

## یک مدل سه بعدی CAD برای سیستم طراحی قالب تزریق به کمک دانش بنیانی

### چکیده

این مقاله ساختار اصلی یک سیستم تعاملی و دانش‌بنیان سیستم طراحی قالب تزریق را ارائه می‌کند (IKB-MOULD). مبنای این سیستم از تحلیل فرایند طراحی قالب تزریق برای شرکت های طراحی قالب، گرفته شده است. این سیستم طراحی قالب تزریق هر دو مورد فرایند طراحی و مدیریت دانش قالب را پوشش می‌دهد. IKB-MOULD فرایند طراحی هوشمندانه و مدیریت دانش را با بسیاری از ابزارهای تعاملی توسعه یافته در محیط یک نرم‌افزار تجاری مدل‌سازی ماده جامد، ادغام می‌کند.

**کلیدواژه‌ها:** طراحی قالب تزریق، دانش بنیانی، ارائه هدف قالب تزریق.

### 1. مقدمه

در سال های اخیر، صنایع تولید محصولات پلاستیکی به شدت رشد کرده است. ریخته‌گری تزریقی، یک فرایند ریخته‌گری مشهور برای تولید قطعات پلاستیکی است. طراحی قالب تزریق، برای کیفیت محصول و فرایند تولید مؤثر، بسیار مهم است. شرکت‌های سازنده قالب که مایل به حفظ نهایت رقابت هستند، بوسیله‌ی خودکار کردن فرایند طراحی، خواهان کاهش زمان لازم برای طراحی و تولید، هستند. بنابراین توسعه‌ی یک سیستم کامپیوتری طراحی قالب تزریق (CAIMDS)، مورد توجه تحقیقات صنعتی و دانشگاهی قرار گرفته است.

اخيراً مقالات چاپ شده نشان می دهد که تحقیق درباره‌ی طراحی خودکار قالب، بر روی اجزای منحصر بفرد فرایند ریخته گری متمرکز است. برای مثال اونگ و همکاران [1] و راوی [2] تحقیقات خود را بر روی سیستم تغذیه انجام دادند. وانگ و همکاران [3] بر روی سیستم خروجی متمرکز بودند. سایر محققین نیز تحقیقات خود را برای طراحی کلی انجام داده اند. اکثر تحقیقات انجام شده بر روی طراحی کلی سیستم قالب تزریق را می توان به دو دسته تقسیم بندی کرد: (آ) طرح های کاربردی، مفهومی و اولیه قالب؛ و (ب) الگوریتم هایی برای تولید خودکار قالب.

اصولاً طرح های کاربردی، مفهومی و اولیه قالب تزریق به طراحی پیش-قالب اعمال می شوند. چنین طرح هایی شامل انتخاب یک شالوده مناسب برای قالب، سازماندهی طرح حفره‌ها، طراحی تزریق کننده و طراحی ورودی، می شوند. هدف از این کار، سازگاری با تعداد زیادی ایده محصول های مختلف و نیازمندی های خاص آن ها می باشد. بریتین و همکاران [4] با مدل کاربردی-محیطی-رفتاری-ساختاری<sup>1</sup> (FEBS)، طرح قالب تزریق را از یک دیدگاه کاربردی نشان داد. این مطالعه گسترده‌ی وسیعی از جایگزین های طراحی را پرورش داد. کوستا و یونگ [5] برای استفاده مجدد از اطلاعات طراحی در طراحی های مختلف، یک مدل محدوده ای از محصول (PRM) ارائه کردند. ساختار کلی یک PRM با توجه به توابع طراحی مرتبط با مجموعه ای از راه حل های طراحی و اثرات متقابل بین راه حل های بلقوه و پیوندهای دانش، تعریف می شود. یی و همکاران [6] یک راهکار برای طراحی اولیه خودکار معرفی کردند که این روش با استفاده از الگوریتم هایی تعداد حفره ها را حساب کرده و به طور خودکار آن ها را طراحی می کند. طرح اولیه قالب تزریق مستلزم دانش تجربی گسترده‌ای از ساختار و توابع اجزای قالب می باشد. بنابراین بسیاری از محققین یک راهکار دانش بنیان اتخاذ می کنند. بسیاری از سیستم های دانش بنیان (KBSs) برای توصیه انتخاب مواد پلاستیکی، گرفتن ویژگی‌های طراحی اجزای قالب تزریق، تحلیل قابلیت ریخته گری، خودکار سازی فرایند طراحی قالب و توسعه‌ی طراحی قالب برای تولید، توسعه داده شده اند. GERES (نیلسن [7]، PLASSEX (آگروال و وسودوان [8]، EIMPLAN-1 (چین و وونگ [9]، CADFEED (اونگ و همکاران [10]، ICAD (سینکیوگرانا [11]، IKMOULD (موک و همکاران [12] و KBS دانشگاه درکسل

