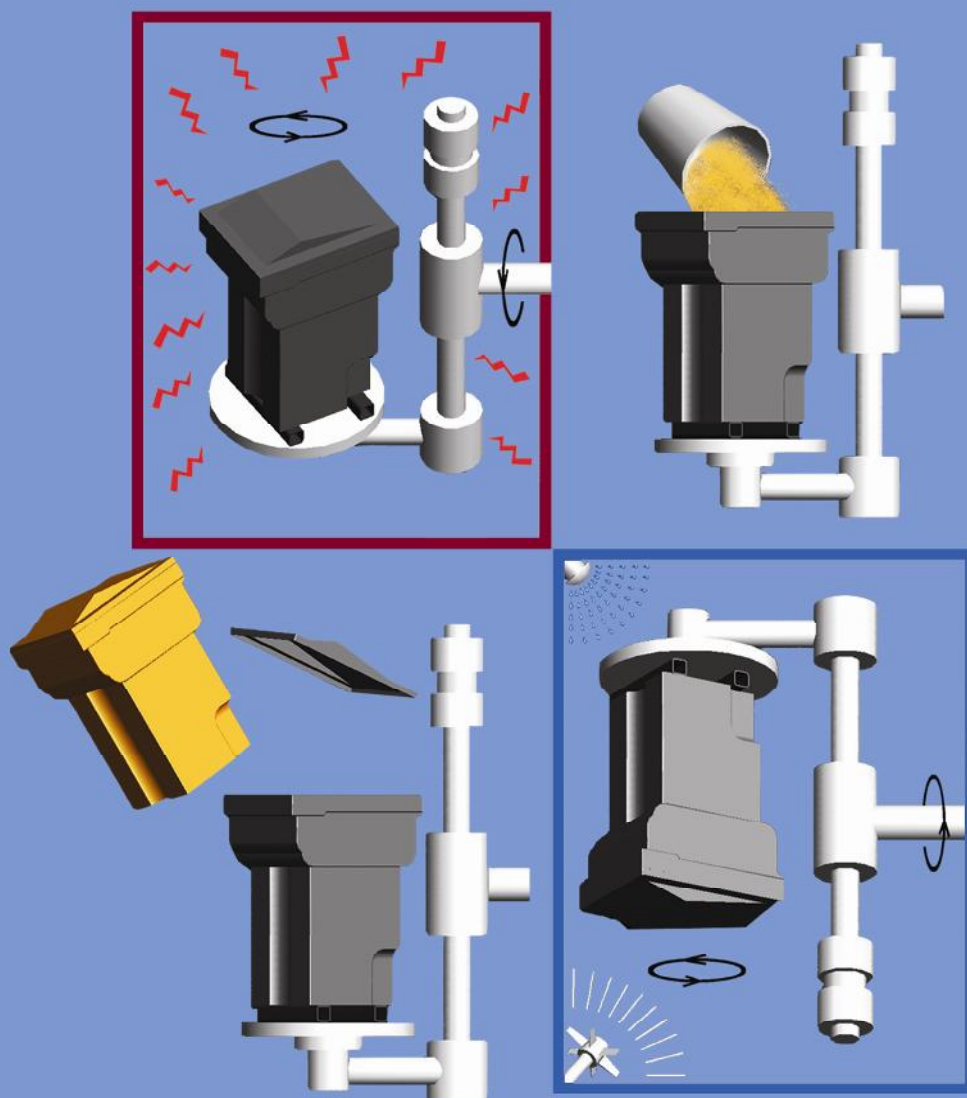


قالب‌گیری دورانی پلاستیک‌ها



تالیف:

مهندس برمک قنبرپور جویباری

مهندس علیرضا میربلوک

به نام خداوند جان و خرد

قالب‌گیری دورانی پلاستیک‌ها

تالیف:

مهندس برمک قنبرپور جویباری

مهندس علیرضا میربلوک

زمستان ۱۳۹۰

سر شناسه	قنبرپور جویباری، برمک، ۱۳۵۹
عنوان و پدید آور	قالب‌گیری دورانی پلاستیک‌ها/تالیف برمک قنبرپور جویباری، علیرضا میربلوک.
مشخصات نشر	تهران: گلاره مهر. ۱۳۹۰
مشخصات ظاهری	III، ۲۳۹ ص: مصور (بخشی رنگی)، جدول.
شابک	۱۲۰۰۰ تومان: ۳-۴-۹۰۷۸۹-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	فیپا
یادداشت	کتابنامه: ص ۲۱۳.
موضوع	پلاستیک- قالب سازی.
شناسه افزوده	میربلوک، علیرضا، ۱۳۵۲.
رده بندی کنگره	۱۳۹۰ ق ۲ / ق ۹ / ۱۱۵۰ TP
رده بندی دیویی	۶۶۸/۴۱۳
شماره کتابشناسی ملی	۲۶۱۶۷۳۲

تمامی حقوق این اثر متعلق به مجتمع پلاستیک طبرستان است.

عنوان کتاب:	قالب‌گیری دورانی پلاستیک‌ها
تالیف:	برمک قنبرپور جویباری، علیرضا میربلوک
چاپ اول:	زمستان ۱۳۹۰
تیراژ:	۱۰۰۰ نسخه
قیمت:	۱۲۰۰۰ تومان
طراحی و صفحه آرایی:	مجتمع پلاستیک طبرستان
شابک:	۳-۴-۹۰۷۸۹-۶۰۰-۹۷۸
ناشر:	گلاره مهر

تقدیم به:

جناب آقای مهندس محمدعلی گلستانی
مردی خستگی‌ناپذیر، با دست‌های بارانی
به پاس بیش از ۲۵ سال تلاش عاشقانه
در راه توسعه صنعت قالب‌گیری دورانی در ایران

و

همسرانمان
به شکرانه همراهی سبزشان
در گذرگاه‌های سخت
و صبرشان
در اوقاتی که به آنها تعلق داشت
و به نگارش این کتاب گذشت.

پیشگفتار

این راه را نهایت صورت کجا توان بست

کش صد هزار منزل بیش است در بدایت

فن‌آوری قالب‌گیری دورانی نوین به شکلی که امروزه آن را می‌شناسیم، در بحبوحه جنگ جهانی دوم و پس از آن توسعه یافت. از آن روزها تا کنون، پژوهش‌گران و تولیدکنندگان بارها و بارها، جنبه‌های حیرت‌انگیز جدیدی از این فرآیند را کشف نموده‌اند. اغراق نیست اگر بگوییم هیچ یک از فرآیندهای شکل‌دهی پلاستیک‌ها از نظر انعطاف‌پذیری در تولید محصول، با این روش قابل مقایسه نیستند.

با نگاهی سطحی و گذرا ممکن است قالب‌گیری دورانی، فرآیندی ساده و به دور از هر گونه جنبه قابل اعتنای علمی به نظر رسد. اما هرچه بیشتر در زوایای مختلف آن دقیق شویم، متغیرهای فراوانی را می‌یابیم که هر یک می‌توانند موضوع پژوهشی عمیق باشند و آن هنگام است که زیبایی‌های دلفریب این فرآیند بی‌نظیر، ما را مجذوب خود می‌کنند.

کمتر از ۳۰ سال پس از توسعه قالب‌گیری دورانی و معرفی آن به عنوان یک روش قابل توجه شکل‌دهی پلاستیک‌ها در جهان، این صنعت به ایران وارد شد.

اگر چه تولیدکنندگان صنعت قالب‌گیری دورانی ایران طی دو دهه اخیر در زمینه افزایش ظرفیت تولید، گام‌های بلندی برداشته‌اند، اما بسیاری از جنبه‌های پیچیده علمی این فرآیند برای آنها ناشناخته مانده است.

