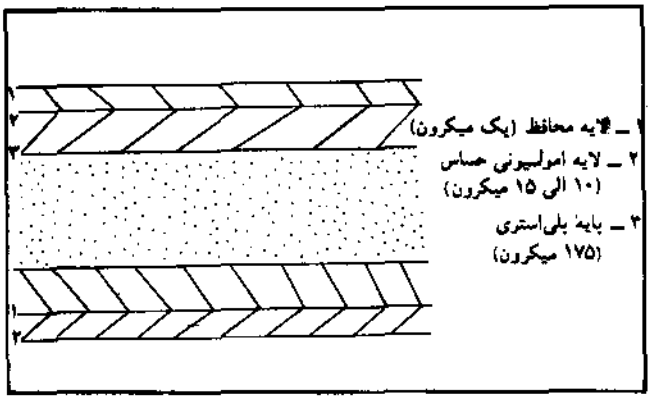
ادامه جدول ۱۴ ــ خواص الکتریکی



"MYLAR"C*

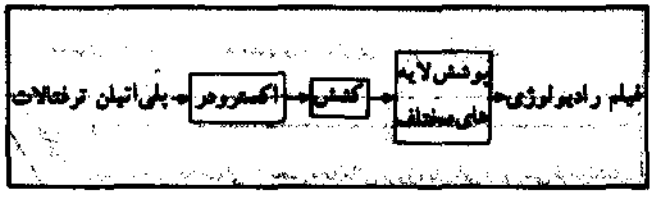
ساختار فیلمهای رادیولوژی

به طور کلی فیلمهای رادیولوژی متشکل از پنج لایه هستند. در واقع پایه اصلی (لایه پلی‌استری) نگهدارنده چهار لایه دیگر است. شکل ۴ ضخامت لایه‌ها و طرز قرارگرفتن لایه‌ها بر روی هم را نشان می‌دهد [10].



شکل ۴ـ ضخامت و طرز قرارگرفتن لایه‌ها در فیلم رادیولوژی

اولین مرحله تولید فیلمهای رادیولوژی، تهیه فیلم پایه است که خود از چندین مرحله تشکیل می‌شود. شکل ۵ الگوی کلی از فرایند تهیه فیلم را نشان می‌دهد.



شکل ۵ ــ الگوی کلی فرایند تهیه فیلم رادیولوژی

ادامه جدول ۱۴ـ خواص حرارتی

نقطه ذوب	۲۵۰ ــ ۲۵۵	°C	—
دمای کار	۶۰ تا ۱۵۰	°C	۲۰۰۰ V/mil بعد از ۱۰۰۰ ساعت, ۱۵۰°C(a)
ضریب انبساط	۲۰ × ۱۰^-۶	°F	—
ضریب هدایت	۳/۶۳ × ۱۰^-۴	cal/cm/sec/°C	cenco-fitch
درهم رفتگی ۱۵۰°C(a)	۳ ــ ۵	%	—

تذکر: این مقادیر نوعی برای فیلمهای "mylar" کارخانه دوپان است و نمی‌توان برای فیلمهایی با طراحی‌های ویژه به کار برد.

این بخشها به ترتیب در زیر مورد بحث قرار می‌گیرند.

خوراک اکسترودر

در ابتدا اشاره می‌شود که کلیه فرایندهای تولید فیلمهای رادیولوژی به دلیل حساسیت زیاد باید در محیطی تمیز و عاری از گرد و غبار و ایجاد الکتریسیته ساکن انجام گیرد، در غیر اینصورت هنگام روکش کردن مواد حساس مشکلاتی بوجود خواهد آمد [5].

خوراک اکسترودر مخلوطی از پلی‌اتیلن ترفتالات، رنگ آبی و جاذب $U.V$ است. که قبلاً توضیحاتی در مورد پلی‌اتیلن ترفتالات داده شده است و در اینجا فقط به ذکر خصوصیات پلی‌اتیلن ترفتالات تجاری مناسب برای تهیه فیلم اکتفا می‌شود. جدول ۱۵ خصوصیات رزین پلی‌اتیلن ترفتالات مورد نظر را نشان می‌دهد [5].

جدول ۱۵ ــ خصوصیات پلی‌اتیلن ترفتالات مورد استفاده در تهیه فیلمهای رادیولوژی

ویسکوزیته ذاتی	۱/۰۴
نقطه ذوب	۲۶۰°C
جرم مخصوص (گرم بر سانتی متر مکعب)	۱/۳۴
رطوبت (درصد وزنی)	۰/۲۰
اندازه ذرات (اینچ مکعب)	۰/۱۲۵
جرم مخصوص توده (پوند بر فوت مکعب)	۵۶ــ ۴۸

ویسکوزیته ذاتی در مخلوط ۵۰ : ۵۰ (وزنی) از تری فلوئورواستیک اسیدو دی کلرومتان در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد توسط ویسکوزیمتر لوله موئین آبلوهد (*Ubbelohde*) ساخت شرکت کانن) اندازه‌گیری شده است. در ویسکوزیته ذاتی ۱/۰۴، متوسط عددی وزن مولکولی پلیمر در حدود ۴۲۰۰۰ است [5].

معمولاً پلی‌اتیلن ترفتالات به صورت پولکهای بلوری ذخیره می‌شود این پلیمر نسبتاً نم نماست و چون وجود رطوبت در دمای اکسترود باعث تخریب زنجیرهای پلیمری می‌شود، قبل از اکسترود کردن و تهیه فیلم، پلیمر در دماهای بالا خشک می‌گردد. مقدار رطوبت ذرات پلیمری بعد از عمل خشک کردن باید کمتر از ۰/۰۰۵ درصد باشد [5,4].

رنگ آبی

فیلمهای مورد استفاده در عکسبرداری اشعه x یک فیلم پایه آبی رنگ دارند که این رنگ آبی به تفکیک بهتر طرح حاصل کمک می‌کند.

ویژگیهایی که رنگ مورد استفاده باید داشته باشد عبارت‌اند از:

ــ پایداری حرارتی به هنگام اکسترود کردن ترکیبات پلیمری داغ دردمای ۳۰۰ تا C ۳۲۰°.

ــ نداشتن اثر نامطلوب بر روی امولسیون پوشش داده شده بر روی فیلم پایه.

