

نخستین مجله تخصصی
صنعت اکستروژن پلیمر در ایران



مجله شماره یک

اکستروژن ویشن

مهر ماه ۱۴۰۴



در آغاز راه...

صنعت پلیمر، ستون فقرات تولید در جهان نوین است؛ صنعتی که از ساده‌ترین کالاهای روزمره تا پیچیده‌ترین قطعات صنعتی را در بر می‌گیرد. در قلب این صنعت بزرگ، کامپاندرهای پلیمری و اکسترودرها می‌تپند؛ دستگاه‌هایی که مواد اولیه را به ترکیبی یکنواخت و سپس به محصولی نهایی تبدیل می‌کنند. این تجهیزات، پایه و اساس تولید فرآورده‌های پلیمری، از لوله‌های کارگذاشته شده در اعماق زمین تا قالب‌های به کار رفته در پیشرفته‌ترین سازه‌ها هستند.

با این حال، در میهن عزیزمان ایران، علیرغم وجود توانایی‌های بزرگ و نیروهای کارآزموده و جوان، شاهد فاصله‌ای آشکار بین دانش فنی روز جهان و فناوری‌های به کار گرفته شده در کارگاه‌های تولیدی هستیم. این شکاف، نه تنها بازدهی را کاهش می‌دهد، بلکه توان رقابت در صحنه بین‌المللی را نیز با دشواری بزرگی روبرو می‌سازد. مجله «اکستروود ویژن» با درک این نیاز، قدم به میدان گذاشته است تا میزبانی قابل اعتماد برای هم‌افزایی دانش و تجربه باشد. این نشریه بر آن است تا پلی باشد میان پژوهش‌های علمی دانشگاهی، فناوری‌های نوین جهانی و تجربه‌های ارزشمند فعالین با سابقه این صنعت.

در صفحه‌های این مجله، شما را به سفری علمی-صنعتی دعوت می‌کنیم:

کاوش در دانش فنی: واکاوی دقیق مبانی علمی، طراحی و بهینه‌سازی کارکرد کامپاندرهای پلیمری و خطوط تولید شکل‌دهی، به ویژه در حوزه پرکاربرد تولید لوله.

پایش فناوری‌های روز: معرفی تازه‌ترین دستاوردهای جهانی در زمینه ماشین‌آلات، قالب‌ها، سامانه‌های کنترلی و مواد اولیه.

الهام از موفقیت‌ها: مرور داستان‌های واقعی کارآفرینان و پیشکسوتانی که با اراده و نوآوری خود، بر مشکلات غلبه کرده و بر اوج‌های موفقیت ایستاده‌اند.

تبادل تجربه: ایجاد فضایی برای به اشتراک گذاری چالش‌ها، راهکارها و درس‌های آموخته شده در خطوط تولید.

«اکستروود ویژن» فراتر از یک مجله، یک رسانه تخصصی و یک همراه رسانه‌ای تخصصی است؛ همراهی برای همه مهندسين، مدیران تولید، تکنسین‌ها، دانشجویان و سرمایه‌گذارانی که به آینده صنعت پلیمر ایران می‌اندیشند و باور دارند که با ارتقای دانش فنی و فناوریانه می‌توانیم نه تنها این فاصله را پر کنیم، که به یکی از کانون‌های پیشرو در منطقه تبدیل شویم.

این مجله، سهم کوچک ما در برداشتن گامی بلند برای رشد و پیشرفت این صنعت بنیادین است. همکاری و همراهی شما، صاحب‌نظران و دلسوزان این عرصه، چراغ راه ادامه این مسیر خواهد بود.

به خانواده صنعتگران پلیمر ایران خوش آمدید.



آینده‌ی صنعت کامپاندینگ ایران در ترازوی چالش‌ها و فرصت‌ها

گفت‌وگوی اختصاصی با سعید سواحلی مقدم

مصاحبه

مهندس سعید سواحلی مقدم

مدیرعامل شرکت ایده صنعت آتبین

فعال صنعت کامپاندینگ با بیش از ۱۵ سال تجربه در زمینه ماشین آلات کامپاندر

و سایر خطوط پلیمری



در دنیای پویای پلیمر، صنعت کامپاندینگ و تولید مستریج، ستون فقرات بسیاری از صنایع بزرگ از خودروسازی تا بسته‌بندی است. اما این صنعت حیاتی در ایران با چه موانعی روبه‌روست و راه نجات آن چیست؟ برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها، به گفت‌وگویی صمیمانه با آقای سعید سواحلی مقدم، مدیرعاملی که سال‌هاست در این عرصه فعال است، نشستیم.



آقای سواحلی مقدم، از دیدگاه شما وضعیت کلی صنعت کامپاند و مستریج ایران را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

با عرض سلام و تشکر از شما. صنعت ما از نظر تکنیکی و نیروی انسانی، پتانسیل بسیار بالایی دارد و رشد خوبی را تجربه کرده است. ما به‌عنوان یک صنعت پایین‌دستی پتروشیمی، در قلب تحولات صنعتی قرار داریم. اما مشکل اصلی، محدود بودن میدان بازی است. تحریم‌ها، رکود در بازارهای کلیدی مانند ساختمان و خودرو و نبود همکاری‌های بین‌المللی پایدار، باعث شده تنوع محصولات ما محدود بماند. نتیجه آن شده که بسیاری از تولیدکنندگان بر روی تعداد محدودی از محصولات مشابه متمرکز شده‌اند و با فرمولاسیون‌های تقریباً یکسان در حال رقابتی سخت و کم‌بازده هستند.