مولفان این کتاب عقیده دارند اکنون پس از گذر از دوران توسعه کمی، زمان توسعه کیفی این صنعت در ایران فرا رسیده است. از این رو کتاب حاضر به منظور آشنا ساختن هرچه بیشتر تولیدکنندگان، سازندگان ماشین‌آلات و محافل دانشگاهی و پژوهشی کشور با جنبه‌های علمی این فن‌آوری تالیف شده است. بدیهی است توسعه کیفی صنایع و افزایش توان رقابت‌پذیری سازمان‌های تولیدی در مقیاس جهانی، گامی مؤثر در مسیر رشد و توسعه اقتصادی کشور خواهد بود.

طبقه‌بندی مطالب کتاب بر اساس پنج دسته مفاهیم اصلی این فرآیند یعنی مواد اولیه، ماشین‌آلات، قالب‌ها، طراحی محصول و مبانی فرآیندی انجام شده و در فصل پایانی به عیب‌های رایج قطعات به همراه علل احتمالی و روش‌های رفع آنها پرداخته شده است تا جهت بهبود کیفی محصولات راه‌گشای تولیدکنندگان عزیز باشد.

در بیان مفاهیم تلاش شده است تا حد امکان از اصطلاحات و واژگان فارسی رایج در صنایع پلاستیک استفاده شود و هنگامی که واژه مناسبی یافت نگردید، مترادف انگلیسی آن عیناً به کار گرفته شد تا از سردرگمی خوانندگان جلوگیری به عمل آید.

در پیوست کتاب، واژگان رایج فرآیند قالب‌گیری دورانی به همراه معادل فارسی و شرح آنها آورده شده است تا علاوه بر یاری خواننده در جهت درک مؤثر مطالب کتاب، هنگام مطالعه متون خارجی مرتبط نیز به کمک آنها آید.

تالیف این کتاب به عنوان نخستین گام در بیان جنبه‌های علمی و فنی فرآیند قالب‌گیری دورانی به زبان فارسی به شمار می‌رود و از این رو مطمئناً دارای کاستی‌هایی است. بنابراین از اساتید، صنعت‌گران، پژوهش‌گران و تمامی صاحب‌نظران ارجمند خواهشمندیم در صورت مشاهده نواقص یا داشتن پیشنهادهای بهبود، مراتب را به اطلاع مولفان برسانند.

از سرکار خانم مهندس مهرانه حسینی کارشناس محترم تحقیق و توسعه مجتمع پلاستیک
طبرستان که با اشتیاقی مثال زدنی، در گردآوری و طبقه‌بندی مطالب و متون خارجی به مولفان
یاری رساندند، تشکر می‌کنیم.

از دوست و همکار عزیزمان جناب آقای مهندس سیدصادق صحرایی مدیر محترم فنی
مجتمع پلاستیک طبرستان که با گشاده‌دستی تجربیات ارزشمندشان را در اختیار مولفان قرار
دادند، قدردانی می‌کنیم.

در پایان از کارآفرین گرانقدر جناب آقای مهندس غلامرضا رسولیان رییس محترم هیات
مدیره مجتمع پلاستیک طبرستان که در طول مدت تالیف این کتاب همواره مشوق و محرک
ما بودند، نهایت سپاسگزاری را داریم.

برمک قنبرپور جویباری

علیرضا میربلوک

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
۱- کلیات فرآیند قالب گیری دورانی.....	۱
۱-۱- تعریف فرآیند قالب گیری دورانی.....	۲
۲-۱- آشنایی با فرآیند قالب گیری دورانی.....	۲
۳-۱- ویژگی های فرآیند قالب گیری دورانی.....	۵
۴-۱- مزایای فرآیند قالب گیری دورانی.....	۸
۵-۱- محدودیت های فرآیند قالب گیری دورانی.....	۱۲
۶-۱- تاریخچه.....	۱۳
۱-۶-۱- تاریخچه جهانی.....	۱۳
۲-۶-۱- تاریخچه صنعت قالب گیری دورانی در ایران.....	۱۹
۷-۱- روند کسب و کار در صنعت قالب گیری دورانی.....	۲۱
۲- مواد اولیه در فرآیند قالب گیری دورانی.....	۲۵
۱-۲- خواص مواد.....	۲۶
۲-۲- پلاستیک های متداول.....	۲۷
۳-۲- پلاستیک های ویژه.....	۳۲
۱-۳-۲- پلاستیک های تقویت شده.....	۳۲
۲-۳-۲- پلاستیک های پر شده.....	۳۲
۳-۳-۲- قطعات چند لایه.....	۳۲
۴-۳-۲- قطعات فوم دار.....	۳۳
۴-۲- افزودنی ها و اصلاح کننده ها.....	۳۶
۵-۲- پلی اتیلن.....	۳۹
۱-۵-۲- پلی اتیلن سبک.....	۳۹
۲-۵-۲- پلی اتیلن سنگین.....	۴۰
۳-۵-۲- پلی اتیلن با دانسیته متوسط.....	۴۲

۴۲	۲-۵-۴- پلی اتیلن سبک خطی.....
۴۳	۲-۵-۵- پلی اتیلن شبکه ای شده.....
۴۴	۲-۵-۶- اتیلن وینیل استات.....
۴۴	۲-۶-۶- پلی پروپیلن.....
۴۵	۲-۶-۱- کاربردها.....
۴۶	۲-۷-۷- پلی وینیل کلراید (پی وی سی).....
۴۷	۲-۷-۱- کاربردها.....
۴۷	۲-۸-۸- پلی آمید.....
۴۹	۲-۸-۱- کاربردها.....
۴۹	۲-۹-۹- پلی کربنات.....
۵۱	۲-۹-۱- کاربردها.....
۵۱	۲-۱۰-۱۰- انتخاب مواد.....
۶۰	۲-۱۰-۱- منابع اطلاعاتی مواد.....
۶۳	۳- مبانی طراحی.....
۶۴	۳-۱- مقدمه.....
۶۴	۳-۲- طراحی محصول.....
۶۵	۳-۳- طراحی فرآیند.....
۶۶	۳-۴- طراحی ماده.....
۶۶	۳-۵- طراحی قطعه.....
۶۷	۳-۵-۱- ضخامت دیواره.....
۷۷	۳-۵-۲- تقویت کردن.....
۸۵	۳-۵-۳- طراحی شعاع گوشه ها.....
۸۷	۳-۵-۴- زاویه شیب قالب.....
۸۹	۳-۵-۵- زاویه شیب در قطعات چرم کاری شده.....
۹۰	۳-۵-۶- زیربرش ها.....

۹۳	۳-۵-۷- رزوه ها.....
۹۴	۳-۵-۸- اجزای تعبیه شونده.....
۹۸	۳-۵-۹- قطعات فوم دار.....
۱۰۱	۴- قالب ها در فرآیند قالب گیری دورانی.....
۱۰۲	۴-۱- مقدمه.....
۱۰۲	۴-۲- اجزای قالب.....
۱۰۷	۴-۳- انواع قالب.....
۱۰۸	۴-۳-۱- حفره های آلومینیومی ریخته گری شده.....
۱۱۳	۴-۳-۲- حفره های ساخته شده با ورق های فلزی.....
۱۱۷	۴-۳-۳- حفره های ساخته شده به روش الکتروفرمینگ.....
۱۱۸	۴-۳-۴- مقایسه انواع مواد اولیه جهت ساخت قالب ها.....
۱۲۰	۴-۳-۵- حفره های ماشین کاری شده.....
۱۲۲	۴-۴- کنترل گرما.....
۱۲۴	۴-۵- گازگیری قالب.....
۱۲۵	۴-۶- بهای تمام شده قالب.....
۱۲۷	۵- مبانی فرآیند.....
۱۲۸	۵-۱- مقدمه.....
۱۳۱	۵-۲- ماشین های قالب گیری دورانی.....
۱۳۸	۵-۳- الزامات فرآیند قالب گیری دورانی.....
۱۴۴	۵-۴- اندازه گیری دمای هوای داخل قالب در فرآیند قالب گیری دورانی.....
۱۴۹	۶- عیب یابی محصولات و نحوه رفع آن ها.....
۱۸۷	۷- واژگان فرآیند قالب گیری دورانی.....
۲۱۱	۸- منابع.....