<sup>1</sup> Function-Environment-Behaviour-Structure

(تسنگ و همکاران [13])، مثال هایی از اینگونه سیستم ها می باشند. اگرچه این سیستم های دانش بنیان تنها جنبه های خاصی از طرح کلی را در نظر می گیرند.

مانند تولید خودکار یک قالب تزریق، تعدادی از کارهای تحقیقاتی نظری برای تعیین جهت جدایش، خط جدایش، صفحه جدایش، ویژگی های زیر برش و تولید هسته/حفره، انجام شده اند. راوی و اسرینیواسان [14] نه قانون ارائه کردند که مهندس طراح قالب می تواند از آن ها برای توسعه ی یک خط جدایش مناسب در محصول، استفاده کند. این قوانین مساحت، صافی، کشش، شیب، زیربرش، ثبات ابعادی، پلیسه، صفحات ماشین کاری و استحکام جهتی را طرح ریزی می کنند. هوی و تان [15] برای شکل دهی حفره و هسته، روش رفت و برگشتی را پیشنهاد کرده اند. حفره و هسته در چند مرحله تولید می شوند. رفت و برگشت قطعه قالب در جهت کششی، باعث تولید یک ماده جامد می شود. هنگامی که یک انتهای ماده جامد جاروب شده از اولین بلوک قالب کاسته می شود، انتهای دیگر از قطعه قالب کم می شود. نتایج مراحل بالا به همراه قطعه برای به ایجاد حفره و هسته در محل بسته شده، کاسته می شوند. شین و لی [16] یک روش توسعه حفره و هسته را پیشنهاد می کنند، بنابراین با استفاده از این روش، هسته های جانبی و هسته متناظر و صفحات حفره را می توان تولید کرد. این روش شامل سه مرحله می شود. طراح خط جدایش که قطعه را به دو گروه از نماها تقسیم می کند، طراحی تعیین می کند. هر گروه دارای صفحات جدایش است که به آن متصل شده است. سپس نماهای خارجی به هر گروه نما اضافه می شود. شین همچنین بیان کرد که یک قالب علاوه بر حفره، هسته و هسته های جانبی، می تواند از قطعات زیادی تشکیل شود. هوی [17] قابلیت ریخته گری یک قالب تزریق را بر مبنای تحلی یک زیربرش خارجی و داخلی تنها برای اجسام چندوجهی، مطالعه می کرد. برای تعیین جهت جدایش اصلی مفهوم یک محصور کننده<sup>1</sup> ارائه شده و یک تکنیک فرعی برای محاسبه ی هندسه یک زیربرش توسعه داده شده است. چن و همکاران [18] مفهوم نقشه های برای جیب ها را برای تعیین جهت جدایش، معرفی کرده است. این روش برای زیربرش های داخلی به حساب نمی آید. فو و همکاران [19] و نی و همکاران [20] یک تقسیم بندی جدید از زیربرش ها را با توجه به حلقه های خارجی و داخلی یک قطعه ریخته