این محدودیت در تنوع، چه تأثیری بر کیفیت محصولات و رضایت مشتریان گذاشته است؟

این یکی از دردهای بزرگ ماست. مصرف‌کنندگان بزرگ، مثلاً یک کارخانه‌ی تولید قطعات پزشکی یا خودرو، نیازهای بسیار خاص و استانداردهای کیفیت بسیار بالایی دارند. متأسفانه گاهی آنچه از بازار دریافت می‌کنند، پاسخگوی نیازشان نیست. این امر بسیاری از این غول‌های صنعتی را به این فکر انداخته که خودشان دست به کار شوند و کامپاندرهای موردنیاز خود را تولید کنند تا کنترل کامل بر روی کیفیت و فرمولاسیون داشته باشند. این اگرچه برای آن شرکت یک راه‌حل است، اما می‌تواند بازار را بیش از پیش قطعه‌قطعه کند.

برای خروج از این چرخه و حرکت به سمت تولید باکیفیت و متنوع، چه راهکاری را پیشنهاد می‌دهید؟

تاریخ به ما درس داده است. در دوران برجام، با باز شدن پنجره‌های همکاری با خارج، شاهد تنوع محصولات و رشد کیفی چشمگیری بودیم. قراردادهای مشترک با خودروسازان و قطعه‌سازان بین‌المللی، مستقیماً تقاضا برای کامپاندهای مهندسی شده و خاص را افزایش داد و صنعت ما را به چالش کشید تا خود را ارتقا دهد. ما نیازمند بازگشت به آن مسیر و ایجاد پیوند با بازارهای جهانی هستیم.

بزرگترین چالشی که اکنون در صنعت، به خصوص صنعت کامپاند با آن دست و پنجه نرم می‌کنیم چیست؟

اکنون بزرگترین چالش در زمینه تولید، ناترازی انرژی است. مسئله‌ای که امروزه همه تولیدکنندگان با آن دست و پنجه نرم میکنند و تبدیل به دغدغه اصلی این قشر از فعالین اقتصادی گردیده است و ما را برآن داشت تا به دنبال راه حلی برای رفع این مشکل باشیم که توانستیم به توفیقات بزرگی هم در این زمینه دست پیدا کنیم و با همکاری با کمپانی useon به عنوان نماینده انحصاری، سری فوق پیشرفته کامپاندهای EC را با کاهش حدود ۲۰ درصدی مصرف برق به فعالین صنعت کامپاند معرفی کردیم که تکنولوژی انحصاری این کمپانی است.

یکی از پایه‌های اصلی این ارتقا، ماشین‌آلات است. مشکل تولیدکنندگان در این زمینه چیست؟

دقیقاً. دستگاه‌های فرسوده یا بی‌کیفیت، بزرگ‌ترین مانع تولید باکیفیت هستند. بسیاری از همکاران برای خرید دستگاه‌های روز دنیا با چالش‌های بزرگی در واردات، گمرک، نصب و مهم‌تر از همه، پشتیبانی و خدمات پس از فروش مواجه می‌شوند. خرید یک دستگاه فقط آغاز راه است؛ آنچه مهم است، تضمین عملکرد، تأمین قطعات یدکی و داشتن یک پشتیبان فنی مطمئن در درازمدت است.

از اینکه وقت ارزشمند خود را در اختیار ما گذاشتید بسیار سپاسگزاریم.

من نیز از شما و خوانندگان محترم مجله تشکر می‌کنم. امیدوارم این گفت‌وگو گامی کوچک در جهت روشن کردن مسیر پیش روی این صنعت ارزشمند باشد.

یادداشت: همانطور که آقای سواحلی‌مقدم اشاره کرد، آینده صنعت کامپاندینگ ایران در گرو نوآوری، تنوع‌بخشی و مهم‌تر از همه، دسترسی به فناوری روز با پشتیبانی مطمئن است. به نظر می‌رسد عبور از رقابت بر سر قیمت و حرکت به سمت رقابت بر مبنای کیفیت و تخصص، کلید طلایی نجات این صنعت باشد.



دانش کامپاندرهای پلیمری

بخش ۱

دکتر اسماعیل قاسمی تحصیلات خود در دوره کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری را در رشته مهندسی

پلیمر انجام داده است. به مدت ۳۳ سال در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران به عنوان عضو هیات

علمی مشغول به کار بوده و با درجه استادی در سال ۱۴۰۳ بازنشسته شده اند. حوزه تخصصی ایشان

فرآورش و رپولوژی پلیمرهای باشد. ایشان در زمینه اکسترودرها (به خصوص اکسترودرهای دو پیچه

هم سوگرد) از تخصص و تجربه بالایی برخوردار هستند و در این زمینه بالغ بر ۳۰۰ مقاله علمی در نشریات معتبر بین المللی، چندین

ثبت اختراع و ۵ عنوان کتاب منتشر کرده اند. در حال حاضر به مشاوره در صنایع پلیمری مشغول می باشند.



بی شک اکسترودر یکی از مهم ترین وسایل برای فرایند پلیمرهاست. کلمه اکسترودر از فعل انگلیسی To Extrude به معنی به زور و با فشار به بیرون راندن مشتق شده است. در حقیقت به این نکته اشاره دارد که مواد از درون اکسترودر از منفذی که به دای موسوم است، با فشار خارج می شوند. مواد مختلفی از قبیل فلزات، سرامیک ها و مواد غذایی قابلیت فراورش با این روش را دارند. پلیمرها در سه گروه اصلی گرمانرم، گرماسخت و الاستومرها به این روش فرایند می شوند. با توجه به ساختار شیمیایی و فرایند ایجاد اتصالات عرضی در پلیمرهای گرماسخت و الاستومرها، عمل اکستروژن در آن ها قدری متفاوت است و از فناوریهای ویژه ای بهره گرفته میشود تا از ایجاد اتصالات