ــ پایداری در شرایط نامطلوب حرارتی و رطوبتی به هنگام ذخیره‌سازی فیلمهای حاصل.

براساس شرایط فوق می‌توان حداقل یکی از ترکیبات آنتراکینون زیر را برای فیلمهای اشعه x انتخاب نمود. ۱ و ۴ ــ دی مزیدینو آنتراکوئینون: ۱و۵ ــ بیس ــ (پارا ــ تولوئیدین) ــ ۴ و ۸ ــ دی هیدروکسی آنتراکوئینون: ۴ ــ (۴ ــ آنیلینو) ــ ۱ و ۸ ــ دی‌هیدروکسی ــ ۵ ــ نیترو آنتراکوئینون: ۵ ــ آنیلینو ــ ۴ ــ آمینو ــ ۱ و ۸ ــ دی‌هیدروکسی ــ آنتراکوئینون: ۱ و ۴ بیس (۲ و ۶ ــ دی اتیل آنیلینو) آنتراکوئینون: ۴ ــ (۴ ــ β ــ هیدروکسی اتیل آنیلینو) ــ ۱ و ۸ ــ دی‌هیدروکسی ــ ۵ ــ آمینو آنتراکوئینون: ۱ و ۵ ــ دی [p ــ (β ــ هیدروکسی‌ــ ۵ ــ آمینوآنتراکوئینون: ۱ و ۵ ــ دی [p ــ (β ــ هیدروکسی ــ اتوکسی) فنیل] آمینو ــ ۴ و ۸ ــ دی هیدروکسی آنتراکوئینون.

رنگهای فوق به هنگام اکسترود کردن و جهت‌گیری از پایداری حرارتی بهتری نسبت به سایر رنگهای آنتراکوئینون برخوردارند و محلولهای ظهور هیچ اثری بر روی رنگ فیلم پایه ندارند.

رنگهای آنتراکوئینون فوق در مورد پلی‌استرهای خطی به ویژه پلی‌استرهایی با نقطه ذوب بالاتر از C ۲۰۰° مانند پلی اتیلن ترفتالات و پلی ۱ و ۴ ــ سیکلوهگزان دی متیل ترفتالات موثرند.

اگر به مقدار ۱۰۰ تا ۳۰۰ ppm ماده رنگین دوبلیمر به کار رود فیلم حاصل رنگ مناسبی خواهد داشت. این رنگها را می‌توان به سادگی سنتز، و مورد استفاده قرار داد [12].

چند فرمولبندی مواد رنگین معرفی در فیلمهای رادیولوژی عبارت‌اند از:

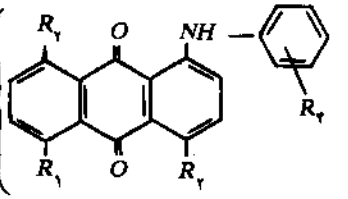
ــ به میزان ppm ۵۰۰ ــ ۱۰۰ از ۱ ــ (p ــ بنزیلوکسی آنیلینو) یا ۱ ــ (p ــ فنتیلوکسی آنیلینو) به پلی اتیلن ترفتالات اضافه می‌گردد یا چیپسهای پلی‌اتیلن ترفتالات را با یک درصد از مخلوط ترکیب ۴۷٪ ۱ ــ (p ــ فنتیلوکسی آنیلینو) و ۵۳٪ ۱ و ۵ دی (ارتو ــ متیل انیلینو) ــ ۴ و ۸ دی هیدروکسی آنتراکوئینون مخلوط کرده و سپس این مخلوط را اکسترود می‌کنند [13].

ــ دو قسمت از مخلوط (۱۵٪ ۴ و ۸ ــ دی هیدوکسی آنتراکوئیتون و ۸۵٪ ۱ و ۸ ــ دی ــ (pــ آنیزیدینو)) را با ۹۸ قسمت پلی‌اتیلن ترفتالات مخلوط می‌کنند [14].

ــ رنگ آبی آنتراکوئینون ۱ و ۴ ــ دی مزیدینو آنتراکینون که در دمای اکسترودن C ۳۲۰° ــ ۲۰۰ پایدار است. به میزان ppm ۱۹۰ به پلی‌اتیلن ترفتالات اضافه می‌گردد [12].

ـ یک قسمت از مخلوط زیر به صورت خشک با ۹۹ قسمت چیپس پلی‌اتیلن ترفتالات مخلوط می‌گردد [15].

(٪۴۷) { ۱ـ(p ـ بنزیلوکسی ـ آنیلینو)ـ ۴ ـ هیدروکسی آنتراکوئینون
۱ـ(p ـ فنتیلوکس آنیلینو) ۴ ـ هیدروکسی آنتراکوئینون

(٪۵۳) {  $R_1 = R_2 = OH$, $R_3 = NH(C_6H_4)Me$, $R_4 = Me$

۵ ـ قبل از اکسترود کردن، پلی‌اتیلن ترفتالات با ۰/۰۲ درصد از ۱ ـ (۲ ـ ۶ دی اتیل آنیلینو) ـ ۴ و ۵ و ۸ ـ تری هیدروکسی آنتراکوئینون مخلوط می‌گردد [16].

جاذب UV

قبل از اکسترودکردن به مقدار ۵۰ الی ۲۰۰۰ ppm از ترکیب فورانون (۵ـ بنزیلیدن ـ ۳ ـ [N ـ (اتوکسی کربونیل) کربامویل] ـ ۴ ـ فنیل ـ ۲ ـ (5H)ـ فورانون به پلی‌اتیلن ترفتالات اضافه می‌گردد [17] ـ بنابراین مخلوطی از پلی‌اتیلن ترفتالات و رنگ آبی و جاذب U.V خوراک اکسترودررا تشکیل می‌دهد.