---

<sup>1</sup> blockage

گری شده ارائه کرده اند. سپس جهت جدایش بر مبنای معیار جهت جدایش پیشنهادی با در نظر گرفتن جهت ها، موقعیت، تعداد و حجم ویژگی های زیربرش، محاسبه می شود. فو و همکاران [21] یک راهکار برای تولید صفحه‌ی جدایش با بیرون کشیدن<sup>1</sup> لبه های خط جدایش و ایجاد بلوک حفره/هسته با استفاده از عملیات متفاوت منظم شده‌ی بولی<sup>2</sup> (BRDO) پیشنهاد کرده اند. یک روش که خطوط و صفحات جدایش غیر هم‌سطح را تولید می کند، توسط نی و همکاران [22] ارائه شده است. وونگ و همکاران [23] یک روش برای تعیین صفحه برش در محصولات با شکل پیچیده پیشنهاد کرده‌اند. روش آن های از یک الگوریتم که محصول را برش می دهد، استفاده می کند. خط و صفحات جدایشی که با این روش شکل داده می شوند، مسطح هستند.

در این تحقیق، طراحی خودکار قالب انجام می پذیرد. با این حال، برخی روش ها ممکن است نظری باشند و طراحی قالب می تواند دارای محصولی با هندسه پیچیده باشد. اکثر فعالیت های توسعه قالب مستلزم یک سطح بالایی از مهارت، گستره‌ی وسیعی از تخصص و دانش می باشد. با توجه به اینکه توسعه خودکار قالب بسیار فراتر از تکنولوژی امروز است، ارائه قوانین یا دستورالعمل های هوشمندانه‌ای که از تناقض بین طراحی و قیود طراحی جلوگیری می کنند، بسیار منطقی تر به نظر می رسد. این قوانین همچنین ابزارهای تعاملی در محیط دقیق طراحی قالب ارائه می کنند. این مقاله یک سیستم طراحی قالب تزریق دانش-بنیان و تعاملی ارائه می کند. این سیستم طرح اولیه قالب و طرح جزئی قالب را بوسیله‌ی اساس دانش و نرم افزار CAD/CAM تجاری و تعاملی، ادغام می کند.

بخش بعدی این مقاله یک تحلیل از فرایند طراحی قالب تزریق را از نقطه نظر طراحی قالب، تشریح می کند. بخش بعد از آن، ساختار اصلی IKB-MOULD ما برای طراحی قالب تزریق را معرفی می کند. سپس یک مورد مطالعه این طرح قالب تزریق برای یک محصول پلاستیکی در IKB-MOULD ارائه شده است. نتیجه گیری و کار آینده در بخش آخر قرار داده شده است.

---

<sup>1</sup> extruding

<sup>2</sup> Boolean regularised difference operation

## 2. تحلیل و تجزیه نیازمندی‌های فرایند طراحی قالب تزریق

یک طراحی قالب تزریق از دو بخش تشکیل شده است: طراحی اولیه و طراحی جزئی. طراحی اولیه از تصمیمات گرفته شده در مرحله اول طراحی قالب تشکیل شده است، تصمیماتی از جمله نوع پیکربندی قالب، تعداد حفره‌ها، نوع تزریق کننده، نوع ورودی و نوع شالوده قالب. طراحی جزئی از مواردی همچون طرح ورودی (حفره/هسته)، طرح خروجی سیستم، طراحی اجزای تخلیه و خنک ساز، تحلیل مونتاژ و نقشه نهایی تشکیل می شود.

برای توسعه یک CAIMDS خوب، یک تحلیل از «آن‌ها چه دارند» و «آن‌ها چه می‌خواهند» باید انجام گیرد. آن‌ها چه دارند:

- نیازهای مشتریان از محصول. این مورد شامل جزئیات نیازهای هندسی و ابعادی از محصول می شود.  
- یک کتابخانه‌ی طراحی قالب موجود. این کتابخانه شامل استاندارد یا قطعات طراحی شده گذشته و طراحی مونتاژ قالب می باشد، برای مثال پایه قالب (نیمه‌ی ثابت شده و نیمه‌ی متحرک) و جیب (نیمه‌ی ثابت شده و نیمه‌ی متحرک).