عرضی درون اکسترودر جلوگیری شده و عملیات ایجاد اتصالات عرضی پس از اکسترودر انجام گیرد. جدول زیر دسته بندی کلی اکسترودرهای موجود در صنعت پلیمر را نشان می دهد. همان طور که از این جدول مشخص است، تنوع زیادی در این دستگاه ها وجود دارد که هر کدام از انواع آن کاربرد ویژه ای دارد. به طور کلی سه دسته اکسترودرهای مجهز به پیچ، اکسترودر های با چرخنده صفحه ای و دایره ای و اکسترودر های رفت و برگشتی را می توان در عرصه فناوری های اکستروژن برشمرد. اکسترودر تک پیچه معمولترین و شاید محبوب ترین نوع اکسترودر باشد. دلیل این موضوع قیمت کم، کارکرد به نسبت خوب و نگه داری آسان آن است. اکسترودر دوپیچه به

عنوان نسل پیشرفته تر اکسترودرها می باشند که امروزه در صنعت آمیزه سازی و فرآورش پی وی سی کاربرد دارند. اکسترودرهای مجهز به چرخنده صفحه ای یا دایره ای به دلیل پتانسیل کم مذاب سازی از رده خارج شده اند و امروزه هیچ استفاده ای از این نوع اکسترودرها انجام نمی شود. به بیان دیگر، در حال حاضر هیچ نوع تجاری از این اکسترودرها وجود ندارد و با توجه به مطالب گفته شده، توسعه این اکسترودرها در آینده نیز بعید است. اکسترودرهای نوع کوبه ای در فراورش پلی اتیلن با وزن مولکولی بسیار زیاد و آمیزه های دارای فلوئوروپلاستک ها کاربرد دارند. این دستگاه ها کارایی کمی را در اکستروژن پلیمرهای معمولی به



دلیل قابلیت کم مذاب سازی و ناهمگنی دمای مذاب تولید شده دارند. به بیان دیگر، از آنجا که تنها منبع گرم کردن مواد در این سامانه گرمکن های گرمایی متصل به سیلندر هستند و انرژی اصطکاکی حاصل از چرخش پیچ را ندارند، قابلیت مذاب سازی کم و ناهمگن است. اکسترودرهای رفت و برگشتی نوع دیگری از اکسترودرها هستند که کارکرد آن ها به روش ناپیوسته است. از این اکسترودرها که مهمترین آن ها اکسترودرهای بوس-نیدر است در صنعت آمیزه سازی استقبال خوبی شده است. این دستگاهها از کارایی اختلاط بسیار خوبی برخوردار هستند و

از معدود اکسترودرهایی است که هم قادر به فراورش پی وی سی و هم سایر مواد پلیمری دیگر می باشد. از آنجا که در حال حاضر اکسترودرهای دو پیچه در صنعت پلیمر از اهمیت بیشتری برخوردار هستند در قسمت بعدی به شرح آنها پرداخته می شود.

با خوراک دهی مذاب تک مرحله ای چندمرحله ای آمیزه ساز	اکسترودر های تک پیچی	اکسترودر های مجهز به پیچ (کارکرد پیوسته)
دوپیچی پمپ دنده ای سیاره ای چندپیچی	اکسترودر های چند پیچی	
صفحه ای حلزونی دایره ای صفحه ای فشرده صفحه ای مرحله ای	اکسترودرهای گرانو - درگ	اکسترودر های صفحه ای یا دایره ای (کارکرد پیوسته)
بدون پیچ با پیچ یا صفحه	اکسترودر های کشسان مذاب	
با خوراک دهی مذاب نرم و ذوب کننده لوله موین رنومتر تزریق - آمیزه ساز آمیزه ساز از نوع خمیرساز	اکسترودر کوبه ای	اکسترودر های رفت و برگشتی (کارکرد غیر پیوسته)
	اکسترودر رفت و برگشتی	

داستان پیشرو آروین پلیمر

جای خراج شدن، دوباره صرف یادگیری و سرمایه گذاری روی ایده های جدید می شد. این نگاه بلندمدت، پایه ی شکل گیری شرکتی شد که بعدها به یکی از بازیگران مهم صنعت پلیمر ایران تبدیل گردید.

اولین قدم ها؛ از آزمون های پرهزینه تا خودکفایی

در سال ۱۳۹۳ نخستین آزمایش های جدی روی کامپاندهای TPE آغاز شد؛ محصولی که در آن زمان تقریباً هیچ

های کلان یا حمایت های بیرونی، بلکه با تلاش خستگی ناپذیر دو برادر شکل گرفت: حسین، مهندس مکانیک ۴۷ ساله و محمد، مهندس پلیمر ۴۳ ساله.

آغاز راه؛ تلاش و تجربه

ماجرای این دو برادر به اواسط دهه ۷۰ برمی گردد. آن ها در پروژه های مختلف صنعتی، از طراحی و نصب خطوط تولید گرفته تا ساخت قالب و ماشین آلات، تجربه اندوزی کردند. هر پروژه سودی داشت و آن سود، به



از جرقه ای کوچک تا شرکتی دانش بنیان در کلاس جهانی

وقتی صحبت از نوآوری در صنعت پلیمر ایران به میان می آید، نامی که این روزها بیشتر شنیده می شود، پیشرو آروین پلیمر است؛ شرکتی که مسیرش نه با سرمایه



کس در ایران به سراغش نمی‌رفت. دسترسی به مواد اولیه آن‌قدر دشوار بود که حتی برای تست های ابتدایی مجبور شدند محموله های صدکیلویی را به صورت هوایی وارد کنند؛ هزینه‌ای سنگین برای شرکتی نوپا. اما نتیجه همین آزمون‌ها بود که آن‌ها را مطمئن ساخت؛ باید این مسیر ادامه یابد.

ساخت کارخانه؛ استقلال واقعی

دو سال بعد، در ۱۳۹۵، تصمیمی سرنوشت‌ساز گرفتند: خروج از محیط‌های اجاره‌ای و راه‌اندازی کارخانه‌ی مستقل. با خرید یک سوله ۵۰۰ متری در شهرک صنعتی کوثر، کار جدی‌تر شد. در سال ۱۳۹۶ دیگر همه‌چیز رسمی بود: پیشرو آروین پلیمر متولد شد.

