



شماره: .....

تاریخ: .....

پیوست: .....

## نواندیشان صنعت و تجارت سمن

### راهنمای کاربری

### اکسترودر تک مارپیچه

#### مقدمه:

اکسترودر ماشینی است که به آمیزه لاستیکی و پلاستیکی تجزیه شده نیرو وارد ساخته تا با فشار در انتهای دستگاه از میان یک قالب عبور نموده و محصولی نواری شکل با سطح مقطع خاص تولید نماید. ماشین‌های اکسترودر با کاربردهای متنوع بطور گسترده در صنعت لاستیک و پلاستیک مورد استفاده قرار می‌گیرند. در خط تولید، ماشین‌های اکسترودر برای شکل دهی اولیه لاستیک و پلاستیک جهت عملیات بعدی و نیز برای شکل دادن به محصولات نهائی مورد استفاده قرار می‌گیرند. کلیه این کاربردها باعث می‌شوند که نیازهای عملی هر کاربرد خاص در ماشین طراحی شود و طیف گسترده طرح‌های موجود ماشین‌های اکسترودر نیز منعکس کننده همین مطلب است.

#### مناطق مختلف یک اکسترودر:

الف) سیستم محرک

سیستم محرک شامل موتور گریبکس، بلبیرینگ ها و مجموعه یاتاقان است.

ب) قسمت تغذیه

سیستم خوراک دهی شامل قیف خوراک ، گلوی خوراک و قسمت خوراک مارپیچ است.

ج) پوسته یا بدنه

یک استوانه فلزی است که مارپیچ را احاطه می‌کند. در داخل این استوانه حفره‌هایی تعبیه می‌شود تا با عبور آب سرد و گرم بتوانیم درجه حرارت اکسترودر را کنترل کنیم. اگر درجه حرارت آمیزه کنترل نشود آمیزه داغ می‌شود که باعث می‌شود محصول خروجی به صورت برشته یا سوخته دار خارج شود (یا در اصل اسکورچ شود).

د) مارپیچ

مارپیچ یک اکسترودر ساده دارای سه قسمت تغذیه، قسمت انتقالی یا سنجش و قسمت فشرده شدن می‌باشد. هر قسمت مارپیچ نقش جداگانه‌ای دارد. قسمت تغذیه، مواد را از قیف تغذیه انتقال می‌دهد. قسمت انتقالی مواد را حرارت داده، مخلوط می‌نماید. قسمت فشرده سازی یکنواخت کننده است و فشار لازم برای راندن مواد از درون دای در آن ایجاد می‌گردد.

آدرس: تهران، خیابان مطهری، خیابان منصور، پلاک ۵۳      تلفن: ۰۱۰-۸۸۷۱۵۹۰۸      فکس: ۸۸۷۲۶۴۷۸

وب سایت: [www.nsts.ir](http://www.nsts.ir)

پست الکترونیک: [info@nsts.ir](mailto:info@nsts.ir)



شماره: .....

تاریخ: .....

پیوست: .....

## نواندیشان صنعت و تجارت سمن

درون مارپیچ هم کنترل درجه حرارت وجود دارد. داخل مارپیچ مجراهایی تعبیه شده که از داخل آن آب می‌تواند عبور کند تا کنترل درجه حرارت داشته باشیم. سرعت مارپیچ در دمای اکسترودر تأثیر زیادی دارد در مقدار تغذیه ثابت افزایش سرعت مارپیچ باعث افزایش دمای محصول خروجی از اکسترودر می‌شود.

(ه) هد (کلگی)

هدف از بکارگیری هد متعادل ساختن و یکنواخت نمودن فشار و انتقال آمیزه به سمت قالب است.

(و) قالب (دای)

قالب جسمی است که بر روی کلگی (هد) قرار می‌گیرد و باعث می‌شود آمیزه هنگام خروج شکل مورد نظر ما را به خود بگیرد. به طور کلی طراحی دای نیاز به مهارت و تجربه فراوان دارد.

(ی) سیستم کنترلی

در این بخش دمای مناطق مختلف، سرعت مارپیچ و مابقی پارامترها کنترل می‌شود.