فرایند اکستروژن فیلم

خوراک ورودی در دمای ۲۷۰ الی ۳۱۵ درجه سانتی‌گراد اکسترودر می‌شود. با توجه به اندازه‌های استاندارد اکسترودر تک مارپیچی [که برحسب قطر داخلی بدنه عبارت‌انداز: $2\frac{1}{2}$، $3\frac{1}{2}$، $4\frac{1}{2}$، ۶، ۸ اینچ] دبی‌اکسترودر از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$Q_e = 16 D_b^{2/2}$$

Q_e = دبی‌اکسترودر برحسب پوند در ساعت

D_b = قطر بدنه برحسب اینچ

همین‌طور توان موردنیاز برای اکسترودر عبارت است از:

$$H_p = 5/3 \times 10^{-4} Q_e C_p \Delta T$$

Hp = توان برحسب اسب بخار

Cp = ظرفیت حرارتی $(\frac{BTU}{lb.F^\circ})$

Δt = تغییرات دما از ناحیه ورود خوراک تا ناحیه خروج آن، برحسب $(^\circ F)$.

در ضمن نسبت طول به قطر $(\frac{L}{D})$ اکسترودر ۲۴ به ۱ است [11].

با توجه به ضخامت فیلم نهایی و رابطه زیر می‌توان ضخامت فیلم خروجی از اکسترودر را محاسبه کرد [18].

$$t_1 = t_2 F_m F_t (\frac{P_2}{P_1})$$

t_1 = ضخامت فیلم نکشیده (بعد از اکسترودر).

t_2 = ضخامت فیلم کشیده شده نهایی.

F_m = ضریب کشش فیلم در جهت ماشین.

F_t = ضریب کشش فیلم در جهت عمود بر ماشین.

P_2 = جرم مخصوص فیلم کشیده شده.

P_1 = جرم مخصوص فیلم نکشیده شده.

و با توجه به مشخصات فیلم داده شده می‌توان t_1 را محاسبه کرد.

فرایند کشش فیلم

عمل کشش سبب نظم یافتن زنجیرهای پلیمری در جهت اعمال نیرو می‌شود. بنابراین استحکام فیلم در آن‌سو افزایش می‌یابد. به همین علت در بیشتر فرایندهای تولید فیلم عمل کشش بلافاصله پس از اکستروژن صورت می‌گیرد.

فیلمهای نظم‌یافته در یک جهت، آنهایی هستند که عمل کشش روی آنها تنها در یک سو انجام گرفته است، اما فیلمهای نظم یافته در دو جهت، در دو سوی عمود برهم کشیده شده‌اند. حال اگر مقدار کشش در هر دو جهت یکسان باشد فیلمی متعادل به دست می‌آید که خواص آن در هر دو جهت یکسان است.

در اثر فرایند کشش تغییرات زیر در خواص فیلم حاصل می‌گردد [18].

- بهبود استحکام کششی.
- افزایش مقاومت در برابر ضربه.
- افزایش مقاومت در برابر پارگی.
- افزایش سختی.
- بهبود انعطاف‌پذیری فیلم.
- کاهش شفافیت.
- افزایش مقدار خلل و فرج.
- بهبود قابلیت چاپ و نوشتن.

خواص کشش فیلمهای پلی‌اتیلن ترفتالات جهت‌یابی شده و بی‌شکل جهت‌گیری نشده در جدول ۱۶ با یکدیگر مقایسه شده‌اند. همان‌طور که دیده می‌شود فیلم جهت‌گیری نشده از استحکام کم و افزایش طول تا پارگی زیاد برخوردار است. در حالی که فیلم جهت‌یابی شده دارای

جدول ۱۶ ــ مقایسه برخی خواص فیلمهای پلی‌اتیلن ترفتالات کشیده شده و نشده

کشیده نشده	۶۰۰۰	۲	۷۵۰۰
در یک جهت کشیده شده	بیشتر از ۲۵۰۰۰	۷	بیشتر از ۷۵۰۰۰
در دو جهت کشیده شده	۲۵۰۰۰	۱۴۰	بیشتر از ۱۰۰۰۰۰

* براساس سطح مقطع اولیه محاسبه شده‌اند.

** این مقادیر می‌توانند با تغییر شرایط کشش تغییر کنند، اما از مقادیر متناظر مربوط به حالتی که فیلم در یک جهت کشیده شده است، بیشتر نمی‌شوند. اگر محاسبات براساس سطح مقطع پس از شکست انجام گیرند، برای هر حالت مقادیر بیشتری حاصل می‌شوند، چون در طول آزمایش بر اثر پدیده کشیدگی سرد *(cold drawing)* سطح مقطع نمونه، کاهش می‌یابد.

استحکام زیاد و افزایش طول تا پارگی کم است. در مقایسه با این دو حالت، فیلمی که در دو جهت نظم یافته است استحکام و افزایش طول تا پارگی متعادلی دارد *[5]*.

همان‌طور که گفته شد، با افزایش مقدار کشش خواص فیزیکی بهبود می‌یابد. این مسئله در مورد فیلمهای مصرفی به عنوان نوارهای ویدئو و یا نوارهای مغناطیسی که باید از خصوصیات کششی بالا در جهت طولی برخوردار باشند اهمیت ویژه‌ای دارد. در مورد فیلمهایی که باید دارای خصوصیات مشابه در تمامی جهات باشند، فرایند کشش در دو جهت عمود بر هم، به کار می‌رود.

خصوصیات نوری، الکتریکی و فیزیکی فیلم پلی‌اتیلن ترفتالات بستگی به ساختار حاصل بعد از عمل کشش و بهبود حرارتی یا به عبارتی بستگی به میزان نواحی بلوری و بی‌شکل ایجاد شده دارد *[19]*.

کشش طولی

کشش طولی (در جهت ماشین) توسط عبور فیلم از بین غلطکهایی که با سرعتهای متفاوت می‌چرخند صورت می‌گیرد. در این مرحله دما و سرعت غلطکها بازده کشش طولی را تعیین می‌کنند. دمای این غلطکها باید همواره بالاتر از دمای انتقال شیشه‌ای و پایینتر از نقطه ذوب ماده گرما نرم باشد. بنابراین دمای این غلطکها در مورد پلی‌اتیلن ترفتالات که در دمای ۲۷۰ تا ۳۱۵°C اکسترود می‌گردد، بین ۶۷ تا ۸۰°C است *[19]*. البته با کاهش دمای این غلطکها خواص فیلم حاصل به صورت زیر تغییر می‌یابد: *[4]*.