فصل اول:

کلیات فرآیند قالب‌گیری دورانی

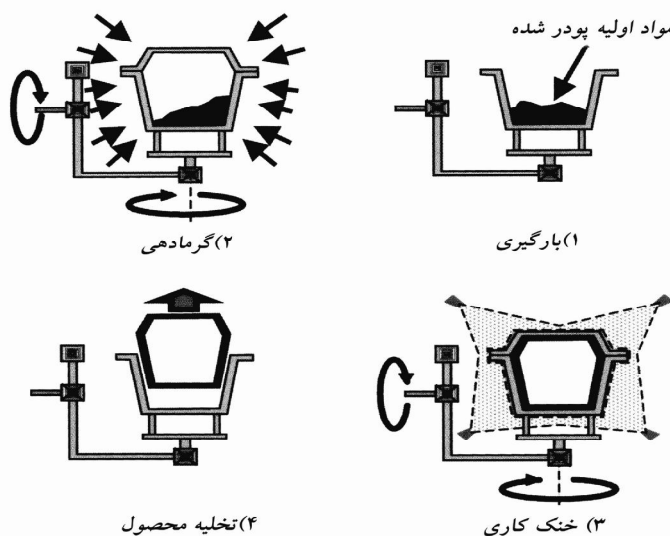
۱-۱- تعریف فرآیند قالب‌گیری دورانی

فرآیند قالب‌گیری دورانی^۱ یکی از فرآیندهای شکل‌دهی پلاستیک‌هاست که در دمای بالا، فشار پایین و به صورت قالب باز، جهت تولید قطعات توخالی و یک‌پارچه به کار می‌رود.

۲-۱- آشنایی با فرآیند قالب‌گیری دورانی

در فرآیند قالب‌گیری دورانی با کمترین هزینه، اشکال بسیار پیچیده با ضایعات اندک تولید می‌شوند. این فرآیند در فشار اتمسفر انجام شده، مواد پلیمری هنگام گرمادهی به یکدیگر و سطح داخلی قالب می‌چسبند و آن را پوشش می‌دهند. مواد اولیه پلیمری مورد استفاده در این فرآیند معمولاً به شکل پودر یا مایع هستند.

این فرآیند از چهار مرحله مطابق شکل ۱-۱ تشکیل شده است:



شکل ۱-۱: مراحل فرآیند قالب‌گیری دورانی

¹ - Rotational molding, Rotational casting, Rotomolding or Rotocasting

۱- بارگیری قالب^۱

در این مرحله قالب که به شکل محصول نهایی طراحی شده است باز و مقدار معینی از ماده پلیمری مورد نظر به صورت پودر یا مایع در نیمه پایینی قالب ریخته می‌شود. محاسبه مقدار ماده پلیمری بر اساس وزن قطعه نهایی و طبیعتاً ضخامت مورد انتظار انجام می‌گیرد.

۲- گرما دهی^۲

پس از بسته شدن قالب، ماشین شروع به کار می‌کند و قالب حول دو محور عمود بر هم در داخل کوره می‌چرخد (در ماشین‌های راک اند رول که در فصل پنجم معرفی می‌شوند، قالب حول یک محور می‌چرخد و حول محور دیگر دارای حرکتی گهواره‌ای است).

در بیشتر موارد جهت گرم کردن قالب از کوره‌های گردش هوای داغ استفاده می‌شود. اما روش‌های دیگری مانند استفاده از کوره‌های گرمایش الکتریکی، اشعه مادون قرمز، روغن داغ و یا کوره‌های شعله مستقیم نیز مرسوم هستند.

گرمای کوره از طریق دیواره قالب به پلیمر انتقال می‌یابد و موجب چسبیدن پلیمر پودری یا مایع به دیواره داخلی حفره قالب می‌گردد. در این مرحله پلیمر به علت نیروی جاذبه ثقلی، دایما در بخش پایینی حفره قالب در حال چرخش قرار دارد و این چرخش به هر یک از نقاط حفره امکان پوشش‌دهی توسط مقداری از این ماده پلیمری را می‌دهد. نقاطی از قالب که قرار است بر روی قطعه ضخامت بیشتری داشته باشند، باید بیشتر در تماس با ماده پلیمری قرار گیرند. بنابراین با تغییر سرعت محورهای چرخش قالب بر روی ماشین قالب‌گیری می‌توان ضخامت قطعه را در نقاط مختلف کنترل کرد.

^۱- Charging

^۲- Heating

نسبت سرعت^۱ (نسبت دوران) عبارت است از سرعت دوران قالب در محور اصلی (بازو) تقسیم بر سرعت دوران آن در محور فرعی (پلیت). معمول‌ترین نسبت سرعت که جهت تولید قطعات در این روش به کار می‌رود، نسبت ۴ به ۱ است. باید توجه داشت که سرعت چرخش قالب حول دو محور نسبتاً آرام است. اگر چه افزایش سرعت چرخش قالب ممکن است موجب افزایش بهره‌وری تولید گردد، اما پیچیدگی شکل قطعه و اندازه بزرگ قالب‌ها، معمولاً چنین امکانی را فراهم نمی‌کند.

۳- خنک کاری^۲

در این مرحله قالب در حال چرخش وارد محفظه یا ایستگاه خنک‌کاری می‌شود. با سرد شدن قالب به وسیله جریان هوا یا جریان هوا به همراه پاشش آب، پلیمر درون آن نیز سرد می‌شود و قطعه نهایی شکل می‌گیرد. در صورت انجام سرمایش با پاشش آب یا دیگر روش‌های سریع، ممکن است وقوع جمع‌شوندگی غیریکنواخت، موجب تولید محصولی تابیده گردد. بنابراین توصیه می‌شود پاشش آب در مرحله خنک‌کاری، پس از شکل‌گیری قطعه به صورت جامد یعنی دست کم چند دقیقه پس از آغاز این مرحله انجام شود.

۴- تخلیه محصول^۳

در این مرحله حرکت قالب متوقف می‌شود و قطعه نهایی که به میزان کافی سرد شده است با باز کردن نیمه قالب از درون آن خارج می‌شود. شکل ۱-۲ مراحل گام به گام تولید محصول را با استفاده از فن‌آوری قالب‌گیری دورانی نشان می‌دهد.

^۱ - Speed ratio

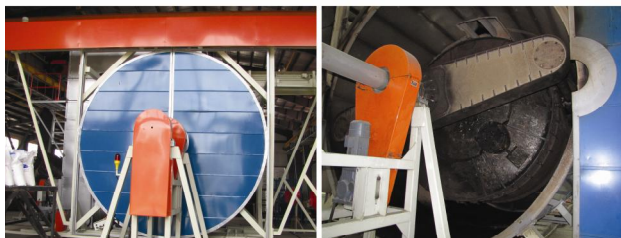
^۲ - Cooling

^۳ - Demolding



۲- بستن قالب با استفاده از گیره‌ها

۱- بارگیری قالب با پودر پلیمر



۴- چرخش قالب در داخل کوره

۳- ارسال قالب به داخل کوره



۶- تخلیه محصول از قالب

۵- خنک کاری با فن‌ها

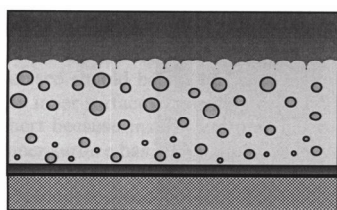
شکل ۱-۲: مراحل تولید محصول در فرآیند قالب‌گیری دورانی

۳-۱- ویژگی‌های فرآیند قالب‌گیری دورانی

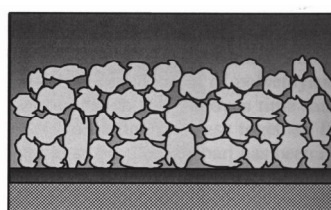
یکی از ویژگی‌های فرآیند قالب‌گیری دورانی این است که در ابتدای آن هم قالب و هم مواد پلاستیکی در دمای محیط قرار دارند. در طول فرآیند مواد پلاستیکی تا دمای ذوب خود گرم می‌شوند و پس از پایان چرخه خنک‌کاری مجدداً به دمای محیط باز می‌گردند.

