

ریسندگی لیف

فصل اول:

1- اصول کلی جریان یک سیال در طول ریسندگی لیف

1-1- مقدمه

اولین علم مورد نیاز برای توسعه روش های ریسندگی استفاده شده، برای تولید لیف به وسیله بررسی بر روی عنکبوت و کرم ابریشم ارائه شد. این مخلوقات نشان داده اند که مراحل زیر برای استخراج الیاف ممتد نازک مورد نیاز می باشند.

1- کسب مایع ریسندگی

2- شکل گیری مایع ریسندگی

3- سخت شدن مایع ریسندگی

به علاوه الیاف تولید شده ای که ما به حالت ریسیده به دست می آوریم. ممکن است این که الیاف تولید شده به طراحی بعدی نیاز داشته باشند. بنابراین آنها باید دارای خصوصیات کافی باشند. در کارخانه الیاف پلیمری، پلیمر در شکل مذاب یا محلول تحت فشار از طریق اجسام موئینه دارای ضخامت های مشخص در دسته 0/002 تا 0/04 سانتی متر و طول هایی برابر با 3 تا 4 برابر ضخامت جریان دارد. مایع از جسم موئینه به صورت یک نخ بیرون می آید و مذاب به سرعت در یک ماشین نخ پیچی جمع می شود. به صورتی که مذاب رنگ شده و در آخر جامد شده و در نهایت به صورت یک لیف نازک که از کاهش تدریجی بخش مقطع عرضی ایجاد می شود که به صورت یک لیف با سطح مقطع متحدالشکل با ضخامت یکسان به دست می آید. اولین مایعات قابل ریسندگی محلولهای نیترات سلولز در یک ترکیب الکل/ حلال اتر بودند و جامد سازی مایع ریسندگی به وسیله تبخیر حلال ایجاد شده است.

دومین روش تولید لیف که توسعه یافت فرآیند ویسکوز بود. که در آن یک محلول سلولز به وسیله انعقاد شیمیایی جامد شده بود. پلی اکریلونیتریل اغلب به وسیله این روش ریسیده شده است.

سومین روش با توسعه یک ماده مذاب - پایدار (نایلون 66) ایجاد شده و جامد سازی مایع ریسندگی به وسیله منجمد کردن آن صورت می گیرد. پلی اتیلن تر فتالات، نایلون 66 و پلی پروپیلن، (منظم) همه به وسیله این روش ریسیده شده اند.

روش های اول، دوم و سوم ارائه شده در بالا همگی روش های خوبی هستند که به صورت روش های خشک ریزی، تر ریزی و ذوب ریزی شناخته شده اند.

ریسندگی مذاب جدیدترین و اقتصادی ترین روش می باشد.

ریسندگی مذاب نیز ساده ترین ریسندگی می باشد و از نظر تکنولوژیکی زیباترین روش تولید الیاف می باشد. جامد سازی نخ مذاب وابسته به انتقال گرما می باشد، در حالی که در خشک ریزی این نیز وابسته به یک راه انتقال توده می باشد و در تر ریزی وابسته به دو راه انتقال توده می باشد. نتیجه این است که نسبت های تولید سریع در ذوب ریزی

امکان پذیر شده مذاب نرم می باشد. پایداری گرمایی پلیمر مذاب یک شرط مهم برای ذوب ریزی می باشد. پلیمرهایی که یک نقطه ذوب پایدار را دارا نمی باشند. گاهی اوقات

نرم کردن و شکل دادن آنها با یک ماده نرم کننده فرار یا قابل استخراج قبل از

ریسندگی، صورت می گیرد. به هر حال، این روش به اندازه روش ریسندگی از محلول ها در سطح وسیعی استفاده نشده است. انتخاب بین خشک ریزی و تر ریزی براساس یک

تعداد از عواملی که بعداً شرح داده می شود. انجام شده است.

جدول 1-3- الیاف تولید شده به روش ریسندگی متفاوت را نشان می دهد. گرچه

پلیمرهای آروماتیک در طبقه تر ریزی ذکر شده اند.