میزان تبرگی		×
استحکام در نقطه تسلیم		
مقاومت در برابر پارگی		
مقاومت در برابر ضربه	×	
مقدار درهم رفتگی	×	

با توجه به سرعت چرخش غلطکها و استفاده از رابطه زیر می‌توان سرعت کشش در جهت طولی را تعیین کرد.

$$\text{سرعت متوسط کشش فیلم} = \frac{V_1 + X \cdot V_1}{2}$$

X = ضریب کشش

V_1 = سرعت خطی غلطک اولیه (آهسته)

$X \cdot V_1$ = سرعت خطی غلطک ثانویه (تند)

معمولاً ضریب کشش بین ۲/۵ تا ۵ است *[9]*.

شکل ۶ طرحی از اکسترودر و غلطکها را نشان می‌دهد. در این فرایند کشش طولی با این اکسترودر پلی‌اتیلن ترفتالات باویسکوزیته ذاتی $0/59 dlg^{-1}$ و جرم مخصوص سطحی $1/33 g.cm^{-3}$ با سرعت ۶۰ کیلوگرم در ساعت از درون یک حدیده با ابعاد ۳۰۰ میلی‌متر در ۲/۵ میلی‌متر با دمای $290°C$ خارج می‌گردد. غلطک اولی (با قطر ۸۰۰ میلی‌متر و پهنای ۱۰۰ میلی‌متر) با سرعت ۲/۲۸ متر در دقیقه می‌چرخد و این غلطک در جایی واقع شده که طول مؤثر فیلم بین حدیده و اولین خط تماس آن با غلطک، ۲۰ میلی‌متر است.

در این طرح به منظور ایجاد چسبندگی بین فیلم و غلطکها از یک الکترود (فولاد ضدزنگ) به قطر ۰/۱۵ میلی‌متر استفاده می‌شود. به طوری که فاصله بین سیم و فیلم ۱۰ میلی‌متر است.

اگر هنگامی که جریانی در الکترود برقرار نیست، سطح فیلم پس از عبور از غلطک دوم بررسی شود نقص تیرگی پنجرهٔ کرکره‌ای *(venetian blind haze)* که توسط یک‌سری خطوط سایه و روشن بوجود آمده است، دیده می‌شود. این نقص در اثر به دام افتادن هوا بین فیلم و سطح غلطک است و به منظور از بین بردن این نقص الکترود مزبور به کار می‌رود.

اگر منبع جریان مستقیم ۸۰۰۰ ولتی به الکترود وصل گردد، فیلم به سطح غلطک می‌چسبد و نقص فوق از بین می‌رود. در این حالت جریان کشیده شده از منبع حدود ۱×۱۰^{-۳} آمپر است.

سطح غلطکها می‌تواند از جنس کروم باشد یا یک پوشش عایق الکتریکی چون تفلون *(registered trademark)* برای جلوگیری از تماس الکتریکی مستقیم بین فیلم و غلطک داشته باشد. ضخامت این پوشش نباید بیشتر از ۰/۵ میلی‌متر باشد.

گرادیان میدان مغناطیسی حاصل از الکترود باید طوری تنظیم شود که هوای بین فیلم و غلطک را یونیده کند. اما توانایی یونیده کردن هوای روی سطح فیلم را نداشته باشد. چون در اثر یونیده شدن هوای موجود، روی سطح فیلم، ترکهایی در فیلم ایجاد می‌گردد *[20]*.

به هنگام کشش طولی، پهنای فیلم همزاه با ضخامت آن، کاهش می‌یابد. این باریک شدن فیلم در اثر کشش، سبب ناهموار شدن کناره‌های فیلم می‌گردد که در مرحله کشش عرضی، به هنگام اتصال گیره‌ها تولید اشکال می‌کند. برای رفع این مشکل سعی می‌شود فاصله بین غلطکها تا حد امکان کم باشد.

در اثر کشش طولی ضخامت کناره‌های فیلم کمتر از سایر بخشهای فیلم می‌گردد و برای رفع این اشکال، ضخامت کناره‌های شکاف حدیده مورد استفاده را بیشتر از قسمت وسط آن می‌گیرند و بدین ترتیب مقدار ضایعات تولیدی کاهش می‌یابد *[18]*.