دانش‌بنیانی؛ از اجبار تا فرصت

مسیر توسعه البته آسان نبود. در سال‌های ۹۷ و ۹۸ که برای گرفتن وام به شرکت شهرک‌ها مراجعه کردند، پاسخی منفی شنیدند. اما همین رد شدن باعث شد به سمت ارزیابی دانش‌بنیانی هدایت شوند. نتیجه فراتر از انتظار بود: در سال ۱۴۰۰ پیشرو آروین پلیمر موفق شد دانش‌بنیان سطح ۱ شود و در ارزیابی بعدی، به رتبه‌ی فناوریانه که بالاترین سطح شرکت‌های دانش‌بنیان است ارتقا یافت.

مسیری که شاید در ابتدا برای دور کردن آن‌ها از گرفتن یک وام بود، در نهایت تبدیل شد به سکوی پرتابی برای تثبیت جایگاه فناوریانه شرکت.

بازار و دستاوردها

امروز سهم عمده‌ای از بازار صنعت ساختمان در اختیار پیشرو آروین پلیمر است؛ بیش از ۶۰ تا ۷۰ درصد. در صنعت خودرو هم، اگرچه ورودشان تازه‌تر بوده، اما توانسته اند با فرمولاسیون‌های دقیق و خدمات ویژه، جایگاه قابل توجهی به دست آورند. تفاوت اصلی آن‌ها با رقبا همین‌جاست: محصول باید ۱۰۰ درصد خواص مورد انتظار بازار را تأمین کند. کمتر شرکتی در ایران حاضر است مانند آن‌ها پای دستگاه مشتری برود و تا رسیدن به نتیجه ی نهایی کنار او بایستد.

این نگاه باعث شده بسیاری از مشتریان خودرویی اعتراف کنند: «اگر شما نتوانید این مشکل را حل کنید، دیگر کسی در ایران قادر به حل آن نیست.» چنین اعتباری تنها با تسلط عمیق علمی و عملی به دست می‌آید؛ تسلطی که حاصل هزاران آزمایش، صدها فرمولاسیون و سال‌ها تجربه است.

آینده‌ای روشن

امروز، پیشرو آروین پلیمر نه تنها

یک تولیدکننده‌ی کامپاندهای TPE است، بلکه یک مرکز دانش فنی محسوب می‌شود. از کاهش واردات و صرفه‌جویی‌های ارزی تا توسعه‌ی فرمولاسیون‌های پیچیده برای مشتریان خاص، هر گام آن‌ها حکایت از ایمان به دانش، پشتکار و خودباوری دارد.

داستان این شرکت، داستان دو برادر است که با سرمایه‌ای اندک اما رویایی بزرگ آغاز کردند. از روزهایی که برای یک تست ساده مجبور بودند تمام حقوق ماهانه شان را خرج مواد اولیه کنند، تا امروز که به عنوان شرکتی دانش بنیان و فناوریانه در کلاس جهانی شناخته می‌شوند.

پیشرو آروین پلیمر نمونه‌ای است زنده از اینکه در صنعت ایران، حتی در سخت‌ترین شرایط، می‌توان با اتکا به علم و عزم، رویا را به واقعیت تبدیل کرد.



یک امکان جدید در خنک کاری مذاب اکستروژن برای
جلوگیری از شره کردن مذاب در لوله‌های دیواره ضخیم
O. TE HEESSEN, J. WORTBERG

نوراله میرزائیان



کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر

کارشناس رسمی سازمان ملی استاندارد

دبیر کمیته های فنی متناظر TC138/SC5 و TC61/SC5 سازمان ایزو

مدیر فنی شرکت بازرسی کاوش یار پژوهان

مدیر پروژه های بازرسی فنی

۲۶ سال تجربه کاری

مدرس دوره های آموزشی صنایع پلیمری

مشاور صنایع پلاستیک

کنترل کیفی تولید لوله پلی اتیلن

چکیده

یکی از چالش‌های موجود در فرآیند اکستروژن لوله‌های دیواره ضخیم، خنک کاری محصول است. علاوه بر خروجی اکستروژر، بازدهی تجهیزات خنک‌کننده، سرعت خط را نیز محدود می‌کند. در یک شرایط فرآیندی یکسان، مدت زمان خنک کاری با افزایش ضخامت دیواره لوله، افزایش می‌یابد. پیشرفته‌ترین روش خنک کاری سطح بیرونی لوله، استفاده از مخازن آب یا مخازن مجهز به نازل‌های پاششی خنک کننده است. علاوه بر آن، خنک کردن سطح داخلی به وسیله ایجاد جریان هوا نیز امکان‌پذیر است که از داخل لوله مکیده می‌شود. با وجود این فناوری‌ها، خنک کردن محصولات با دیواره ضخیم با نرخ مناسب مشکل است. به خصوص

لوله‌های دیواره ضخیم با سرد شدن لایه‌های وسط دیواره، مشکلاتی را بروز می‌دهند. از یک طرف خنک شدن شدید سطح بیرونی و داخلی لوله موجب ایجاد حفره‌هایی ناشی از جمع‌شدگی داخل دیواره لوله می‌شود. از طرف دیگر در صورت عدم خنک شدن سریع، مذاب به دلیل وجود گرانش، در راستای محیطی جاری می‌شود (اثر شره کردن).

به همین دلیل در این مقاله، برای جلوگیری از اثر شره، امکانات جدیدی از خنک‌سازی مذاب در دای های اکستروژن ارائه شده است. خنک‌سازی هدفمند لایه‌های مذاب ورودی به دای می‌تواند از جاری شدن مذاب در جهت محیطی بعد از دای اکستروژن جلوگیری کند. همچنین این خنک‌سازی دستیابی

به مشخصات یک پروفایل دمایی معین در طول شعاع دیواره لوله را فراهم می‌کند و کمک می‌کند تا با کاهش دمای مذاب، دبی خروجی و سرعت چرخش ماردون اکستروژر افزایش پیدا کند. همچنین تحت تاثیر قرار دادن فرآیند تبلور و در نتیجه خواص مکانیکی محصول نهایی به وسیله خنک کردن هدفمند لایه‌های داخلی لوله، قابل تامل است.