اما آنها به وسیله جت خشک تر ریزی با استفاده از تکنولوژی ریسندگی کریستال مایع تولید شده اند. به طور مشابه گرچه الیاف پلی اتیلن به وسیله ریسندگی مذاب تولید می شوند اما وزن مولکولی فوق العاده بالا و تراکم بالای پلی اتیلن در استفاده از روش ریسندگی - ژل پلی اتیلن به لیفی تبدیل می شود که دارای قدرت ارتجاعی بالایی می باشد.

	Solution spinning		
	Dry-spinning	Wet-spinning: direct solvent	Wet-spinning: derivative-based
Nylon 66	Cellulose diacetate	Acrylic (e.g. Courtelle™, Acrilan™)	Viscose rayon
Nylon 6	Cellulose triacetate	Modacrylic	
PET	Acrylic (e.g. Orion™)	Rayon (Tancel™)	
Polypropylene	Polyurethane	Polyurethane	
Polyethylene	(e.g. Lycra™)	(e.g. Vyrene™)	
	Polyvinyl chloride	Polyvinyl alcohol	
	Chlorinated PVC	Aromatic polyamide	

کیفیت یک لیف ریسیده عملکرد بعدی آنرا در صورتی تعیین می کند که لیف ریسیده متحد الاشکل و مشابه باشد، لیف طراحی شده، مورد استفاده تجاری نیز متحد الاشکل و یک جور می باشد. خصوصیات آن نظیر خصوصیات مکانیکی و خصوصیات مثل قابلیت خشک شدن نیز مهم می باشند که این یک جنبه خیلی مهم می باشد. اگر لیف ریسیده متحد الاشکل و یک جور نباشد، لیف نهایی دارای ناحیه های ضعیفی بوده و متحد الاشکل نبوده و باعث ایجاد ضرر می شوند و جنبه غیر رقابتی در بازار پیدا می کنند.

عملکردهای ریسندگی شرح داده شده در بالا وابسته به جریان مواد مذاب و محلولها بوده که در این قسمت یک بررسی خلاصه راجب جریان مذاب می کنیم.

این به خوبی شناخته شده است که مواد اصلی می توانند در سه حالت توده وجود داشته باشند که این سه حالت عبارتند از: گاز، مایع و جامد. حالت توده یک ماده اصلی بوسیله رابطه بین میانگین انرژی جنبشی و میانگین انرژی اصلی فعل و انفعال بین مولکولهای ماده اصلی تعیین می شود. در گازها، میانگین انرژی جنبشی خیلی بیشتر از میانگین انرژی اصلی فعل و انفعال بین مولکولها می باشد.

از طرف دیگر در جامدات، میانگین انرژی اصلی فعل و انفعال مولکولی خیلی بیشتر از میانگین انرژی جنبشی می باشد. در مایعات، این مقادارها تقریباً برابر هستند. یک نتیجه این است که حالت مایع یک حالت نظم کمی را نشان می دهد که این برعکس حالت جامد است که بوسیله هم ردیف کوتاه و هم ردیف طولانی *order* مشخص شده است یا حالت گاز که هیچ *order* را نشان نمی دهد. این باید تأکید شود که این طبقه بندی مبهم نمی باشد، چرا که یک ماده نظیر قیر می تواند بصورت جامد یا مایع در مقیاسهای زمانی متفاوت عمل کند. در وزن مولکولی پایین مایعات در حالت سکون، یک تغییر پیوسته ذرات کنار هم زمانی وجود دارد که مولکولها از یک موقعیت به موقعیت دیگر جهش کنند. در مایعات پلیمری، ممکن است که تغییر همسایه ها طبق یک نمونه قبول شده در سطح وسیع که بعداً شرح داده خواهد شد، صورت پذیرد. زمانی که در حالت ساکن، تعداد جهش ها در هر یک مسیر به اندازه تعداد جهش ها در مسیرهای دیگر می باشد، در آنجا یک به عنوان خود انتشاری رخ می دهد. به هر حال، اگر مایع در معرض یک فشار خارجی قرار بگیرد و در آنجا هیچ حرکت ترجیح داده شده ای در مسیر فشار وجود نداشته و ما جریان را بدست می آوریم. این بعنوان یک جریان ویسکوز شناخته شده است. راحتی کار با اینکه کدامیک از مولکولهای ارائه شده همسایه هایشان را تغییر