در طول چرخه گرمایش، قالبی که درون کوره قرار دارد گرم می‌شود و گرما از طریق دیواره آن به پودرهای پلاستیکی منتقل می‌شود. این عامل موجب چسبیدن پودرها به دیواره حفره قالب و به یکدیگر می‌شود. بنابراین یک توده پودری سست در مجاورت دیواره حفره

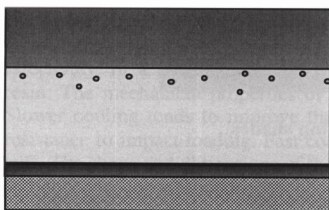
قالب شکل می‌گیرد (شکل ۱-۳). پس از آن با ادامه یافتن چرخه گرمایش، توده پودری رفته‌رفته منعقد می‌شود و حباب‌های هوای موجود بین ذرات پودر، کوچک و کوچک‌تر می‌شوند. تا این‌که توده پودری تبدیل به مذابی یکنواخت شده، کلیه حباب‌ها محو می‌شوند. باید توجه نمود که این حباب‌ها به علت ویسکوزیته بالای مذاب قادر به حرکت به سطح نیستند و تنها در محلی که وجود دارند باقی می‌مانند تا کوچک و کوچک‌تر شده، در انتهای چرخه گرمایش محو شوند.



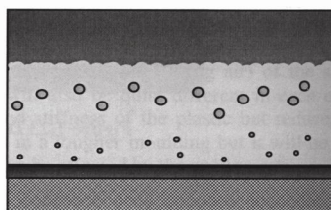
ب



الف



د



ج

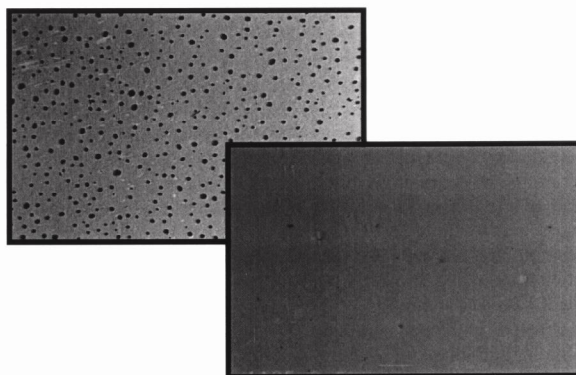
شکل ۱-۳: مراحل چرخه گرمایش در فرآیند قالب‌گیری دورانی

پارامترهای دما و زمان در چرخه‌های گرمایش و سرمایش اثرات مهمی بر کیفیت قطعه نهایی دارند. اگر دمای چرخه گرمایش کم یا زمان آن کوتاه باشد، پودرها فرصت کافی را برای تفجوشی^۱ و تثبیت^۲ نخواهند داشت و باقی ماندن حباب‌ها در دیواره قطعه موجب

^۱ - Sintering

^۲ - Consolidation

افت خواص فیزیکی و مکانیکی آن خواهد شد. گرمایش بیش از حد نیز به علت تخریب ساختار پلیمر نتایجی چون مقاومت به ضربه پایین، رنگ رفتگی و شکست زود هنگام قطعه را در عمر مفید خود در پی خواهد داشت.



شکل ۱-۴: قطعه قالب‌گیری شده حباب‌دار و بدون حباب

معمولاً زمان بهینه چرخه گرمایش در واحدهای تولیدی با روش سعی و خطا به دست می‌آید. یکی از روش‌های رایج جهت کنترل کیفیت محصول تولیدی تهیه برشی بسیار نازک از دیواره قطعه و بررسی وضعیت حباب‌ها بر روی آن است. مشاهده تعداد زیادی حباب بیانگر پخت ناقص قطعه است. اگر هیچ‌گونه حبابی نیز مشاهده نشود، دو حالت امکان‌پذیر است. حالت اول این است که پخت قطعه دقیقاً کامل و کیفیت مطلوب حاصل شده است. اما این احتمال نیز وجود دارد که قطعه بیش از حد تحت گرمایش قرار گرفته باشد. بنابراین اکثر تولیدکنندگان مدت زمان بهینه چرخه گرمایش را حالتی که مقدار بسیار کمی حباب در سطح داخلی قطعه در برش مورد نظر وجود دارد، در نظر می‌گیرند.

یکی از روش‌های دیگر جهت بررسی کیفیت قطعه، مشاهده و بوییدن سطح داخلی آن است. سطح داخلی یک قطعه با کیفیت مطلوب باید کاملاً صاف و هموار و به دور از هر گونه بویی غیر از بوی ذاتی پلیمر باشد.

اگر سطح داخلی قطعه دارای پودر یا موج و زبر باشد، چرخه گرمایش کامل و کیفیت مطلوب حاصل نشده است و اگر بسیار صیقلی و همراه با بوی نامطبوع و تند باشد، پخت قطعه بیش از حد بوده و تخریب پلیمر در اثر حضور گرما و اکسیژن رخ داده است.

در صورتی که زمان چرخه گرمایش بهینه و مناسب باشد، روش خنک‌کاری نیز اثر مهمی بر کیفیت قطعه نهایی خواهد گذاشت. در صنعت قالب‌گیری دورانی رخ دادن پدیده سرمایش از خارج قالب موجب ایجاد نرخ نامتوازن خنک‌کاری می‌گردد و این مساله احتمال ایجاد تابیدگی^۱ و اعوجاج^۲ را در قطعه افزایش می‌دهد.

خنک‌کاری آهسته (استفاده از جریان هوا) باعث افزایش استحکام و صلبیت و کاهش مقاومت ضربه و خنک‌کاری سریع (استفاده از جریان هوا به همراه پاشش آب) موجب چقرمگی بیشتر و صلبیت کمتر قطعه نهایی می‌گردد.

۱-۴- مزایای فرآیند قالب‌گیری دورانی

همان‌طور که اشاره شد از مهم‌ترین مزایای این فرآیند، امکان تولید قطعات بزرگ و کوچک فاقد خط‌جوش و یک‌پارچه و توخالی با شکل‌های بسیار پیچیده است. بسیاری از این شکل‌های پیچیده با هیچ‌کدام از فرآیندهای دیگر شکل‌دهی پلاستیک‌ها قابل تولید نیستند.

فشار پایین در این فرآیند بهره‌گیری از ماشین‌آلات و قالب‌های سبک و ساده را ممکن می‌سازد. زمان مورد نیاز جهت ساخت قالب‌ها نیز بسیار کوتاه‌تر از سایر فرآیندهاست. در مقایسه با سایر فرآیندها که نیازمند تامین فشار جهت انتقال سیال هستند، وجود فشار ضرورتی ندارد، بنابراین پلیمر تحت تنش کمتری قرار می‌گیرد. همچنین مقاومت ضربه و مقاومت شیمیایی بالا از مزایای دیگر قطعات تولید شده با این فرآیند هستند.

^۱-Warpage

^۲-Distortion

به دلیل دوران قالب حول دو محور در داخل کوره گردش هوای داغ و ایجاد لایه پلاستیک روی جداره داخلی قالب، قطعاتی با جداره نازک و حجم بالا در این فرآیند، قابل تولید هستند. کم بودن ضخامت جداره قطعه نیز سبب کاهش در میزان مصرف مواد پلاستیکی، کوتاه شدن زمان چرخه تولید و در نهایت کاهش قیمت تمام شده محصول می‌گردد.