### اکسترودر تک ماردونه<sup>۱</sup>

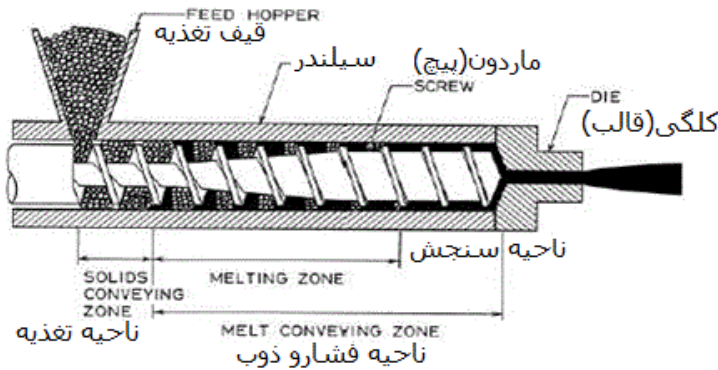
یکی از متداولترین روش‌های شکل‌دهی پلاستیک‌ها، اکسترودژن است که از یک ماردون در داخل محفظه‌ای تشکیل شده است. پلاستیک‌ها معمولاً به صورت دانه‌ای شکل یا خاکه نرم از قیف به ماردون تغذیه می‌شود. آنگاه در حال حمل به وسیله ماردون در طول محفظه، در اثر هدایت حرارت از طرف گرم‌کننده‌های محفظه<sup>۲</sup> و برش ناشی از حرکت بر روی لبه‌های ماردون گرم می‌شود. عمق معبر<sup>۳</sup> در طول ماردون کاهش یافته موجب فشردن مواد می‌شود. در انتهای محفظه اکسترودر، مذاب با عبور از حدیده‌ای به شکل مورد نظر برای محصول نهایی در می‌آید. همان‌طور که بعداً خواهیم دید، به دلیل امکان استفاده از حدیده‌های مختلف، اکسترودر یعنی مجموعه محفظه و ماردون را می‌توان به عنوان بدنه و واحد اصلی تولید قطعاتی با اشکال مختلف به کاربرد اکسترودر تک ماردونه سه قسمت مجزا دارد:

<sup>1</sup> One Screw Extruder

<sup>2</sup> Barrel Heaters

<sup>3</sup> Channel-Depth

## نواندیشان صنعت و تجارت سمن



الف) ناحیه تغذیه<sup>۴</sup>: کار این ناحیه، دادن گرمای اولیه به پلاستیک و انتقال آن به نواحی بعدی است. طراحی این ناحیه حائز اهمیت است. زیرا عمق ثابت ماردون طوری انتخاب شود که مواد لازم و کافی را به ناحیه اندازه گیری<sup>۵</sup> تغذیه کند؛ به طوری که نه دچار گرسنگی شود و نه در اثر زیاد بودن مواد، لبریز و پس زده شود. طراحی مناسب<sup>۶</sup> و متعادل، به طبیعت و شکل مواد تغذیه شونده<sup>۷</sup>، شکل هندسی<sup>۸</sup> ماردون و خواص اصطکاکی پلاستیک نسبت به ماردون و محفظه بستکی دارد. رفتار اصطکاکی مواد تغذیه شده، تاثیر قابل توجهی بر آهنگ ذوب شدن مواد دارد.

ب) ناحیه تراکم و فشردگی<sup>۹</sup>: در این ناحیه، عمق ماردونه به تدریج کاهش می‌یابد که موجب متراکم شدن و فشردگی پلاستیک می‌شود. این فشردگی دو نقش عمده ایفا می‌کند؛ یکی آنکه هوای محبوس در داخل مواد را به ناحیه تغذیه می‌راند و دیگر آنکه انتقال حرارت را با کاهش دادن ضخامت مواد بهبود می‌بخشد.

ج) ناحیه اندازه گیری و سنجش: در این ناحیه، عمق ماردونه یکسان و ثابت، اما بسیار کمتر از عمق ناحیه تغذیه است. در این ناحیه، مذاب به صورت همگون و یکنواخت در می‌آید به طوری که با آهنگ ثابتی، در درجه حرارت و فشار یکسان و ثابت، به حدیده تغذیه می‌شود. این ناحیه به سهولت و سادگی تحلیل و ارزیابی می‌شود؛ زیرا مشتمل بر جریان مذاب گران‌روان در داخل مجرای با عمق و ابعاد ثابت است.