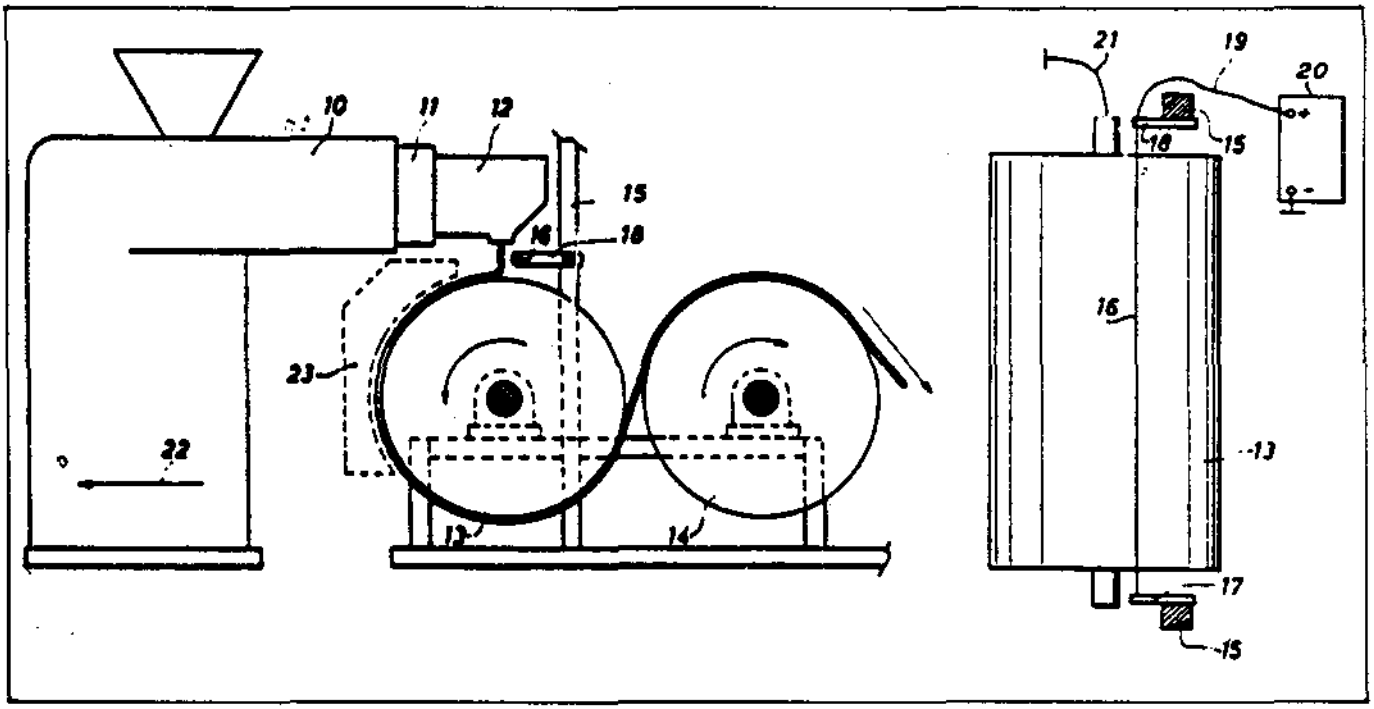
کشش عرضی

بعد از مرحله کشش طولی، به دلیل افزایش درصد تبلور پلیمر گرمانرم، دمای انتقال شیشه‌ای آن افزایش می‌یابد. از این‌رو قبل از اعمال نیرو جهت کشش عرضی، ابتدا فیلم را حرارت می‌دهند تا به دمایی بالاتر از دمای انتقال شیشه‌ای جدید خود برسد.

وسیله‌ای که برای فرایند کشش عرضی به‌کار می‌رود، دو ریل دارد که هر یک با خط وسط فیلم زاویه‌ای ساخته‌اند و به‌تدریج از یکدیگر دور می‌شوند. بر روی هر یک از این ریلها یک سری گیره قرار دارد که ضمن حرکت بر روی ریلهای مربوطه، کناره‌های فیلم را گرفته و تا انتهای ریل با خود حمل می‌کند. بنابراین سرعت حرکت فیلم و زاویه‌ای که ریلها با خط افق می‌سازند، عوامل تعیین‌کننده مقدار کشش عرضی هستند.

طراحی گیره‌های مزبور یکی از عمده‌ترین مسائل طراحی این وسیله است. که در آن به منظور جلوگیری از صدمه دیدن بخشهایی از فیلم که بین دو فک گیره واقع می‌شوند، سطح داخلی فکها را از ماده‌ای که سختی آن بیشتر از سختی فیلم مربوطه نیست، می‌سازند. به‌علاوه، جهت جلوگیری از پاره شدن و یا ترک خوردن فیلم، فکهای گیره توسط دمیدن هوای خشک و غیره، خنک می‌شوند تا استحکام فیلم محصور بین فکها افزایش یابد.

در انتهای فرایند، ناهمواریهای کنارهٔ فیلم جدا می‌گردند و در صورتی که مواد دیگری بر روی آن پوشش داده نشده باشد، به نسبتهای



شکل ۶ ــ (الف). طرحی از اکسترودر و غلطکها. (ب) ــ طرحی از غلطک

۱۰ ــ اکسترودر ۱۱ ــ فیلتر اکسترودر ۱۲ ــ سر اکسترودر ۱۳ ــ غلطک خنک‌کننده ۱۴ ــ غلطک کِشنده ۱۵ ــ قاب نگهدارنده الکترود ۱۶ ــ الکترود ۱۷ و ۱۸ ــ پایه‌های نگهدارنده الکترود واقع در طرفین غلطک ۱۹ ــ سیم اتصال دهنده الکترود به منبع ۲۰ ــ منبع جریان مستقیم ۲۱ ــ اتصال به زمین ۲۲ ــ جهت حرکت اکسترودر به منظور دور کردن از غلطک ۲۳ ــ دمنده هوا (برای خنک کردن فیلم)

مناسب به خوراک اکسترودر اضافه و مصرف می‌شوند [18].

کشش طولی و عرضی همزمان

این عمل می‌تواند به دو صورت ناپیوسته و پیوسته انجام گیرد:

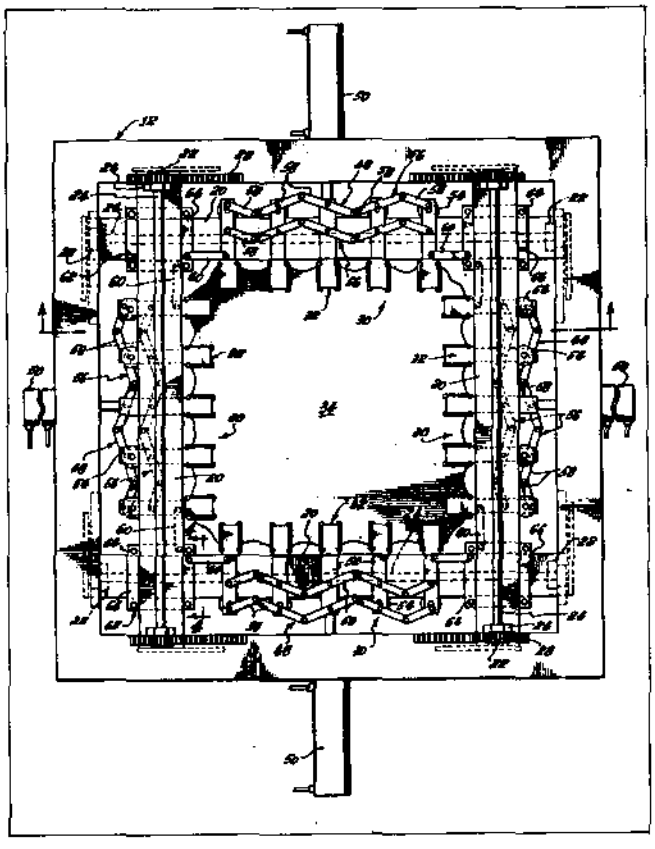
روش ناپیوسته

در این حالت به دلیل قرار گرفتن قطعه‌ای از فیلم بر روی قاب کشش، یک مرحله برش (قبل از کشش) به فرایند تولید اضافه می‌شود. شکلهای ۷ و ۸ تصویر طرح داده شده به ترتیب قبل و بعد از عمل کشش نشان می‌دهد.