بحث و بررسی

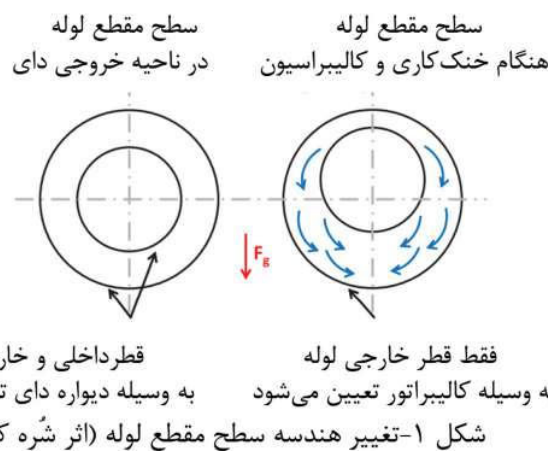
هدایت حرارتی ضعیف مواد پلاستیکی به ویژه برای محصولات با ضخامت دیواره بزرگتر، یک نقطه ضعف در فرآیند تولید محسوب می‌شود. علاوه بر مشکلات مبتنی بر هدایت حرارتی ضعیف در طول فرآیند مذاب‌سازی، مشکلاتی نیز در طول فرآیند خنک کاری وجود دارد.



هنگام شکل‌گیری دیواره ضخیم محصولات، خنک کردن لایه‌های داخلی تا رسیدن به یک پایداری کافی ابعادی، دشوار است. در شکل 1 نشان داده شده است که چگونه مشکلات مورد بحث باعث عدم یکنواختی توزیع ضخامت دیوار به دلیل گرانش می‌شود. در فرآیند اکستروژن، پلاستیک در اکسترودر مذاب شده و به وسیله یک دای اکستروژن شکل‌دهی می‌شود. در

خروجی این دای، قطر بیرونی و داخلی به وسیله دیواره دای تعیین می‌شود. با وجود اثرات احتمالی تورم ماده اکستروژن شده، قطر داخلی با قطر خارجی هم‌محور است. بعد از دای اکستروژن، هندسه محصول فقط با کالیبراتور تعیین می‌شود. به دلیل وابستگی دمایی ویسکوزیته مذاب، ویسکوزیته لایه های داخلی لوله از ویسکوزیته در نواحی نزدیک به سطح بیرونی که

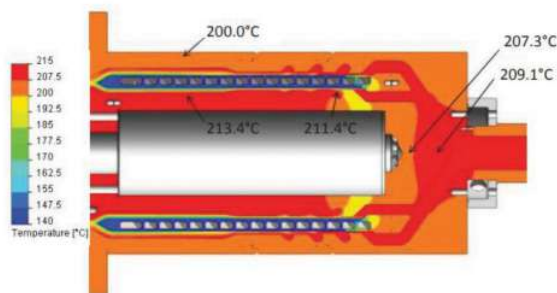
مستقیماً خنک می‌شود، کمتر است. در نتیجه یک جریان مذاب در جهت محیطی به دلیل جاذبه ایجاد خواهد شد (اثر شُرِه کردن). این موضوع در شکل سمت راست شکل 1 نشان داده شده است. به دلیل این اثر جریان، قطر داخلی لوله دیگر هم‌محور با قطر بیرونی نیست بنابراین توزیع ضخامت دیواره در امتداد محیط لوله غیریکنواخت می‌شود.



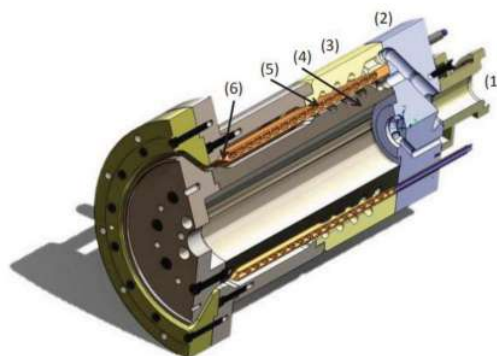
رویکردهای موجود برای جلوگیری از این مشکل به دو گروه می‌تواند تقسیم شوند. از یک طرف تحقیقات بر توسعه مواد اولیه متمرکز شده است. هدف این رویکردها رسیدن به موادی با ویسکوزیته مذاب بالاتر است به عنوان مثال پلی‌اتیلن یا پلی‌آمید. از سوی دیگر گروه دوم تحقیقات بر روی تکنولوژی ماشین آلات اکستروژن متمرکز شده‌اند. از آنجایی که هندسه محصول تابع دای اکستروژن است، تحقیق و توسعه بر روی دای‌های جدید اکستروژن متمرکز شده است. یک رویکرد، اجرای سیستم‌های خنک‌کننده داخلی لوله است که هوای محیط را از داخل لوله، مخالف جهت اکستروژن

مکش می‌کند. روش دیگر سیستم های خنک‌کننده بر مبنای اصول یک لوله گردابی است. مشکل اصلی این رویکردها این است که خنک کاری شدید سطوح بیرونی و داخلی لوله باعث تشکیل حفره‌هایی ناشی از جمع‌شدگی در بدنه لوله خواهد شد. با استفاده از مفهومی دیگر، خنک کردن داخلی سطح داخلی لوله در دای اکستروژن مدنظر قرار گرفته است. دلیل این فرضیه، وابستگی

ویسکوزیته به دما است. با خنک سازی هدفمند مذاب در دای اکستروژن و در مرحله دوم با تقسیم کردن مذاب به جریان‌های جزئی مختلف، لایه‌های داخلی بعدی لوله بدون خطر تشکیل حفره‌های ناشی از جمع‌شدگی می‌تواند خنک شود. در این مقاله امکان جدیدی از خنک سازی مذاب در دای‌های اکستروژن داده می‌شود. شکل 2 ساختار کلی دای اولیه را نشان می‌دهد.