تفجوشی در این روش ایجاد ضخامت‌های یکنواخت‌تری را در مقایسه با سایر روش‌های شکل‌دهی قطعات توخالی پلاستیکی ممکن می‌کند. همچنین این فرآیند برای تولید قطعات با اشکال متنوع یا اندازه‌های کوچک و بزرگ به صورت هم‌زمان و در یک چرخه تولید مناسب است.

امکان تعویض سریع قالب قابلیت تولید قطعات سفارشی را در کوتاه‌ترین زمان، برای تولیدکننده فراهم می‌کند. ضمناً از آنجایی که تنها جداره داخلی قالب در تماس با پلاستیک است، زمانی جهت تمیزکاری و یا تغییر مواد صرف نمی‌شود.

در فرآیند قالب‌گیری دورانی امکان تولید محصولات دولایه دو رنگ یا دو ماده‌ای بدون نیاز به چند قالب یا ماشین‌های پیچیده وجود دارد. به علاوه قطعات توخالی دولایه و چند لایه به صورت فوم‌دار یا بدون فوم در این روش به راحتی قابل تولید هستند.

از مزایای دیگر این فرآیند می‌توان به امکان تولید قطعات با اجزای تعبیه شونده^۱ از فلزات، پلاستیک‌ها، لاستیک‌ها یا چوب اشاره نمود.

ضمناً برخی از قطعات را می‌توان بدون زاویه شیب^۲ طراحی کرد در حالی که این مساله در فرآیندهای قالب بسته امکان‌پذیر نیست.

^۱-Insert

^۲-Draft angle

ماهیت توخالی این قطعات و جمع‌شوندگی پلیمر، جدایی قطعه از قالبی که با انواع زیربرش‌ها^۱ طراحی شده است را بدون استفاده از ابزارآلات پیچیده ممکن می‌سازد. ضمناً استفاده از اشکال گرافیکی پیچیده بر روی سطح محصول نهایی به راحتی در این فرآیند عملی است.

شکل ۱-۵ نمونه‌هایی از محصولات تولید شده با این فن‌آوری را که هر یک دارای کاربری خاصی هستند نشان می‌دهد.

همان‌طوری که در شکل نشان داده شده است، یکی از مهمترین مزایای این فرآیند، امکان تولید قطعات با تنوع بسیار از نظر پیچیدگی، وزن، حجم و کاربری است.

^۱-Undercut



شکل ۱-۵: انواع محصولات تولید شده با فرآیند قالب‌گیری دورانی

عدم وجود راهگاه^۱ و بوش تزریق^۲ مانند فرآیند قالب‌گیری تزریقی، عدم نیاز به برش‌کاری از یک ورق مانند فرآیند ترموفرمینگ و عدم نیاز به پلیسه‌گیری زیاد مانند فرآیند قالب‌گیری بادی، ضایعات را در این روش را به کمترین میزان ممکن رسانده، تقریباً عمده مواد مصرفی در تولید قطعه نهایی به کار می‌روند. قطعات تولید شده پس از مصرف نیز با کمترین افت در خواص فیزیکی، مجدداً قابل استفاده خواهند بود.

^۱ - Runner

^۲ - Sprue

۵-۱- محدودیت‌های فرآیند قالب‌گیری دورانی

مانند سایر فرآیندهای شکل‌دهی پلاستیک‌ها، این فرآیند نیز محدودیت‌هایی دارد. عدم وجود ماهیچه هنگام تولید قطعات توخالی و سرد و گرم شدن کل قالب همزمان با سرد و گرم شدن مواد پلاستیکی دو محدودیت عمده این فرآیند هستند. محدودیت اول موجب می‌شود که امکان کنترل ابعاد و جزییات تنها بر روی سطحی از قطعه که در مجاورت حفره قالب قرار دارد امکان‌پذیر باشد و محدودیت دوم موجب افزایش هزینه انرژی و طولانی شدن چرخه فرآیند می‌شود.

زمان گرمادهی طولانی و دمای بالای کوره در این فرآیند امکان تخریب گرمایی پلیمر را بیشتر می‌کند. این در حالی است که بعضی از مواد پلاستیکی توان تحمل دما و مدت گرمادهی بالا را ندارند. ضمناً چرخه طولانی تولید محصول در این فرآیند باعث شده است تا تعداد چرخه‌های تولید در واحد زمان نسبت به سایر فرآیندهای شکل‌گیری پلاستیک‌ها کمتر باشد. در حالی که در فرآیندهای دیگر از جمله قالب‌گیری تزریقی ممکن است محصولی در کمتر از چند ثانیه نیز تولید گردد. این عامل تاثیر مستقیم و مهمی بر بهره‌وری تولید و قیمت تمام شده محصول دارد.

محدودیت دیگر، حالت فیزیکی مواد است که باید مایع و یا به صورت پودرهای بسیار ریز باشند. این مساله نیز موجب افزایش قیمت مواد اولیه نسبت به سایر فرآیندها می‌شود.

از آنجا که جدا شدن قطعه در این فرآیند از قالب به واسطه جمع‌شوندگی خود قطعه است، دستیابی به سطوح صاف، بزرگ و دقیق و عاری از تابیدگی نسبتاً مشکل است. چسبیدن مواد پلاستیکی به قالب و تفجوشی آنها در طول چرخه گرمایش و جدا شدن قطعه از قالب در طول چرخه سرمایش الزام توجه به نحوه خروج قطعه از قالب را در طراحی و هنگام فرآیند دو چندان می‌کند.

۱-۶- تاریخچه

۱-۶-۱- تاریخچه جهانی

فرآیند قالب‌گیری دورانی در جهان قبل از اختراع مواد مصنوعی پلاستیکی به کار می‌رفته است. نخستین گواه شکل‌دهی قطعات توخالی، ثبت اختراع شماره ۱۳۰۱ توسط جی.آر.پیترز^۱ در انگلستان در سال ۱۸۵۵ میلادی است. این اختراع با عنوان تولید لوله‌های توپ و پوسته‌های توخالی فلزی به ثبت رسیده است.

ده سال بعد یعنی در سال ۱۸۶۵ میلادی ثبت اختراع شماره ۴۸۰۲۲ توسط تی‌جی لیوگراو^۲ در آمریکا در این خصوص ثبت شده است. مهم‌ترین مزیت این اختراع، دستیابی به ضخامت و دانسیته یکنواخت‌تر می‌باشد. در واقع می‌توان گفت قالب‌گیری دورانی به شکلی که امروز در جهان شناخته می‌شود، از این اختراع سرچشمه گرفته است. جالب است بدانیم که اختراع لیوگراو، سه سال قبل از اختراع نخستین پلاستیک مصنوعی (نیترات سلولز) توسط جان وس‌لی هیات^۳ ثبت شده است.

در ادامه فهرستی از تاریخچه نوآوری‌ها در تولید قطعات به روش قالب‌گیری دورانی آورده شده است.