- یک دانش تخصصی در طراحی قالب تزریق. دانش تخصصی از هر دو مورد طراحی های اولیه و جزئی برای قالب تزریق به طور کلی از طراحان قالب باتجربه به دست می آید. چنین دانش هایی شامل انتخاب ماده، پیشنهاد انقباض، پیشنهاد طرح حفره و سایر موارد می باشد.

آن‌ها چه می‌خواهند:

- یک محیط طراحی قالب هوشمندانه و تعاملی. طراحی قالب عموماً از یک سری راهکارهای طراحی تشکیل شده است. این روش‌ها نیازمند ایجاد قطعات ریخته شده خاص و مونتاژ قطعات موجود، می باشد. یک محیط طراحی قالب نباید به طور کامل خودکار باشد، به خصوص برای محصولات پیچیده با زیربرش های فراوان. یک محیط هوشمند و تعاملی گزینه‌ی مناسبی برای ادغام برخی الگوریتم های خودکار، دانش اکتشافی و تعامل تجربه‌ی طراحان قالب، می باشد.

- مدیریت طرح های قطعات/مونتاژهای استاندارد/گذشته (قطعات محصول-مستقل). جدای از هسته و حفره، یک قالب تزریق دارای بخش های دیگر بسیاری است که در ساختار و هندسه شکل مشابه هستند و می توان از آن ها در طراحی های قالب استفاده کرد. این بخش ها از محصولات قالب پلاستیکی مستقل هستند. این بخش ها اکثراً اجزای استاندارد هستند که در طرح های مختلف قالب و مجموعه قالب مجدداً مورد استفاده قرار گیرند.

- ابزارهای کاربردی (شامل طراحی جسم جامد و محاسبات تحلیلی) در طراحی هسته و حفره (قطعات محصول-مستقل). شکل های هندسی و ابعاد سیستم هسته و حفره مستقیماً محصول ریخته گری به دست می آیند. تمام اجزای این گونه سیستم ها وابسته به محصول هستند. همچنین این بخش ها اجزای بحرانی در طراحی قالب به حساب می آیند. نیازنندی های هندسی آن ها ممکن است پیچیده باشد. بنابراین توسعه برخی ابزار های برای طراحی هسته و حفره بر مبنای اتوماسیون و تعامل جزئی، می تواند مفید واقع شود.