<sup>4</sup> Feed Zone

<sup>5</sup> Metering Zone

<sup>6</sup> Optimum

<sup>7</sup> Feedstock

<sup>8</sup> Geometry

<sup>9</sup> Compression Zone



شماره: .....

تاریخ: .....

پیوست: .....

## نواندیشان صنعت و تجارت سمن

طول نواحی سه گانه ماردون خاص، بستگی به ماده‌ای دارد که تحت اکستروژن قرار می‌گیرد. برای نمونه نایلون خیلی سریع ذوب می‌شود، به طوری که تراکم و فشردگی مذاب در طول یک گام از ماردون نیز قابل تامین است. اما پلی وینیل کلراید، به حرارت بسیار حساس است و لذا طول ناحیه فشردگی برای آن برابر با طول ماردون است. از آنجا که پلاستیک‌ها دارای گرانشی‌های متفاوت هستند، رفتار آن‌ها در خلال اکستروژن نیز متفاوت است.

آهنگ وزنی خروجی واقعی ۲۵٪ با آنچه نشان داده شده اختلاف نشان می‌دهد که بستگی به دما، سرعت ماردون و غیره دارد. در اکسترودرهای تجاری، نواحی اضافی برای بهبود کیفیت محصول به ماردون افزوده می‌شود. به عنوان نمونه، ناحیه اختلاطی<sup>۱۰</sup> مشتمل بر پلکان‌هایی<sup>۱۱</sup> با گام کمتر یا معکوس، به منظور کسب اطمینان از یکنواختی مذاب و کافی بودن آن در منطقه اندازه‌گیری، استفاده می‌شود.

برخی از اکسترودرها ناحیه هواگیری (منفذ خروج هوا) وجود دارد. وجود این ناحیه به این دلیل است که برخی پلاستیک‌ها جاذب رطوبت<sup>۱۲</sup> هستند یعنی از محیط اطراف خود رطوبت جذب می‌کنند و اگر به همین صورت مرطوب در اکسترودر فاقد ناحیه هواگیری استفاده شوند، کیفیت محصول نهایی خوب نیست؛ زیرا در داخل مذاب، بخار آب محبوس می‌شود. برای رفع این مشکل راه حل آن است که مواد تغذیه شونده به اکسترودر را قبلاً خشک کنیم. این روش گران و پرهزینه است و امکان آلودگی نیز در مواد ایجاد می‌کند. روش دوم، استفاده از محفظه‌های منفذدار<sup>۱۳</sup> است. در اولین قسمت ماردون، مواد که به صورت دانه بندی است، پس از ورود ذوب شده، سپس به طریق معمول فشرده و همگن می‌شود. آنگاه با ورود به ناحیه غیر فشردگی<sup>۱۴</sup>، فشار مذاب به محیط کاهش می‌یابد؛ این عمل، امکان خروج و گریز بخار و سایر مواد فرار از داخل مذاب را از طریق منفذ تعبیه شده در بدنه اکسترودر فراهم می‌کند. آنگاه مذاب در طول محفظه به ناحیه دوم فشردگی هدایت می‌شود تا از محبوس شدن هوا در مذاب ممانعت به عمل آید. یکی دیگر از اجزای مهم اکسترودر، صافی<sup>۱۵</sup> پس از ماردون و پیش از حدیده است. این صافی به صورت کاملاً موثری

<sup>10</sup> Mixing Zone

<sup>11</sup> Flights

<sup>12</sup> Hygroscopic

<sup>13</sup> Vented Barrels

<sup>14</sup> Decompression-Zone

<sup>15</sup> Gauze Filter



شماره: .....

تاریخ: .....

پیوست: .....