^۱ - J.R.Peters

^۲ - T.G Lavegrove

^۳ - John.vesley.hyyat

جدول ۱-۱: مختصری از تاریخچه ثبت اختراعات در صنعت قالب‌گیری دورانی

تا پایان جنگ جهانی دوم

ردیف	نام اختراع	نام مخترع	سال (میلادی)	کشور/ شماره ثبت اختراع
۱	کاربرد گرما با چرخش دوار محوره برای تولید قطعات توخالی	جی.آر.پیترز	۱۸۵۵	انگلستان/ ۱۳۰۱
۲	تولید قطعات توخالی و کروی با ضخامت یکنواخت	تی.جی.لیوگراو	۱۸۶۵	آمریکا/ ۴۸۰۲۲
۳	تولید اشکال توخالی	اف.ای.ولک	۱۹۰۵	آمریکا/ ۸۰۳۷۹۹
۴	تولید تخم مرغ‌های شکلاتی توخالی	جی.اس.بیکر و جی.دبلیو.پرکز	۱۹۱۰	آمریکا/ ۹۴۷۴۰۵
۵	ماشین ساخت گچ شکسته‌بندی	آر.چی.پاول	۱۹۲۰	آمریکا / ۱۳۴۱۶۷۰
۶	ساخت اولین ماشین راک اند رول	اچ.بی.لاندا	۱۹۳۲	انگلستان/ ۱۸۷۵۰۳۱
۷	ماشین تولید توپ‌های لاستیکی	دبلیو.کای	۱۹۳۲	انگلستان- /
۸	قالب‌گیری دورانی دو محوره	-	۱۹۴۱	آمریکا/ ۱۹۹۸۸۹۷
۹	تدوین مبانی قالب‌گیری دورانی پی‌وی‌سی	جی.اچ.کلور و آر.تی.فیلدز	۱۹۴۱	آمریکا / ۲۲۶۵۲۲۷
۱۰	قالب‌گیری دورانی قطعات از پی‌وی‌سی مایع	سی.دلاکوست و وای.کورنیک	۱۹۴۸	ایتالیا / ۴۴۰۲۹۵
۱۱	گرمادهی دو مرحله‌ای پلاستیسول	آر.پی.مولیتر	۱۹۴۵	آمریکا / ۲۶۲۹۱۳۴

توسعه فرآیند قالب‌گیری دورانی پس از جنگ جهانی دوم و نقش آن به عنوان یک فرآیند شکل‌دهی مرسوم، موجب تمایل تولیدکنندگان ماشین‌آلات جهت ورود به این عرصه گردید. تا قبل از این زمان اکثر تولیدکنندگان قطعات، خود ساخت ماشین‌آلات را انجام می‌دادند. در دهه ۱۹۵۰ میلادی ساخت تجاری ماشین‌های قالب‌گیری دورانی مرسوم گردید به طوری که

در سال ۱۹۵۴ میلادی، هفت شرکت تولیدکننده ماشین‌آلات قالب‌گیری دورانی در آمریکا فعال بودند.

کارخانه ای. بی. بلو^۱ ماشین‌آلات مخصوص تولید قطعات با استفاده از قالب‌های چند حفره‌ای^۲ و کارخانه آکرون پرس فور^۳ ماشین‌آلات قالب‌گیری دورانی چند بازو را برای نخستین بار توسعه دادند و سرانجام در سال ۱۹۶۴ میلادی کارخانه مک نیل^۴ یک ماشین چند بازوی استاندارد را به بازار عرضه نمود.

ساخت نخستین نسل ماشین‌آلات پودرسازی با بازدهی بالا نیز در سال ۱۹۵۵ میلادی در آلمان توسط شرکت پالمن^۵ آغاز گردید. مزیت اصلی ماشین‌های ساخته شده توسط این کارخانه، توانایی تولید پودر از پلاستیک‌های دارای دمای نرم‌شوندگی پایین، بدون استفاده از عوامل خنک‌کننده بود. به مرور، تولیدکنندگان قالب‌ها نیز متوجه اهمیت بازار این صنعت گردیدند و تجهیزات الکتروفرمینگ را در سال ۱۹۴۶ میلادی به این عرصه وارد نمودند. بهره‌گیری از آلیاژ نیکل سولفامات در سال ۱۹۵۰ میلادی، امکان استفاده از مواد نرم‌تر و قوی‌تر جهت ساخت ابزارآلات و قالب‌ها به روش الکتروفرمینگ را میسر نمود.

ورود آلومینیوم به این عرصه در سال ۱۹۵۰ میلادی آغاز شد. به طوری‌که امروزه آلومینیوم ریخته‌گری شده به عنوان یکی از متداول‌ترین مواد اولیه جهت ساخت قالب‌ها در این صنعت به شمار می‌رود.

^۱ - E.B. blue

^۲ - Multi Cavity

^۳ - Akron Presfor

^۴ - Mc Neil

^۵ - Pallmann

پلی‌اتیلن با دانسیته پایین و متوسط که در اواسط دهه ۱۹۴۰ میلادی به بازار عرضه شد (پلی‌اتیلن سنگین در سال ۱۹۵۷ میلادی اختراع شد) منجر به تغییرات جدی در فرآیند قالب‌گیری دورانی گردید. از آن‌جا که انواع پلی‌اتیلن‌ها به شکل گرانول عرضه می‌شدند و این گرانول‌ها مناسب برای تفجوشی نبودند، روش پودرسازی با استفاده از برس‌های سیمی چرخان به‌کار گرفته شد و عروسک‌های میکی موس کمپانی دیزنی^۱ در سال ۱۹۵۳ میلادی از اولین محصولات پلی‌اتیلنی بودند که به روش قالب‌گیری دورانی تولید شدند. این روش تولید پودر چندان کارآمد نبود تا این‌که در سال ۱۹۵۵ میلادی آسیاب‌های شرکت پالمن به بازار وارد شدند. این آسیاب‌ها قابلیت تولید پودرهای ریز و یکنواخت از انواع پلاستیک‌ها با دمای نرم‌شوندگی پایین را داشتند. تولید پودر پلی‌اتیلن با مقاومت شیمیایی بالا و قیمت نسبی پایین، تحولی در تولید انواع مخازن ذخیره و حمل و نقل پلاستیکی به وجود آورد. تولید انبوه و تجاری پودر پلی‌اتیلن ویژه فرآیند قالب‌گیری دورانی در سال ۱۹۶۱ میلادی توسط شرکت صنایع شیمیایی ایالات متحده آغاز گردید.

در سال‌های اولیه، پلی‌اتیلن گرید تزریقی برای این فرآیند استفاده می‌شد. اما به زودی رقابت میان تامین‌کنندگان مواد اولیه جهت تولید گریدهای خاص این فرآیند شروع شد. با وجود این که پلی‌اتیلن برای تماس با بعضی از هیدروکربن‌های آروماتیکی مثل فوران و پیریدین و هیدروکربن‌های هالوژنه مانند آلکیل هالیدها و آریل هالیدها مناسب نبود، هم‌چنان بازار تولید مخازن کوچک و متوسط از آن، رو به گسترش بود. اما این ضعف پلی‌اتیلن، تفکری را در ذهن پژوهش‌گران پلیمر در خصوص رفع آن ایجاد کرد.

پلی‌کربنات نخستین ماده مورد استفاده در قالب‌گیری دورانی با شفافیت، مقاومت دمایی، مقاومت ضربه و استحکام بالا می‌باشد. این ماده در سال ۱۹۵۷ میلادی شناخته شد، اما تا سال ۱۹۶۸ میلادی به تولید تجاری و انبوه نرسید.

^۱ - Diseny

تا دهه ۱۹۶۰ میلادی، پلی‌اتیلن‌سنگین به عنوان ماده اولیه مخازن ذخیره سوخت در برخی از وسایل نقلیه مورد استفاده قرار می‌گرفت. اما هم‌چنان پژوهش‌ها جهت یافتن ماده‌ای با خواص بهتر ادامه داشت. تا این‌که در سال ۱۹۷۰ میلادی پلی‌اتیلن شبکه‌ای شده^۱ به منظور بهبود خواص شیمیایی، گرمایی و مقاومت ضربه در دمای پایین توسط شرکت شیمیایی فیلیپس^۲ به بازار عرضه گردید.

تا اواسط دهه ۱۹۷۰ میلادی به دلیل عدم توانایی تولید قطعات یکپارچه در سایر فرآیندهای شکل‌دهی پلاستیک‌ها، رونق در فرآیند قالب‌گیری دورانی همچنان ادامه داشت. اما پدیده ساخت قالب‌ها در این صنعت تقریباً ناشناخته بود و جنبه هنری آن به جنبه علمی برتری داشت و کمتر کنفرانسی برگزار و یا مقاله‌ای در این زمینه چاپ می‌گردید و تولیدکنندگان قالب‌ها عموماً با سعی و خطا در این حوزه پیش می‌رفتند تا این‌که در سال ۱۹۷۶ میلادی با تأسیس انجمن تولیدکنندگان قطعات قالب‌گیری دورانی^۳ در ایالات متحده آمریکا، جنبه‌های علمی و فنی این صنعت به شکل سازمان یافته‌تری دنبال گردید. این انجمن تجاری به سرعت به سازمانی جهانی با اعضای از شش کشور جهان تبدیل گردید و در حال حاضر با بیش از ۳۰۰ عضو در حال فعالیت می‌باشد. مجتمع پلاستیک طبرستان از سال ۲۰۱۱ میلادی تنها نماینده صنعت قالب‌گیری دورانی ایران در این انجمن است.