می دهند با یک خاصیت خیلی مهم یک مایع با نام ویسکوزیته آن مرتبط شده است. طبق این نمونه، جریان زمانی امکانپذیر می شود که مولکولها انرژی فعالیت لازم را برای جدا شدن از نیروهای جاذب که آنها را به همسایه هایشان متصل می کنند را بدست می آورند. انرژی فعالیت برای جریان بوسیله *Kauzmann* و *Erying* برای یک مجموعه از هیدروکربن های نوع پارافین با طولهای متعدد زنجیره تعیین شده است. در نمودار 1-1، ارزشهای حاصل از انرژی فعالیت در نقطه مقابل تعداد اتم های کربن در زنجیره طراحی شده است و می توان گفت که انرژی فعالیت ابتدا متناسب با تعداد اتمهای کربن افزایش می یابد، اما با افزایش بعدی در طول زنجیره، نسبت افزایش فعالیت آهسته تر شده به یک محدودیت برای یک طول زنجیره حدود 25 اتم کربن نزدیک می شود که وابستگی انرژی فعالیت برای جریان ویسکوز (چسبنده) پارافین به تعداد اتم های کربن در زنجیره را نشان می دهد.

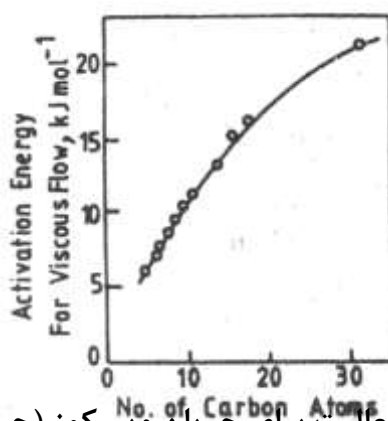
و میتوان گفت که واحدی که در طول جریان حرکت می کند. کل مولکول نیست و یک بخش کوچک زنجیره می باشد. یک مشاهده مشابه بوسیله *Flory* انجام شده است، او چسبندگی در دما و فشار ثابت یک دسته وسیع *polydecame thylene* اندازه گیری کرد. او دریافت که انرژی فعالیت سطوح جریان ویسکوز (چسبنده) برای یک ارزش پایدار قطع شده، اندازه جهش بخشی که بر مانع غلبه می کند. تقریباً برای نمونه های متعدد، یکسان می باشد. اخیراً آنجا توسعه های خاصی در درک پایه مولکولی جریان مایع، ایجاد شده است. تولید همه الیاف ریسیده شده وابسته به جریان مایع می باشد و بنابراین، این مهم است تا ابتدا اصول اساسی در رابطه با جریان مایعات در کانال رشته ساز و سپس در خط ریسندگی را شرح دهیم. در این فصل تلاشهایی انجام شده است تا بصورت خلاصه با این

دو جنبه ارتباط داشته باشند. بعلاوه یک بررسی خلاصه از فرضیه های مولکولی جریان و مفهوم قابلیت ریسندگی انجام شده است و عواملی که باعث ناپایداری جریان می شوند بررسی شده است.

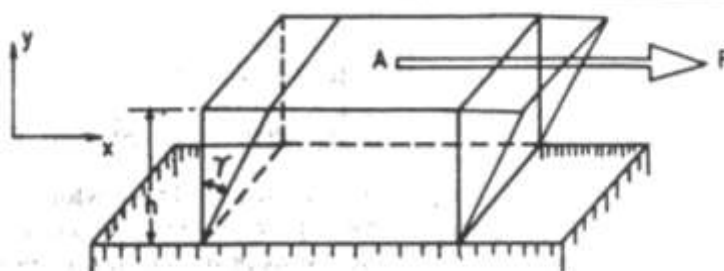
1-2- جریان برش (Shear flow)

1-2-1- جریان ویسکوز (چسبنده) و مایعات نیوتنی

پاسخ یک مایع به یک نیروی خارجی بکار رفته می تواند با کمک نمودار 1-1 شرح داده شود که یک حجم مایع شامل شده بین دو طرح موازی که هر کدام از ناحیه $A \text{ cm}^2$ و $h \text{ cm}$ جدا هستند را در نمودار 1-1 نشان می دهد.



نمودار 1-1- وابستگی انرژی فعالیت برای جریان ویسکوز (چسبنده) پارافین به تعداد اتم های کربن در زنجیر



شکل 1-1- تعیین یک حجم که در معرض یک نیروی لیزری برش قرار گرفته است.