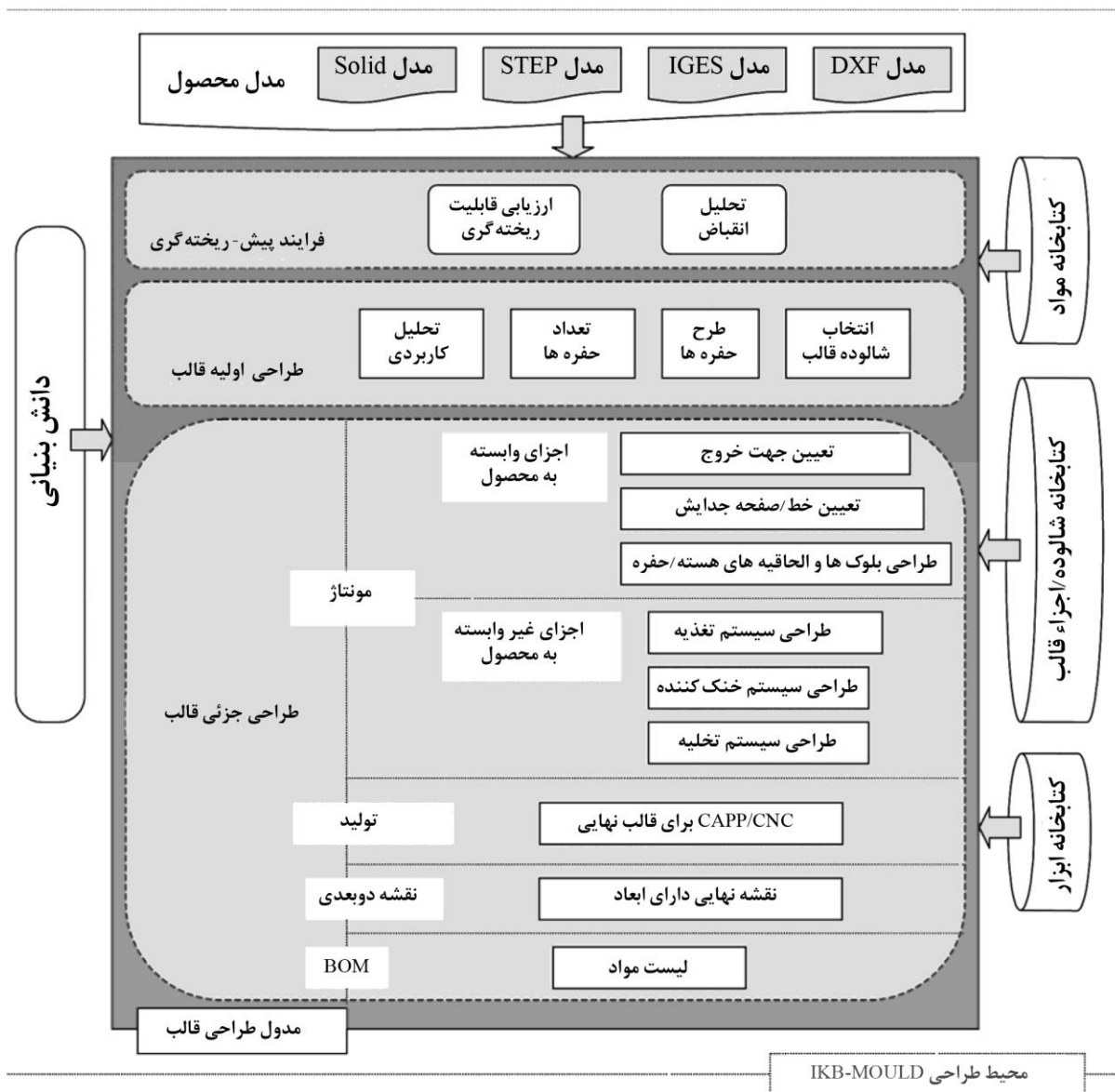
- طراحی برای مونتاژ. در سیستم های تجاری CAD/CAM، قالب ها به عنوان یک هندسه کامل و مدل جسم جامد هم رده ارائه می شوند. این مدل شامل نماها، گوشه ها و رئوس در یک فضای سه بعدی (D3) اقلیدسی می شود. چنین مواردی برای نمایش بصری و وظایف محاسبات فشرده هندسی مانند تحلیل ها و شبیه سازی های مهندسی، مناسب هستند. اگرچه این شکل طراحی برای وظایفی که نیاز به تصمیم گیری در اطلاعات سطح بالا از هویت های هندسی محصول و ارتباطات آن ها دارند، مناسب نیستند. طراحان قالب ک طراحی برای محیط مونتاژ را به جای یک محیط مدل جسم جامد ساده، ترجیح می دهند. این نظریه همچنین در کار یی و همکاران ارائه شده است [24].

- یک طراحی برای تولید. یک چرخه توسعه کامل از طراحی قالب تزریق می تواند از طرح قالب و فرایند تولید قالب تشکیل شده باشد. برای ادغام CAD/CAM به داخل طراحی قالب، ویژگی های تولید قالب باید برای ماشین های NC خاص، خلاصه و تحلیل شوند. برای اینکه طرح نهایی قالب را بتوان تولید کرد، هر دو مورد برنامه ی فرایند و کد NC باید به طور خودکار تولید شوند.

- یک طراحی برای نقشه مهندسی. برای بسیاری از شرکت ها، طراحی قالب باید به صورت یک نقشه مهندسی به همراه جزئیات ابعادی، ارائه شود. ابزارهای CAD/CAM که قادر به تولید خودکار اینگونه نقشه های مهندسی از طرح نهایی قالب تزریق هستند، کارآمد خواهند بود.