شکل ۳- توزیع دما در دای اکستروژن



شکل ۲- ساختار کلی دای اولیه

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

و ارزیابی‌ها بر اساس ساده‌سازی‌ها و شرایطی است که یک جریان کاملاً توسعه یافته، مشاهده می‌شود. تحقیقات بیشتر در قالب آزمایش تجربی با نمونه اولیه این دای برنامه ریزی شده است. در این آزمایش، دمای خنک‌کاری قابل دسترسی و تأثیر آن بر کیفیت محصول، تجزیه و تحلیل خواهد شد. در جزئیات سطح محصول نهایی، خواص مکانیکی محصول و تأثیر آن بر شره کردن، باید مشاهده شود.

در این مقاله امکان توزیع مذاب با دای مندرل مارپیچی در ترکیب با سیالی که تحت کنترل دمایی است بررسی شده است. تجزیه و تحلیل های عددی، پروفایل دمایی محصول نهایی را وابسته به تعدیل دمایی داخلی دای اکستروژن، نشان می‌دهند. در اینجا نشان داده شده که امکان دارد از دماهای خنک‌کاری نزدیک یا کمتر از دمای انجماد پلیمر مربوطه، استفاده کنید. با این روش ممکن است به طور قابل توجهی بتوان بر دما و بنابراین ویسکوزیته مذاب تأثیر گذاشت. با کاهش دمای مذاب، اثر شره نیز به دلیل افزایش ویسکوزیته مذاب کاهش می‌یابد. علاوه بر این، تعدیل دمایی هدفمند دیواره‌های دای بیرونی برای بالا بردن تأثیر بر روی پروفایل‌های دمایی در طول شکاف خروجی قابل توجه است. تمام تفاسیر

مذاب از اکستروژر وارد دای می‌شود (1) و در پیش‌توزیع به دو جریان کوچک تقسیم می‌شود (2). بنابراین چندراهه نیز به دو دای مندرل مارپیچی (SMD) تقسیم می‌شود. یک مندرل توزیع‌کننده در بدنه (3) و یکی دیگر روی مندرل داخلی (4). یک بوش خنک‌کننده (5) هم‌محور با هر دو توزیع‌کننده نصب شده است که اجازه می‌دهد تا مذاب از پیش‌توزیع تا نقطه ملاقات هر دو جریان کوچک (6)، خنک شود. برای رسیدن به دمای بیرونی بوش خنک‌کننده بین 100°C تا 180°C از روغن حامل گرما به عنوان محیط حرارتی استفاده شده است. برای خنک کردن همگن بوش، کانال‌های جریان روغن حامل گرما به صورت کانال‌های مندرل مارپیچی ساخته شده است.

برای درک بهتر و دید کلی در شکل 3 نتیجه شبیه‌سازی برای توزیع دما در دای اکستروژن نشان داده شده است.



نوآوری‌های تازه در آمیزه‌سازی پلیمری:

مروری بر فناوری‌های سال ۲۰۲۵

دکتر علی هدایتی، پژوهشگر و متخصص برجسته در حوزه مهندسی پلیمر، فارغ‌التحصیل دکترای مهندسی پلیمر از دانشگاه صنعتی امیرکبیر است. مسیر حرفه‌ای او با تمرکز بر مدیریت نوآوری، توسعه مواد پیشرفته، مهندسی آمیزه‌های پلیمری، مهندسی بسته‌بندی و فرایندهای پلیمری شکل گرفته است. وی در طول فعالیت‌های خود، مدیریت R&D و توسعه بیش از ۵۰ فناوری پایه (Core-Tech) را در حوزه مواد نوین و محصولات خلاقانه بسته‌بندی برعهده داشته و به عنوان یکی از چهره‌های پیشرو در پیوند میان دانش فنی، نوآوری و صنعت شناخته می‌شود.



چکیده: صنعت آمیزه‌سازی پلیمری در

سال ۲۰۲۵ شاهد جهشی چشمگیر در حوزه‌های بهره‌وری انرژی، هوشمندسازی فرآیند و پایداری زیست محیطی است. نوآوری‌های سخت‌افزاری در اکسترودرهای دوماردون، ورود هوش مصنوعی و دوقلوی دیجیتال به کنترل فرآیند، و طراحی ویژه برای مواد بازیافتی و زیست‌تخریب‌پذیر، از مهم‌ترین دستاوردهای این دوره محسوب می‌شوند.

مقدمه: آمیزه‌سازی پلیمر یکی از

فرآیندهای بنیادی صنعت پلاستیک است که نقش مهمی در تنظیم خواص مکانیکی، حرارتی و شیمیایی مواد ایفا می‌کند. سال ۲۰۲۵ با معرفی فناوری‌های نوین سخت‌افزاری و نرم‌افزاری و با رویکردی پایدار، نقطه عطفی در این صنعت محسوب می‌شود.

۲. سخت‌افزارهای پیشرفته

سیستم‌های انتقال قدرت چندگانه

(Multi-Drive): فناوری شرکت

Bausano با توزیع تنش در گیربکس، طول عمر دستگاه را افزایش داده و تا ۳۵٪ صرفه‌جویی انرژی به همراه دارد.

• ماردون‌های تعویض سریع

(Quick-Change): سیستم QC3

شرکت ENTEK موجب کاهش زمان توقف تولید و انعطاف‌پذیری بیشتر در تغییر فرمولاسیون می‌شود.