شکل ۹ تصویر دستگاه را در امتداد خط ۳ ــ ۳ شکل ۸ نشان می‌دهد.

شکل ۱۰ ــ تصویر بزرگ شده قطعات موجود در امتداد خط ۴ ــ ۴ شکل ۸ است.

شکل ۱۱ تصویر بزرگ شده قطعات موجود در امتداد خط ۵ ــ ۵ شکل ۷ است.

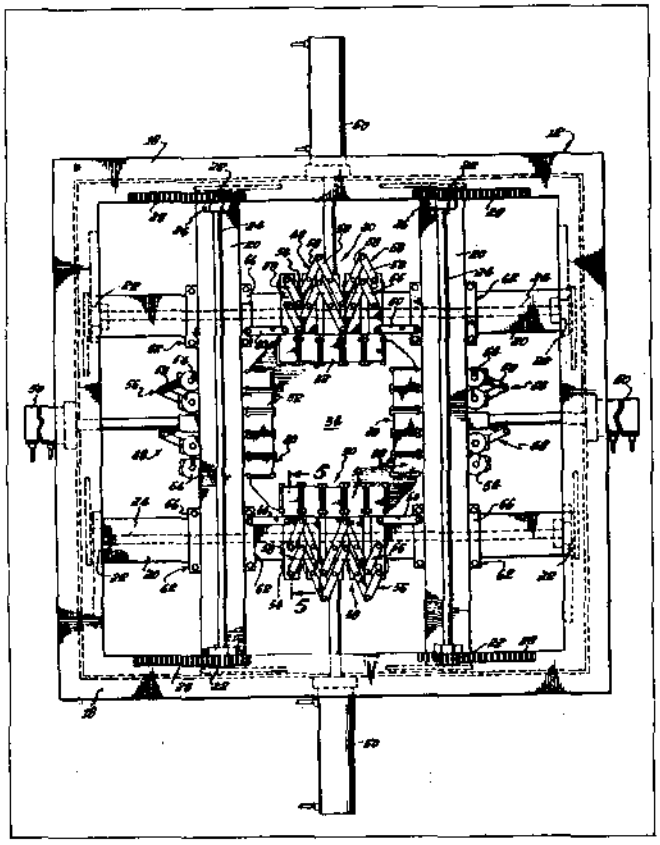


شکل ۷ ــ طرح دستگاه کشش طولی و عرضی همزمان فیلم قبل از عمل کشش

این دستگاه آونی (۱۰) با دمای قابل تنظیم دارد. در میان دستگاه قاب مستطیل شکلی (۱۲) وجود دارد که توسط پایه‌هایی (۱۴) به زمین (۱۶) متصل گردیده است. قاب مزبور (۱۲) از پروفیلهای *I* شکل ساخته شده است که در نتیجه راهی (۱۸) را برای هدایت چهار میله متحرک (۲۰) ایجاد می‌کند. حرکت این چهار میله طوری است که همواره با موقعیت اولیه خود موازی هستند.

هر میله متحرک (۲۰) یک چرخ دنده (۲۲) دارد که بر روی محور مشترک (۲۴) وصل است و این چرخ‌دنده‌ها در طول دنده‌های (۲۸) واقع بر روی قاب (۱۲) حرکت می‌کنند.

بر روی هر یک از این میله‌ها (۲۰) یک سری گیره متصل است که به کناره‌های فیلم (۳۴) اتصال پیدا می‌کنند. گیره‌ها (۳۲) یک فک ثابت (۳۸) و یک فک متحرک (۴۰) دارند. فک متحرک به پیستونی (۴۲) که توسط فشار هیدرولیک یا نیوماتیک حرکت می‌کند، متصل است. برای افزایش فضای بین گیره‌های (۳۰) واقع در کناره‌های فیلم (۳۴) میله‌هایی (۴۸) بر روی میله‌های متحرک (۲۰) قرار گرفته‌اند. و این میله‌ها (۴۸) توسط سیلندرها و پیستونهای (۵۰) واقع بر روی قاب (۱۲) حرکت می‌کنند [21].



شکل ۸ ــ طرح دستگاه کشش طولی و عرضی همزمان فیلم بعد از عمل کشش

روش پیوسته

دستگاه مربوط یک قاب با دو ردیف گیره دارد و تسمه‌های حاوی گیره‌ها با خط افق زاویه‌ای تشکیل می‌دهند که این خود عامل کشش عرضی است. در طول مدت کار فاصله بین گیره‌ها بتدریج زیاد می‌شود و در نتیجه فیلم به صورت طولی نیز کشیده می‌شود [18].

شکل ۱۲ دستگاه را در سه جهت نشان می‌دهد. فیلم (۱) از بین غلطکهای ورودی (۲ و ۳) عبور می‌کند و به طرف تسمه‌های حاوی گیره

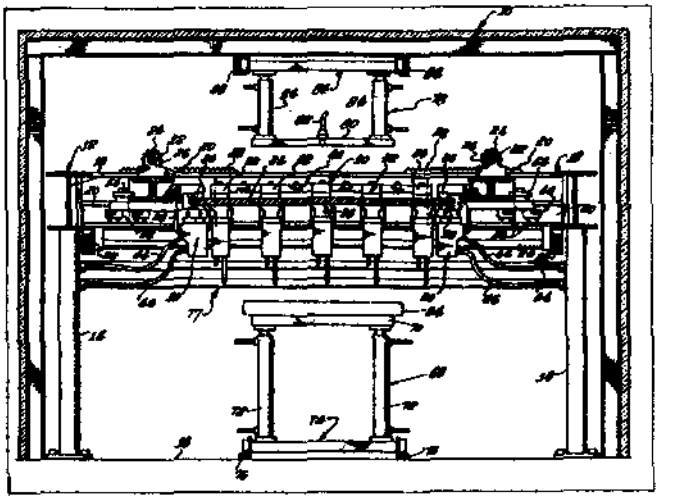
(۹) هدایت می‌شود. این تسمه‌ها که حاوی گیره‌های (۱۰) موردنظرند، توسط چرخهای اسپروکت (۱۱و ۱۲) حرکت می‌کنند. این حرکت بوسیله چرخهای ۱۹ و ۲۰ و محور حد فاصل بین چرخهای ۱۱ و ۱۲ انتقال می‌یابد.