وقتی که یک نیروی $F \text{ dyn}$ برای طرح بالاتر بکار رفته است، فشار برش t روی این طرح عمل کرده $(F/A \text{ dyn cm}^{-2})$ ، باعث می شود که این با یک سرعت معین نسبت به طرح

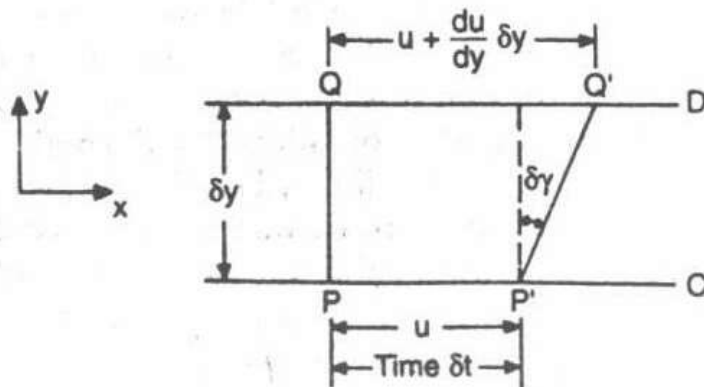
پایین تر حرکت کند. این جریان، جریان آرام نامیده شده است و بصورت یک مجموعه از طرح های اجسام یا مواد موازی که روی یکدیگر سر می خورند به تصویر کشیده شده است. زاویه γ یک اندازه کشش برش است.

در شکل 1-2، C و D نشان دهنده دو لایه خط جریان، جریان مایع تحت شرایط پایدار می باشند. دو ذره سبک P و Q که به ترتیب در لایه های C و D قرار داده شده اند یک فاصله δy جدا در یک زمان t می باشند بصورتیکه خط اتصال آنها در راست گوشه به موازات خطوط جریان قرار دارد که در طول مسیر y می باشد.

سرعت جریان مایع به مقدار جزئی در طول دو خط جریان تفاوت دارد، بنابراین که بعد از یک زمان بعدی δt ، ذره P به P' می رود در حالیکه Q به Q' می رود. خط اتصال $P'Q'$ در زاویه δy به محور y است که یک اندازه کشش برش است. نسبت برش $\delta y/dt$ می باشد.

اگر سرعت جریان مایع در طول خط جریان C ، u باشد و در طول D $u + (du/dy)dy$ باشد، جایگاه δy در طول محور y است، سپس در زمان δt ، ذره P یک فاصله u را طی می کند در حالی که ذره Q یک فاصله $[u + (du/dy)\delta y]\delta t$ را طی می کند. حالا

$$\delta\gamma = \frac{\left[u + \frac{du}{dy} \delta y \right] \delta t - u \delta t}{\delta y} = \frac{du}{dy} \delta t \quad (1-1)$$



شکل 1-2 جریان لایه های جریان ثابت یک مایع تحت شرایط پایدار

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{du}{dy} \quad (2-1)$$

بنابراین، نسبت برش مایع برابر با سرعت شیب تدریجی طبیعی برای مسیر جریان می باشد.

برای تعدادی از مایعات دربر دارنده جریان چند لایه، نیوتن دریافت که فشار برشی که روی سطوح عمل می کند موازی با مسیر جریان مورد نیاز برای حفظ یک نسبت برش ارائه شده است و متناسب است با نسبت برش.

بنابراین:

$$(3-1) \quad T \propto dy/dt \quad \text{یا} \quad \tau = \eta dy/dt$$

جاییکه η یک پایدار برای یک مایع ارائه شده در یک دما و فشار ارائه شده می باشد.

یک مایعی که برای آن رابطه بالا حفظ می شود «نیوتنی» نامیده شده و η به عنوان عامل مشترک ویسکوزیته یا ویسکوزیته برش شناخته شده است.

این نکته ممکن است ذکر شود که واحد نسبت برش در حالت دو طرفه (S^{-1}) می باشد

و این ویسکوزیته Nsm^{-2} یا Pas در واحدهای SI یا $dgmscm^{-2}$ در سیستم CGS می

باشد. اگر یک نیروی 1 dyn که روی ناحیه 1 cm^2 عمل کند و در یک نسبت برش S^{-1} نتیجه دهد، سپس ویسکوزیته برابر 1 dynscm^{-2} یا $0/1 \text{ Pas}$ می باشد.