## نواندیشان صنعت و تجارت سمن

هرگونه مواد ناهمگون و ناخالصی‌ها را از مذاب جدا می‌کند. عدم وجود آن حتی ممکن است موجب انسداد حديد گرده... از آنجا که صافی‌های ظریف آسیب پذیر است، توسط صفحه سرعت شکنی<sup>۱۶</sup> هدایت می‌شود. این صفحه تعداد زیادی سوراخ‌های مماس بر یکدیگر و بسیار تنگاتنگ دارد که بدون اینکه به ذرات جامد سوخته<sup>۱۷</sup> احتمالی همراه با مذاب اجازه ورود دهد، مذاب را عبور می‌دهد. این صفحه سرعت شکن همچنین جریان مذابی را که پس از خروج به صورت حلزونی درآمده است خطی می‌کند. چون منافذ این صافی‌های ظریف به تدریج بسته می‌شود، پی در پی باز شده، تعویض می‌شود. در بسیاری از اکسترودرهای پیشرفته با صافی‌های ظریف، کار تعویض آنها بدون نیاز به توقف اکسترودر صورت می‌گیرد. همچنین باید خاطر نشان کنیم که اگرچه این وظیفه اصلی صفحه سرعت شکن و صاف نیست؛ اما به ایجاد فشار معکوسی که موجب بهبود اختلاط مذاب می‌شود کمک می‌کند. چون فشار در حديد حائز اهمیت است، شیری<sup>۱۸</sup> پس از صفحه سرعت شکن در اکسترودر وجود دارد که امکان تنظیم لازم را فراهم می‌آورد. چگونگی جریان<sup>۱۹</sup> پلاستیگ با حرکت در طول ماردون به صورت زیر ذوب می‌شود. نخست لایه نازکی از ماده مذاب در جداره محفظه تشکیل می‌شود. با چرخش ماردون این لایه از جداره محفظه کنده شده به قسمت جلوی پیکان ماردون انتقال می‌یابد و وقتی که به سطح خود ماردون می‌رسد، دوباره به طرف بالا جاروب می‌شود. بدین ترتیب حرکت چرخشی در جلوی پیکان ماردون (پیشانی ماردون) به وجود می‌آید. در آغاز، پلکان ماردون حاوی دانه‌های جامد است که در اثر حرکت چرخشی به داخل حوضچه مذاب جاروب می‌شود. با استمرار چرخش ماردون، مواد بیشتری به داخل حوضچه مذاب ریخته می‌شود. تا اینکه در نهایت فقط مواد مذاب است که پلکان‌های ماردون اکسترودر وجود دارد. در اثنای گردش ماردون در داخل محفظه، حرکت مواد در راستای طول ماردون بستگی به چسبندگی مواد به ماردون یا محفظه دارد. به طور نظری در مرز افراط و تفریط وجود دارد. در یکی فقط مواد به درون ماردون چسبیده است، در نتیجه ماردون و مواد مانند استوانه توپر و جامدی در داخل محفظه می‌چرخد. در این حالت نامناسب هیچ خروجی وجود ندارد. در حالت دوم، مدار روی ماردون می‌لغزد و مقاومت زیادی در برابر گردش ماردون در داخل محفظه به وجود می‌آورد. در این حالت حرکتی در جهت محور دستگاه برای مذاب فراهم می‌شود که بهترین حالت ممکن است. در عمل،

<sup>16</sup> Breaker plate

<sup>17</sup> Dead-Spots

<sup>18</sup> valve

<sup>19</sup> Mechanism of flow



شماره: .....

تاریخ: .....

پیوست: .....