• پوشش‌ها و مواد مقاوم: استفاده از

فولادهای آلیاژی و پوشش‌های نیتride و پلاسما دوام سیلندرها را در برابر مواد

ساینده افزایش داده است.

۳. هوش مصنوعی و اتوماسیون

• دوقلوی دیجیتال: ایجاد مدل مجازی دقیق از فرآیند، امکان شبیه‌سازی بلادرنگ و کاهش ضایعات را فراهم می‌کند.

• کنترل هوشمند: پلتفرم

C-BEYOND شرکت Coperion با

تحلیل داده‌های حسگرها، تنظیمات را به

صورت خودکار انجام داده و از طریق نگهداری پیش‌بینانه مانع توقف‌های ناگهانی می‌شود.

۴. آمیزه‌سازی پایدار و مواد نوین

• سیستم‌های تغذیه پیشرفته: فناوری

FET شرکت Coperion امکان خوراک

دهی مواد کم‌چگالی و حجیم را فراهم

کرده است.

• اکسترودرهای ویژه بیوپلاستیک‌ها:

شرکت‌های USEON و Coperion

دستگاه‌هایی برای آمیزه‌سازی

بیوپلاستیک‌های حساس به حرارت

توسعه داده‌اند.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

نوآوری‌های سال ۲۰۲۵ تنها ارتقای

عملکرد نیستند؛ بلکه تغییر ساختاری در

آمیزه‌سازی پلیمری محسوب می‌شوند.

ترکیب سخت‌افزارهای پیشرفته با

فناوری‌های دیجیتال، صنعت را به

سمت مدلی پایدار و هوشمند هدایت

کرده است.



کامپاندینگ پیشرفته پلیمر

از طریق IMPREGNATION

دی اکسید کربن فوق بحرانی (SCCO₂)

یک دستاورد تکنولوژیک توسط USEON برای کاربردهای DEMANDING

مقاله

چکیده:

کامپاندینگ مرسوم پلیمرهای حساس به حرارت و افزودنی‌ها اغلب با مشکل dispersion و thermal degradation مواجه است که منجر به تخریب خواص محصول نهایی می‌شود. این مقاله به تبیین یک پارادایم نوآورانه تکنولوژیک می‌پردازد: ادغام تزریق دی اکسید کربن فوق بحرانی (scCO₂) در فرآیند اکستروژن دوپیچ همسوگرد (co-rotating twin-screw). این تکنولوژی انحصاری که توسط USEON طراحی شده و در اکسترودر سری SAT35 آن پیاده‌سازی شده است، تسهیل کاهش چشمگیر ویسکوزیته مذاب (melt viscosity) و دمای فرآیند (processing temperature) را فراهم می‌کند. این دستاورد تنها به مقیاس آزمایشگاهی R&D محدود نبوده و به راحتی قابل scaling به سازه‌های بزرگتر industrial compounder می‌باشد و مزیت‌های بی‌نظیری در مدیریت نیروی برشی (shear force) و کنترل دقیق حرارتی (thermal control) برای کاربردهای گسترده از مستریچ‌های پیشرفته تا devulcanization لاستیک ارائه می‌دهد.



مقدمه:

چالش تخریب حرارتی-مکانیکی (Thermomechanical Degradation)

کامپاندینگ فرمولاسیون‌های چالش برانگیز شامل پودرهای ریز (زیر ۳ میلی‌متر)، افزودنی‌های با بار بالا (high-loading)، پلیمرهای حساس به برش (shear-sensitive) و خرده لاستیک‌های شبکه‌ای شده (cross-linked rubber crumb) برای devulcanization مرزهای توانایی اکسترودرهای دوپیچ مرسوم (TSEs) را تحت فشار قرار می‌دهد. انرژی مکانیکی ورودی که به صورت نیروهای برشی بالا (high shear forces) ظاهر می‌شود، برای dispersion ضروری است اما بی‌امان منجر به افزایش گرمای بیش از حد (excessive heat buildup) یا adiabatic heating می‌گردد. این امر یک معضل حیاتی در فرآیند ایجاد می‌کند: دستیابی به dispersion کافی بدون ایجاد تخریب حرارتی (thermal degradation). خط آزمایشگاهی باز یافت لاستیک به روش ترمو-مکانیکی (Lab Line for Rubber - Devulcanization - Thermo-mechanical Way) نمونه بارز این چالش است که نیازمند کنترل دقیق برای شکستن اتصالات عرضی بدون تخریب زنجیره پلیمری اصلی (polymer backbone) می‌باشد.

دی اکسید کربن فوق بحرانی به عنوان یک اصلاح کننده فرآیند (PROCESS MODIFIER) USEON این چالش بنیادی را از طریق تزریق استراتژیک دی اکسید کربن فوق بحرانی (SCCO₂) به داخل ماتریکس مذاب پلیمری (POLYMER MELT MATRIX) در درون BARREL دستگاه TSE با عملکرد بالای خود مورد توجه قرار می دهد. هنگامی که CO₂ تا بالاتر از نقطه بحرانی (CRITICAL POINT) خود (۳۱.۱ °C، ۷۳.۸ BAR) آورده می شود، به یک حالت منحصر به فرد دست می یابد که دارای حلالیت (SOLUBILITY) یک مایع و ویسکوزیته (VIS-COSITY) و نفوذپذیری (DIFFUSIVITY) یک گاز است

در درون اکسترودر، SCCO₂ به عنوان عوامل زیر عمل می کند:

۱. نرم کننده/اصلاح کننده ویسکوزیته قوی (POWERFUL PLASTICIZER/VISCOSITY MODIFIER): به طور چشمگیری ویسکوزیته مذاب سیستم پلیمری را کاهش داده و امکان اختلاط توزیعی و پراکنشی (DISTRIBUTIVE AND DISPERSIVE MIXING) کارآمد را در دماهای به مراتب پایین تر (اغلب ۳۰-۵۰ درجه سانتی گراد پایین تر) فراهم می کند