زمانی که تسمه(۹) در جهت نشان داده شده توسط پیکان (۲۲) حرکت می‌کند. کناره‌های فیلم (۱) جدا می‌شوند و از غلطکهای ورودی (۲ و ۳) توسط گیره‌های (۱۰) موجود بر روی تسمه گرفته می‌شوند. سپس تسمه‌های مزبور به تبعیت از ریلهای راهنما از یکدیگر دورشده که در ضمن آن فاصله بین گیره‌ها (۱۰) افزایش می‌یابد. بدین ترتیب کشش عرضی و طولی به طور همزمان صورت می‌گیرند. با تغییر زاویه ریلهای راهنما و ماکسیمم فاصله بین گیره‌ها می‌توان نسبت کشش را تغییر داد.

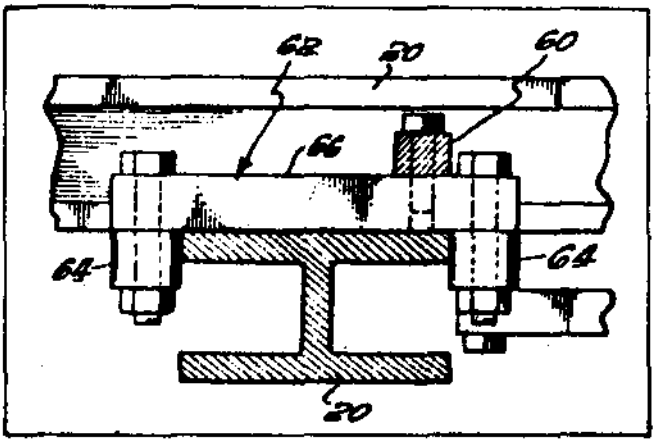
برای داشتن فیلمی با دمای مناسب در طول عمل کشش، یک جفت گرم‌کن (۱۵ و ۱۶) در بالا و پایین فیلم بین تسمه‌ها (۹) تعبیه شده است. و دو گرم‌کن ۱۷ و ۱۸ به روشی مشابه، در ناحیه بهبود حرارتی قرار دارند.

در مرحله خنک کردن، به منظور خنک کردن فیلم (۱) و رساندن آن به دمای از قبل تعیین شده، یک جفت خنک کننده (۲۴ و ۲۵) در بالا و پایین فیلم قرار دارند. فیلم حاصل بعد از مراحل بهبود حرارتی و خنک کردن توسط دو غلطک ۴ و ۵ خارج می‌گردد. (سرعت خطی غلطکهای یادشده برابر سرعت خطی تسمه است.)

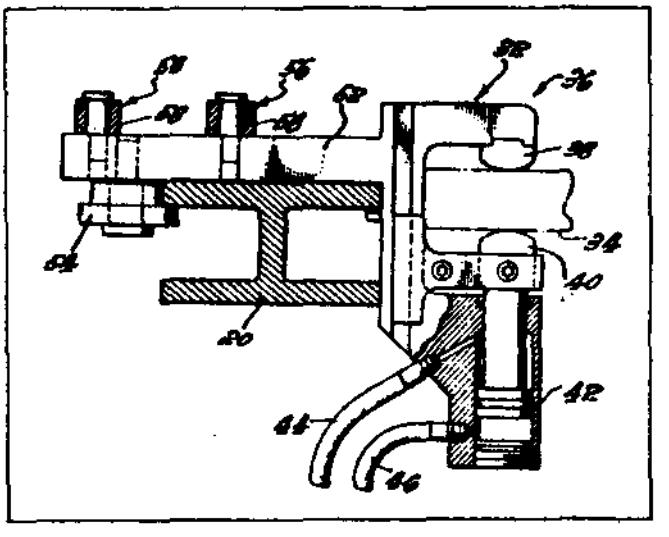
نمایی از تسمه مورد استفاده در این وسیله در شکل ۱۳ نشان داده شده است.



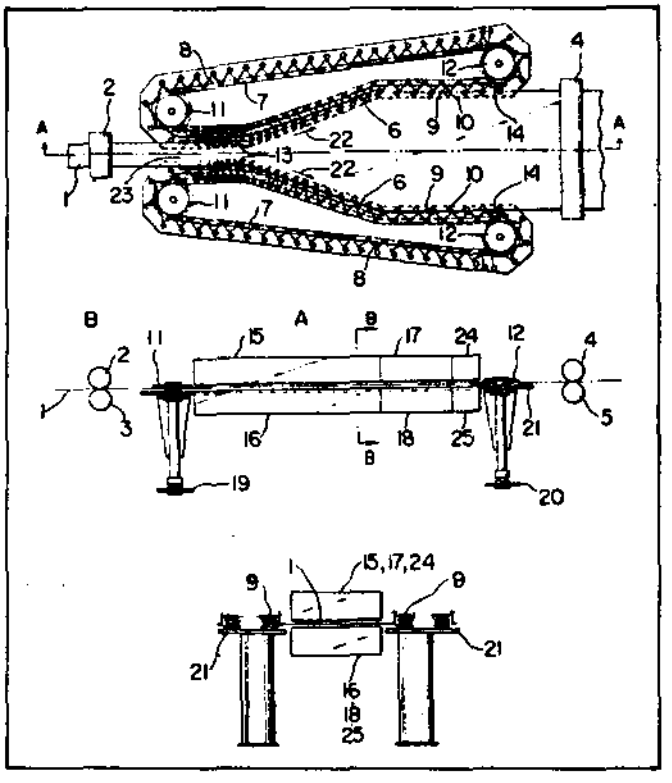
شکل ۹ ــ تصویر دستگاه کشش در امتداد خط ۳ ــ ۳ شکل ۸