## نواندیشان صنعت و تجارت سمن

رفتار واقعی، حالتی بین دو واحد است زیرا مواد هم به ماردون و هم به بدنه اکسترودر می‌چسبند. خروجی مناسب ناشی از به وجود آمدن جریان کشنده و جلو برنده ای<sup>۲۰</sup> در اثر چرخش ماردون و سکون محفظه است که به حرکت سیال گرانون بین دو صفحه موازی شباهت دارد که در آن صفحه ای ثابت و صفحه دیگر دارای حرکت است. علاوه بر این، جریان دیگری هم ناشی از اختلاف فشار بین دو انتهای ماردون است وجود دارد و به این دلیل که حداکثر فشار در انتهای اکسترودر به وجود می‌آید، جریان فشاری<sup>۲۱</sup> خروجی را کاهش می‌دهد. همچنین به دلیل فاصله<sup>۲۲</sup> که بین پلکان‌های ماردون و بدنه اکسترودر وجود دارد اجازه نشستی به مواد در جهت عکس امتداد ماردون داده، به طور موثری خروجی گاز را کاهش می‌دهد. فرار و گریز مواد به سمت عقب ماردون در حالتی که ماردون فرسوده باشد بیشتر است. گرما یا سرمای خارج اکسترودر نیز نقش مهمی در نحوه ذوب شدن مواد ایفا می‌کند. در اکسترودرهایی که دارای خروجی زیادی هستند، مواد، طول محفظه اکسترودر را سریع می‌کند. در نتیجه گرمای ذوب شدن کامل در اثر عمل برش تولید می‌شود و به استفاده از حرارت دهنده‌های خارجی محفظه اکسترودر نیازی نیست. بنابراین در این حالت اگر گرمای زیادی در مذاب به وجود آمده باشد سرد نگه داشتن محفظه حائز اهمیت است. در برخی مواقع خنک کردن ماردون اکسترودر نیز لازم است که البته اثری بر درجه حرارت مذاب ندارد. اما اثر مالشی (اصطکاک) بین پلاستیک و ماردون را کاهش می‌دهد. در همه اکسترودرها خنک کردن محفظه اکسترودر در ناحیه تغذیه ضروری است و لازم است تا بتوان اطمینان کاملی از تغذیه بدون درد سر مواد به اکسترودر به دست آورد. طبیعت و حالت گرمایی مذاب در اکسترودر با دو حالت ترمودینامیکی مقایسه می‌شود. اولی حالت بی دررو است؛ به این مفهوم که سیستم کاملاً مجزا از محیط خارج است و هیچ جذب و دفع حرارتی در آن رخ نمی‌دهد. اگر این حالت مطلوب در اکسترودر حاکم نباشد، فقط مقداری کار لازم است روی مذاب انجام شود تا گرمای معین تولید کند که به ازاء آن هیچ ضرورتی به گرم یا سرد کردن دستگاه نباشد. حالت مطلوب دوم، به همدمای موسوم است که در این حالت، درجه حرارت در تمام نقاط مذاب یکسان است و در نتیجه محفظه به گرم کردن و سرد کردن مستمر و دائمی برای جبران هرگونه اتلاف یا اخذ حرارت از مذاب برای ثابت ماندن دما نیاز دارد. در عمل، عملیات حرارتی در اکسترودرها بین دو حالت مرزی فوق قرار دارد. اکسترودرها ممکن است بدون هیچ حرارت دهنده یا سرد کننده خارجی کار کنند. لیکن در واقع در این

<sup>20</sup> Drag flow

<sup>21</sup> Pressure flow

<sup>22</sup> Clearance



شماره: .....

تاریخ: .....

پیوست: .....

## نواندیشان صنعت و تجارت سمن

صورت بی در رو نیست؛ زیرا اتلاف حرارت به وقوع می‌پیوندد. از طرف دیگر با حالت همدمما در تمام طول اکسترودر مواجه نیستیم زیرا دانه های جامد نسبتاً سردی به اکسترودر تغذیه می‌شود. اما برخی از نواحی اکسترودر ممکن است خیلی نزدیک به حالت همدمما باشد. معمولاً ناحیه انداره گیری در بحث و تحلیل همدمما در نظر گرفته می‌شود. در حالت کلی: جریان خروجی از اکسترودر را برآیند سه مولف می‌دانیم: جریان جلو برنده و کشنده جریان فشاری جریان نشتی<sup>۲۳</sup>.

### روش‌های شکل دهی با استفاده از اکسترودر

اکسترودژن روشی بسیار انعطاف پذیری است و با استفاده از حدیده مناسب وان طیف وسیعی از تولیدات را تهیه کرد. برخی از این روش‌های بسیار متداول را در اینجا ذکر می‌کنیم:

- تولید دانه گونه (Granule production)

- تولید پروفیل (Profile production)

- تولید ورقه های بسیار نازک به طریقه دمشی (Film blowing)

- قالبگیری دمشی (Blow Molding)

---

<sup>23</sup> Leakage flow