در سال ۱۹۷۹ میلادی با تأسیس مرکز تحقیقات قالب‌گیری دورانی در دانشگاه سلطنتی شهر بلفاست ایرلند شمالی^۴ توسط پروفیسور روی کرافورد^۵ تحول جدیدی در حوزه خلق

^۱ - XLPE

^۲ - Philips

^۳ - Association of rotational molders (ARM)

^۴ - Queen's university of Belfast

^۵ - R. Crawford

دانش در صنعت قالب‌گیری دورانی رخ داد. تحقیقات انجام گرفته در این دانشگاه سبب خلق فن‌آوری‌ها و مفاهیمی جدید در کنترل فرآیند قالب‌گیری دورانی شد و دانش‌آموختگان آن، منشا ایجاد تحولات مهمی در این صنعت در سراسر دنیا گردیدند.

دهه ۱۹۸۰ میلادی دهه تغییرات شگرف در صنعت قالب‌گیری دورانی بود. از مهم‌ترین وقایع این دهه، معرفی پلی‌اتیلن خطی با دانسیته پایین توسط کمپانی دوپونت^۱ در آمریکا بود. این ماده به سرعت به رایج‌ترین ماده در فرآیند قالب‌گیری دورانی تبدیل شد. شرکت روتوترون^۲ نیز در سال ۱۹۷۵ میلادی پلی‌پروپیلن ویژه قالب‌گیری دورانی را به بازار عرضه نمود. اما مقاومت ضربه این پلیمر بسیار پایین بود. پس از آن کارخانه‌های اکواستار^۳ و شولمن^۴ در اوایل دهه ۱۹۸۰ میلادی تحقیقات گسترده‌ای را بر روی پلی‌پروپیلن انجام دادند و در نهایت در سال ۱۹۹۵ میلادی موفق شدند گریدهای تجاری با خواص مطلوب از پلی‌پروپیلن ویژه قالب‌گیری دورانی را به بازار عرضه کنند.

در ابتدای قرن ۲۱ تحولات شگرفی در زمینه سیستم‌های کنترل این فرآیند رخ داد. اختراع دستگاه اندازه‌گیری دمای هوای داخل قالب^۵ و نصب آن بر روی ماشین‌های قالب‌گیری دورانی کمک قابل توجهی به تولیدکنندگان در جهت تشخیص زمان بهینه پخت و بهبود کیفیت محصولات نموده است.

^۱ - Du.Pont

^۲ - Rotottron

^۳ - Equistar

^۴ - Schulman

^۵ - Templogger

۱-۶-۲- تاریخچه صنعت قالب‌گیری دورانی در ایران

در دهه ۱۳۵۰ خورشیدی، همگام با رشد و توسعه صنایع در ایران، نیازمندی بازار ایران به برخی از محصولات در حوزه فن‌آوری قالب‌گیری دورانی احساس شد. بازرگانان و تولیدکنندگان فراورده‌های شیمیایی به فراخور کسب و کاری که در آن فعالیت داشتند، نیازمند به مخازن و ظروفی جهت ذخیره‌سازی و حمل و نقل این فرآورده‌ها و مواد بودند. بنابراین در سال ۱۳۵۳ با سرمایه‌گذاری بخش خصوصی نخستین شرکت فعال در صنعت قالب‌گیری دورانی ایران با نام «ایران سیپاکس» تاسیس گردید. ماشین‌آلات و تجهیزات خط تولید به همراه دانش فنی تولید محصولات و ساخت قالب‌ها، از یک شرکت نروژی به نام «باکلیت فابریکن» به ایران وارد شد و اولین خط تولید محصولات به روش قالب‌گیری دورانی پس از سه سال از تاسیس شرکت یعنی در سال ۱۳۵۶، با ظرفیت تولید حدود ۳۰۰ تن در سال در شهرستان ساری در شمال ایران به بهره‌برداری رسید.

از آنجایی‌که این واحد با هدف تامین نیازمندی‌های صنعت در ایران راه‌اندازی شده بود، محصولات آن عمدتاً شامل مخازن پلی‌اتیلنی جهت نگهداری فرآورده‌های شیمیایی و وان‌های مورد استفاده در صنایعی هم‌چون آبکاری فلزات بودند. مواد اولیه مورد نیاز این صنعت نیز به دلیل عدم توسعه صنایع پتروشیمی در ایران محدود به چند گرید تجاری پلی‌اتیلن بود که از کشورهای اروپایی به ایران وارد می‌شدند.

با وقوع انقلاب اسلامی ایران در سال ۱۳۵۷، این شرکت تحت پوشش بانک صنعت و معدن قرار گرفت و به فعالیت خود ادامه داد. تا ابتدای دهه ۱۳۷۰ تغییرات عمده‌ای در این فن‌آوری در ایران رخ نداد و با وجود علاقه‌مندی شدید بازار تنها همان یک خط تولید صنعت قالب‌گیری دورانی در ایران فعال بود. تا اینکه نخستین جرقه توسعه این فن‌آوری در ایران در سال ۱۳۷۱، زده شد. در آن سال نخستین ماشین قالب‌گیری دورانی با سیستم گرمایی الکتریکی، توسط مدیر عامل فعلی مجتمع پلاستیک طبرستان، آقای مهندس محمدعلی گلستانی، در ایران ساخته شد.

راه‌اندازی خط تولید دوم این صنعت در ایران، تحرک عجیبی را در بازار ایجاد کرد و توجه سرمایه‌گذاران را به این فن‌آوری جلب نمود.

انگیزه کاهش قیمت تمام شده به منظور افزایش رقابت‌پذیری محصولات این صنعت، موجب ایجاد تفکر و نگرشی در ذهن نخستین ماشین‌ساز صنعت قالب‌گیری دورانی در ایران گردید. این نگرش در سال ۱۳۷۳ منجر به طراحی و ساخت نخستین ماشین قالب‌گیری دورانی با سیستم گرمایی سوخت فسیلی در ایران گردید. این رویداد به سبب ارزانی و فراوانی سوخت فسیلی در ایران، سرآغاز تحولی بزرگ در صنعت قالب‌گیری دورانی شد و به رشد و توسعه آن شتاب بیشتری بخشید. در همین دهه با توسعه صنایع پتروشیمی در ایران، پلی‌اتیلن ویژه صنعت قالب‌گیری دورانی در بازار ایران عرضه گردید.

از اواسط دهه ۱۳۷۰ و با افزایش دانش تولیدکنندگان این صنعت در ایران به واسطه ارتباط با واحدهای تولیدی و مراکز پژوهشی خارجی، سایر محصولات قابل تولید با فن‌آوری قالب‌گیری دورانی رفته‌رفته وارد چرخه تولید شدند. به خصوص آشنایی با مخازن ذخیره آب پلی‌اتیلنی که تا پیش از آن در سایر نقاط دنیا با استقبال چشمگیر بازار خانگی و ساختمانی مواجه شده بودند، در ایران نیز به دلیل کمبود آب آشامیدنی، پتانسیل تولید بالایی در بازار این صنعت ایجاد نمود. به علاوه تجربه خوب مصرف‌کنندگان مخازن پلی‌اتیلنی آب و مقایسه آن‌ها با مخازن فلزی که پیش از آن در این بازار رایج بودند، حجم مصرف محصولات صنعت قالب‌گیری دورانی را بسیار بالا برد.