براساس تحلیل هایی که در بالا صورت پذیرفت، تمرکز تحقیق ما بر روی تکنیک های «آن ها چه دارند» و «آن ها چه می خواهند» می باشد.

ارائه «آن ها چه می خواهند» در واقع ارائه ی دانش و هدف قالب تزریق می باشد. توسعه ی «آن ها چه می خواهند» به معنی ادغام ارائه با ابزارهای هوشمند و تعاملی برای طراحی قالب تزریق در یک محیط طراحی کامل، می باشد. بنابراین یک IKB-MOULD برای طراحان قالب جهت درک دو نیاز گفته شده، پیشنهاد شده است.



شکل-1 ساختار IKB-MOULD

### IKB-MOULD 3

IKB-MOULD استفاده از مبحث دانش بنیان و ابزارهای شیء گرا را بوسیله ی نرم افزار تجاری مدل سازی جسم جامد برای به دست آوردن کارکرد آن، ترکیب می کند. IKB-MOULD ارائه شده در این مقاله با قطعات پلاستیکی برای ریخته‌گری شروع شده و با تولید یک سیستم قالب کامل همراه با نقشه‌ی جزئی متناسب، پایان می یابد.



شکل-1 نشان دهنده ی ساختار اصلی فرایند طراحی قالب تزریق در IKB-MOULD می باشد. IKB-MOULD از موارد زیر تشکیل شده است: یک رابط مدل محصول، یک مدول طراحی قالب، یک کتابخانه ی دانش بنیان و کتابخانه های دیگر.

### 3.1 رابط مدل محصول

مدل محصول ورودی فرایند طراحی IKB-MOULD می باشد. این مدل می تواند یک مدل یک جسم جامد، تبادل هندسی استاندارد و یا یک مدل صفحه ای یا وایر-فریم، باشد. سیستم IKB-MOULD شامل یک رابط مدل محصول جهت دریافت یک مدل جامد که در نرم افزارهای مختلفی ساخته شده اند، می شود. این رابط می تواند به طور مستقیم مدل محصولات تولید شده در نرم افزارهای طراحی جامد<sup>1</sup> را بارگذاری می کند. اگر محصول در یک سیستم CAD ساخته شده باشد که متفاوت با نرم افزارهای طراحی جامد است، محصول باید به فرمت های STEP، IGES و DXF تبدیل شود.

### 3.2 مدول طراحی قالب

فرایند طراحی قالب تزریق از مدول طراحی قالب در IKB-MOULD فرایند پیش-قالب<sup>2</sup>، طراحی اولیه قالب و طراحی جزئی را پوشش می دهد.

#### 3.2.1 فرایند پیش-قالب

قابلیت ریخته گری محصول، در این فرایند پیش-قالب محاسبه می شود. برخی موارد که باید مورد توجه قرار گیرند، عبارت اند از: انبساط حرارتی ماده، جهت سیلان پلاستیک و زاویه شیب محصول. این سیستم برای تعریف انقباض مدل محصول، علاوه بر استفاده از تجربیات طراحان قالب، از کتابخانه مواد نیز استفاده می کند. این کتابخانه مواد

<sup>1</sup> SolidDesigner

<sup>2</sup> pre-moulding

یک پایگاه داده مواد است که اطلاعاتی همچون وسیکوزیته، حساسیت دمایی و درجات مختلف انقباض مواد را در خود نگه می دارد. براساس مواد عمومی مورد استفاده، سیستم IKB-MOULD نرخ انقباض ماده را از کتابخانه مواد استخراج می کند. هنگامیکه انقباض ماده به دست آمد، مدل محصول برای اضافه کردن تأثیر انقباضی که در حین عملیات ریخته گری رخ می دهد، از نو ساخته می شود