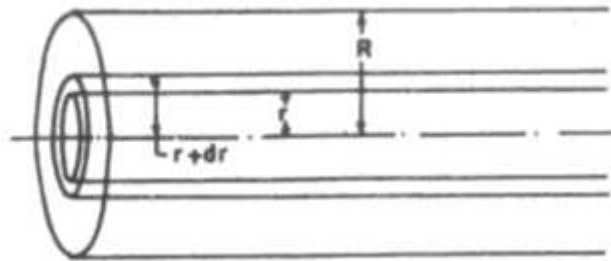
1-2-2- جریان موئینه (مویرگی)

در کلاهک ریسندگی، ماده مذاب یا محلول باید از طریق یک موئینه در جایی عبور کند تا مایع مذاب حالت یک لیف را بدست آورد.

جریان ثابت فرض شده و فشار روی هر بخش متقاطع ثابت است و جریان شعاعی رخ نمی دهد. در یک مایع که در آن جریان چند لایه است، لایه های مجاور مایع با سرعتهای متفاوت عبور می کنند. لایه ضرورتاً در تماس با دیوار به این سطح و بنابراین از نقطه نظر میکروسکوپی در بقیه قسمت‌های مرتبط با سطح جذب شده است. این لایه جذب شده در توازن ساکن می باشد به صورتی مولکولهایی که به صورت ممتد هستند در نتیجه بهم خوردن با سایر مولکولها رفع شده و مولکولهای متفاوت جای خودشان را به دست می آورند.

ساختار نشان داده شده در شکل 1-3 به ما کمک می کند تا یک معادله را برای شرح دادن جریان یک مایع نیوتنی، تراکم ناپذیر و با تراکم ρ و ویسکوزیته η از طریق یک موئینه با شعاع R و طول L ایجاد کنیم. سرعت مایع در تماس با دیوار ممکن است به صورت صفر باشد و هیچ شیبی را در نظر نگیریم. بررسی های متفاوت نشان می دهد که سرعت توزیع در موئینه (مویرگ) در اطراف محور لوله متقارن می باشد و به صورتی که در شکل 1-3 نشان داده شده است مقدار حداکثر سرعت روی محور قرار

دارد می خواهیم سرعت را در فاصله r از محور که برابر V است و نیروهایی که روی این مایع اثر دارند در محدوده این استوانه با شعاع r را بررسی کنیم.



شکل 1-3 ساختار برای استخراج معادله *Poiseuille*

اگر P فشار به کار رفته باشد، نیروی شتاب که بر روی استوانه مایع به شعاع r عمل می کند $P\pi r^2$ می باشد. کشیدگی ویسکوز با نیروی کند کننده ویسکوز روی سطح این استوانه مایع به وسیله بقیه مایع $T \times 2\pi rL$ است، در جایی r کشش برش می باشد که روی یک لایه مایع در یک فاصله r از محور عمل می کند گسترش یابد. وقتیکه شرایط پایدار هستند، این دو نیرو باید برابر و متضاد باشند: برای مثال:

$$P\pi r^2 = -T \times 2\pi rL = -\eta \left(\frac{dv}{dr} \right) \times 2\pi rL \quad \text{یا} \quad \frac{dv}{dr} = -r \frac{P}{2\eta L} \quad (4-1)$$

شیب تدریجی سرعت یا نسبت برش متناسب است با r (فاصله از محور لوله)

فشار برش T در عرض موئینه به وسیله $T = -Pr/2L$ ارائه شده است و در دیوارهای موئینه برابر یک می باشد و در محور موئینه صفر می باشد.

در دیوار لوله $r=R$ و سرعت $v=0$ با تکمیل معادله (4-1) از $r=R$ به $r=r$ داریم:

$$v = \frac{P}{4\eta L} (R^2 - r^2) \quad \text{یا} \quad R^2 - r^2 = \frac{4\eta L v}{P} \quad (5-1)$$



ProjectCenter

www.ProjectCenter.ir

📷 | @projehcenter

📍 | @projehcenter_ir