۲. عامل خنک کننده حرارتی در محل (IN-SITU THERMAL QUENCHING AGENT): کاهش در ویسکوزیته مذاب مستقیماً به معنی ورودی انرژی مکانیکی کمتر و در نتیجه، یک پروفیل دمای مذاب (MELT TEMPERATURE PROFILE) پایین تر برای یک سرعت پیچ (SCREW SPEED) و پیکربندی پیچ (SCREW CONFIGURATION) داده شده است (RATION)

مزیت های کلیدی و طیف کاربردها

پیامدهای این تکنولوژی برای کامپاندینگ پیشرفته بسیار عمیق است:

مدیریت برتر نیروی برشی و حرارتی (SUPERIOR SHEAR FORCE AND THERMAL MANAGEMENT): مزیت اولیه جدا کردن نیروی برشی از تولید گرما (DECOUPLING OF SHEAR FORCE FROM HEAT GENERATION) است. اپراتورها اکنون می توانند از طرح های پیچ تهاجمی (AGGRESSIVE SCREW DESIGNS) و سرعت های پیچ بالا (HIGH SCREW SPEEDS) برای اعمال تنش برشی (SHEAR STRESS) لازم برای DISPERSION (مانند شکستن کلوخه ها، پراکنش نانو ذرات) بدون جریحه حرارتی مرتبط استفاده کنند. این امر پردازش مواد بسیار حساس به حرارت را ممکن می سازد.

افزایش عملکرد کاربرد (Enhanced Application Performance):

مستربچه ها و نانو کامپوزیت های با عملکرد بالا: به دست آوردن dispersion استثنایی نانورس ها، نانولوله های کربنی (CNTs) و رنگدانه ها در دماهای پایین تر، جلوگیری از تخریب افزودنی و بیشینه کردن بهبود خواص. - بازیافت لاستیک (Devulcanization): خط بازیافت ترمو-مکانیکی USEON از scCO₂ برای حفظ یک پروفیل



پیوندهای S-S و C-S را در حالی که تخریب مخرب زنجیره C-C (destructive C-C chain scission) به حداقل می‌رسد فراهم می‌آورد و لاستیک بازیافتی با کیفیت بالاتر تولید می‌کند.

- کامپاندهای زیست‌پزشکی و الکترونیکی: ایده‌آل برای کامپاندینگ پلیمرهایی مانند PLA، PCL و پلیمرهای رسانای حساس به حرارت که تاریخچه حرارتی (thermal history) آنها باید به دقت کنترل شود.

- اکستروژن واکنشی (Reactive Extrusion): فراهم‌آوری کنترل دمای دقیق برای واکنش‌های گرماده (exothermic reactions).

قابلیت scaling و ارتباط صنعتی (Scalability and Industrial Relevance):

تکنولوژی scCO₂ impregnation یک ابزار کنجکاو آزمایشگاهی نیست. اصول مهندسی آن قابل scaling هستند. تخصص USEON امکان طراحی و پیاده‌سازی این سیستم را بر روی کامپاندهای صنعتی بزرگتر فراهم می‌کند و امکان انتقال یکپارچه از R&D (۵۰-۱۰ کیلوگرم بر ساعت) به تولید در مقیاس کامل (full-scale production) را به ارمغان می‌آورد و این مزیت‌های ماده‌ای را به بازار عرضه می‌کند.

مشخصات فنی پلتفرم USEON SAT35:

- اکسترودر: دوپیچ هم‌گرد (Co-rotating Twin-Screw) (مدل SAT35).

- گیربکس: گیربکس گشتاور بالا (High-Torque Gearbox) طراحی شده برای حفظ پایداری فرآیند (process stability) تحت شرایط ویسکوزیته پایین القا شده توسط scCO₂.

- سیستم تحویل scCO₂: پمپ دوزینگ دقیق (Precision metering pump) و کنترل دقیق دما/فشار برای حفظ حالت فوق‌بحرانی.

- کنترل فرآیند: سیستم‌های PLC پیشرفته برای کنترل مستقل سرعت پیچ، دما و پارامترهای تزریق scCO₂.



نتیجه‌گیری:

بازتعریف مرزهای کامپاندینگ

ادغام تکنولوژی سیال فوق‌بحرانی (supercritical fluid technology) در اکستروژن دوپیچ توسط USEON نشان‌دهنده یک جهش قابل توجه در قابلیت کامپاندینگ است، با امکان پذیر ساختن کنترل بی‌نظیر بر نیروی برشی و دما، این تکنولوژی پردازش فرمولاسیون‌های قبلاً غیرقابل حل را ممکن می‌سازد. قابلیت انحصاری USEON در استقرار این تکنولوژی در مقیاس‌های مختلف، از خط آزمایشگاهی ضروری برای Devulcanization تا کامپاندهای تولید در مقیاس کامل، آن را به عنوان یک رهبر تکنولوژیک تثبیت می‌کند. این امر راه را برای نسل بعدی کامپاندهای پلیمری با ارزش بالا (high-value)، پایدار (sustainable) و performance-بالا هموار می‌کند و USEON را به عنوان شریک انحصاری برای حل چالش‌برانگیزترین مسائل کامپاندینگ قرار می‌دهد.



EXTRUDE VISION

مجله اکستروژن ویشن
شماره یک
مهرماه ۱۴۰۴

نخستین مجله
تخصصی صنعت
کامپاندینگ در ایران



DESIGNED BY BRANDOPHEN
WWW.BRANDOPHEN.IR

ایده صنعت آتبین نماینده رسمی پرفروش ترین کامپاندرهای پلیمری در ایران

تلفن: ۰۲۱-۸۸۰۹۵۰۰۶ | ۰۲۱-۸۸۰۹۵۰۰۷ | تلفکس: ۰۲۱-۸۸۰۹۰۰۸۱



ایده صنعت آتبین