شکل ۱۰ ــ تصویر بزرگ شده قطعات موجود در امتداد خط ۴ ــ ۴ شکل ۸



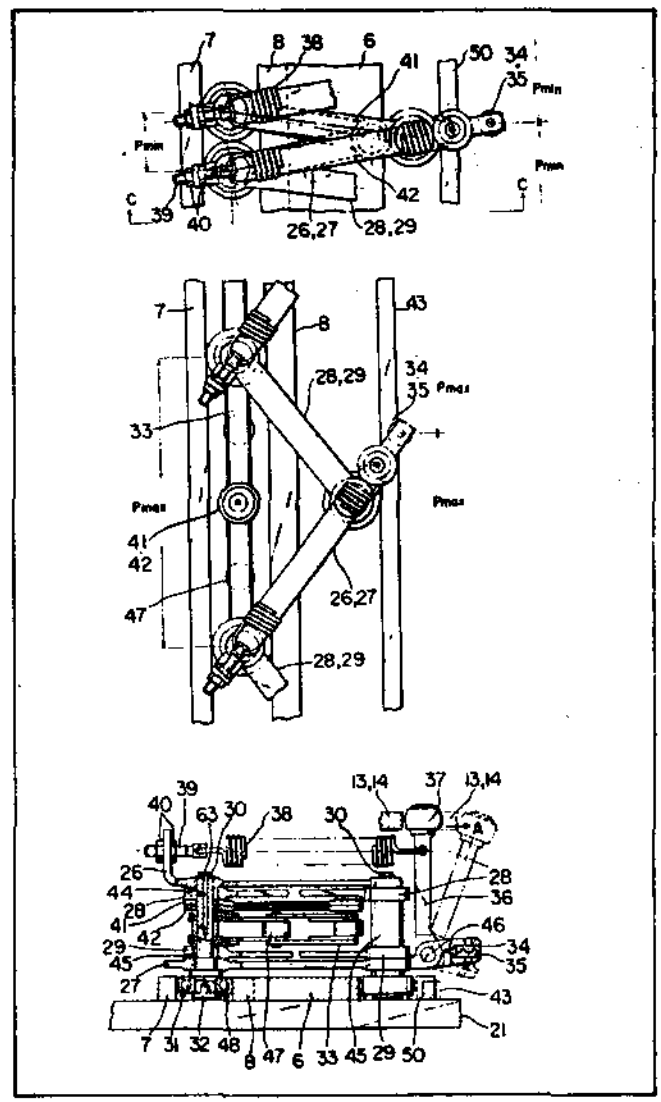
شکل ۱۱ ــ تصویر بزرگ شده قطعات موجود در امتداد خط ۵ ــ ۵ شکل ۷



شکل ۱۲ ــ طرح دستگاه کشش در روش پیوسته

ریلهای راهنمای ۶، ۷، ۸ بستر (۲۱) را جهت تغییر مسیر تسمه (۹) مهیا می‌کنند. این تسمه خود از یک سری صفحات داخلی و خارجی تشکیل شده است. هر یک از صفحات داخلی ۲۸ و ۲۹ توسط محور (۳۰) به نحوی به صفحات خارجی ۲۶ و ۲۷ متصل شده که فاصله بین صفحات داخلی (۲۸ و ۲۹) و صفحات خارجی (۲۶ و ۲۷) تا محل قرار گرفتن محور (۳۰) یکسان باشد.

صفحات خارجی (۲۶ و ۲۷) نسبت به محور (۳۰) ثابت بوده در حالی که صفحات داخلی (۲۸ و ۲۹) که توسط بوشهای ۴۴ و ۴۵ به محور ۳۰ متصل شده‌اند، قابلیت چرخش دارند [22].



شکل ۱۳ ــ نمایی از تسمه مورد استفاده در روش پیوسته

بطور کلی فیلم آمورف پلی‌اتیلن ترفتالات حاصله از اکسترودر حداقل به میزان ۴۰۰٪ در دقیقه (بطوریکه طول آن بیشتر از ۳/۲۵ برابر طول اولیه نگردد.) در دمای بین $90^{\circ}C$ - ۸۰ در جهت طولی تحت کشش قرار می‌گیرد و درجه حرارت قسمت ابتدایی *(preheating)* در مرحله کشش طولی فیلم، بین $95^{\circ}C$ - ۹۰ می‌باشد. در مرحله بعد فیلم با سرعت حداقل ۴۰۰٪ در دقیقه در دمای بین $110^{\circ}C$ - ۹۵ کشیده می‌شود و در نتیجه فیلمی متعادل بوجود می‌آید که در دمای بین $250^{\circ}C$ - ۱۵۰ سخت می‌گردد.

البته باید توجه داشت که دماهای ذکرشده، دمای محیط اطراف فیلم می‌باشند و عمل کشش، خود در فیلم حرارت ایجاد می‌کند. در نتیجه دمای واقعی فیلم در هر زمان از انجام پروسه، بالاتر از دمای محیط اطرافش می‌باشد [23].

REFERENCES

[10] The fundamentals of industrial radiography (fuji film technical hand book)

[11] Principles of Polymer Systems (Ferdinand Rodriguez), 2nd ed 1983.

[12] Linear polyesters coloured with anthraquinone compounds. British 1,1, 3795

[13] Bluish radiographic polyester film support, Ger offen 2, 243, 990

[14] Poly (ethylene terephthalate) – dye radiographic film supports Ger. offen 1,942,381

[15] Poly (ethylene terephthalate) colored supports of x-ray photo film. Japan kokai 73 34,958

[16] Poly (ethylene terephthalate) x-ray film. Japan Kokai 73, 104, 520

[17] Radiographic film. Ger. offen 2, 051, 261

[18] Stanford research institute vol 87

[19] Improvements in the stretching of polyester film. British 1, 028, 943

[20] Process for producing polymeric film U.S. 3,,709, 964.

[21] Stretching and forming apparatus U.S. 2, 759, 217.

[22] Apparatus for stretching the film in two axial directions simultaneously by using link mechanism. U.S. 3, 276, 071.

[23] Stretching of poly (ethylene terephthalate) film. U.S. 2, 823, 421.

ادامه از صفحه ۳۸

REFERENCES

[1] M. Morton, Rubber Technology, 2nd Eddition, Van Nostrand Reinhold Company. 1973.

[2] J. A. Brydson, Rubber Chemistry, Applied Science Publishers, 1978.

[3] D. C. Blackley, Synthetic Rubbers, Applied Science Publishers, 1983.

[4] Bayer Catalogues. 1987

[5] Ker Catalogues. 1987