به این ترتیب از اواخر دهه ۱۳۷۰، رفته‌رفته تعداد شرکت‌های تولیدکننده محصولات قالب‌گیری دورانی در ایران فزونی یافت.

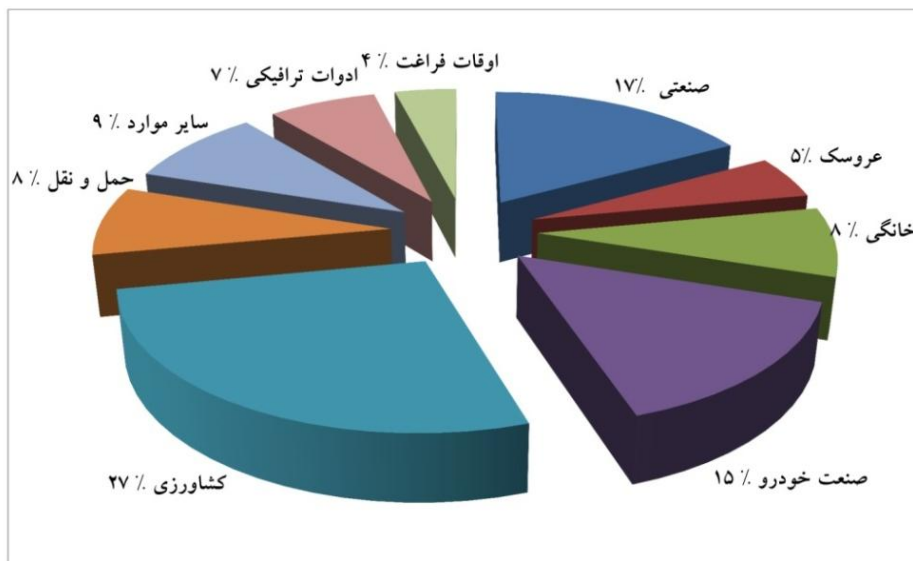
در دهه ۱۳۸۰ توسعه در حوزه ماشین‌آلات این صنعت بیشتر مورد توجه تولیدکنندگان قرار گرفت. پژوهش‌های صورت گرفته در واحد تحقیق و توسعه مجتمع پلاستیک طبرستان موجب پیدایش ایده‌ای در خصوص طراحی و ساخت نخستین ماشین قالب‌گیری دورانی اتوماتیک در ایران شد. این پروژه در سال ۱۳۸۷ از فاز تحقیقاتی وارد فاز عملیاتی شد و در

سال ۱۳۸۸ نخستین ماشین قالب‌گیری دورانی پلاستیک‌ها با سیستم کنترل اتوماتیک و کوره متحرک توسط کادر مهندسی این شرکت در ایران ساخته شد و به بهره‌برداری رسید و به عنوان نخستین اختراع در حوزه ساخت ماشین‌آلات صنعت قالب‌گیری دورانی با شماره ۶۸۶۱۹ در اداره کل ثبت شرکت و مالکیت صنعتی ایران به ثبت رسید.

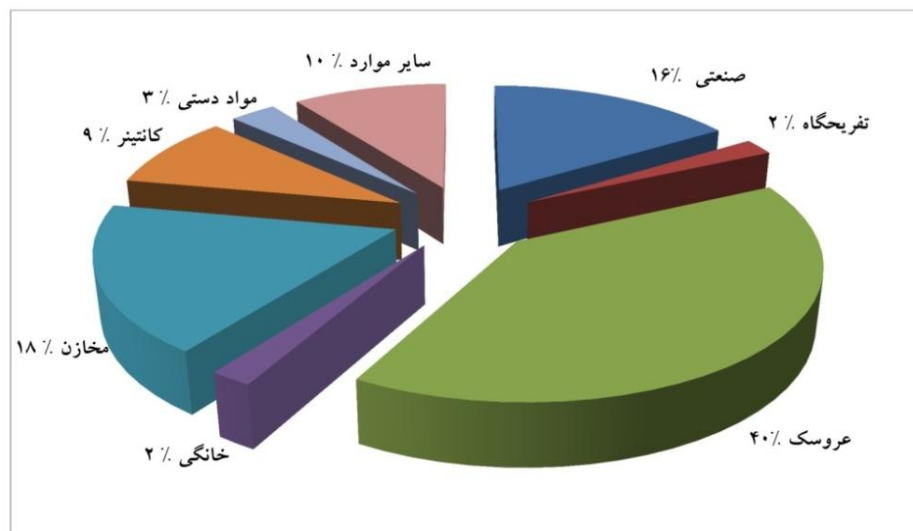
در سال ۱۳۸۹ نیز پلی‌اتیلن شبکه‌ای شده در مجتمع پلاستیک طبرستان در خط تولید قرار گرفت و با شماره ۶۸۷۵۸ به عنوان نخستین اختراع در حوزه تولید محصولات فن‌آوری قالب‌گیری دورانی در ایران ثبت شد. امروزه ظرفیت تولید کل شرکت‌های ایرانی فعال در این صنعت به بیش از ۲۰۰۰۰ تن در سال می‌رسد.

۱-۷- روند کسب و کار در صنعت قالب‌گیری دورانی

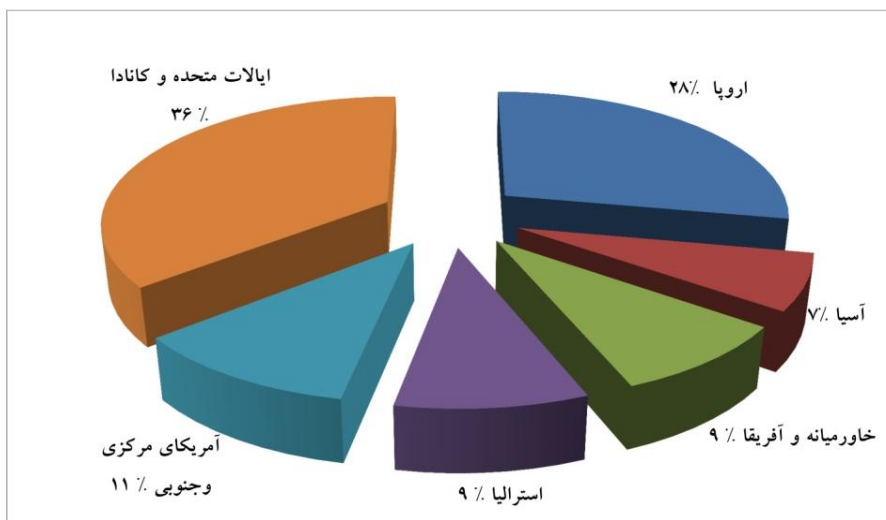
تخمین حجم بازار مصرف در صنعت قالب‌گیری دورانی به علت تعدد وجود شرکت‌هایی در مقیاس کوچک بسیار مشکل است. اما آنچه مسلم است تعداد این شرکت‌ها در مقایسه با فرآیندهای قالب‌گیری تزریقی و اکستروژن بسیار محدودتر است. بنابراین خلاء انجام یک پژوهش علمی و سیستماتیک در حوزه بازار مصرف محصولات صنعت قالب‌گیری دورانی در بسیاری از نقاط دنیا از جمله ایران به چشم می‌خورد. اما آنچه مسلم است این صنعت در اکثر نقاط دنیا در حال گسترش و توسعه است. تنها مطالعات قابل استناد در این حوزه تحقیقاتی است که در اواخر دهه ۱۹۹۰ میلادی در دانشگاه سلطنتی بلفاست ایرلند شمالی انجام شده که نتایج آنها در شکل‌های زیر نشان داده شده است.



شکل ۱-۶: توزیع بازار مصرف صنعت قالب‌گیری دورانی در اروپا



شکل ۱-۷: توزیع بازار مصرف صنعت قالب‌گیری دورانی در آمریکای شمالی



شکل ۸-۱: درصد تولیدکنندگان صنعت قالب‌گیری دورانی در مناطق مختلف دنیا