### 3.2.2 طرح اولیه قالب

خصوصیات قالب بوسیله‌ی مرحله اولیه طراحی قالب تزریق انجام می پذیرد. نیازمندی های اجزای پلاستیکی، در این مرحله مشخص می شوند. تصمیمات اتخاذ شده در این مرحله شامل یک تحلیل کاربردی، تعداد حفره ها، طرح حفره‌ها و نوع پیکره‌ی قالب می شود. طرح اولیه یک نقش مهم در طراحی قالب ایفا می کند. هنگامی که مرحله طرح اولیه تکمیل شد، ساختار قالب به دست می آید. چنین طرحی معمولاً به عنوان راهنمایی برای اقتباس قالب، تنظیم شالوده قالب و طرح جزئی قالب، محسوب می شود.

- تعیین تعداد حفره ها. برای محاسبه تعداد حفره ها می توان از یک فرمول تجربی که شامل عوامل مختلفی می‌شود، استفاده کرد. این عوامل شامل مهلت تحویل، کمترین هزینه، نیازمندی های کیفی دقت محصول یا داده های فنی ماشین از جمله حداکثر ظرفیت ضربه و نیروی گیره (منگس [25]) می شوند. پی و همکاران [26] تعداد حفره ها را بر مبنای سه عامل مشخص کردند: اطلاعات فنی ماشین، کمترین هزینه و تاریخ تحویل.

معمولاً طراحان قالب، برحسب تجربه خود و محاسبات تجربی پیشنهادی با توجه به عوامل مختلف، تعداد حفره ها را مشخص می کنند.

- تعیین طرح حفره. معمولاً طرح حفره ی یک قالب تزریق شامل الگوی طرح و جهت هر حفره در قالب می شود. الگوی طرح به تعداد حفره ها بستگی دارد. یک الگوی طرح متعادل معمولاً برای چندین حفره، مثلاً دو-حفره، چهار-حفره و هشت-حفره، استفاده می شود. جهت حفره ها متأثر از مکان و جهت ورودی سیستم می باشد. به بیان دیگر، جهت حفره و موقعیت ورودی باید با یکدیگر متعادل باشند.

- تعیین شالوده قالب. برای تعیین کوچکترین اندازه شالوده قالب، می توان از سطح کاری حفره در طول جهت خروجی استفاده کرد. IKB-MOULD دارای یک کتابخانه شالوده قالب می باشد که بسیاری از استانداردهای شالوده قالب را ذخیره کرده است.

قوانین طراحی و دانش تخصصی در فرایند طراحی اولیه به صورت دانش اکتشافی، در IKB-MOULD ثبت شده است. پس از طرح اولیه، می توان مشخصات قالب را تولید کرد.

### 3.2.3 طرح جزئی قالب

در طرح جزئی قالب، IKB-MOULD برای سه کاربرد مختلف و مفید جهت استفاده در شرکت های طراحی قالب، توسعه داده شده است: طراحی برای مونتاژ، طراحی برای نقشه دو بعدی و طراحی برای BOM.

1) طراحی برای مونتاژ. یک قالب تزریق، یک مونتاژ مکانیکی متشکل از اجزای مستقل از محصول و اجزای وابسته به محصول می باشد. طراحی اجزای وابسته به محصول بر مبنای هندسه به دست آمده از محصول پلاستیکی، صورت می گیرد. این استخراج ابعادی را می توان با ادغام چند الگوریتم خودکار و دانش تخصصی، به دست آورد. طراحی اجزای مستقل از محصول براساس تجربه طراح و اطلاعات کاتالوگ، انجام می پذیرد. در طراحی جزئی قالب تزریق، ممکن است وظایف مربوطه با بسیاری از المان های طراحی اهداف قالب تزریق، مرتبط باشند. بنابراین طرح نهایی و جزئی قالب را می توان به عنوان یک طراحی متشکل از اهداف قالب تزریق، در نظر گرفت. اهداف قالب تزریق و طراحی جزئی قالب تزریق در بخش بعدی توضیح داده شده اند. بر مبنای توضیحات ارائه شده، یک درخت مونتاژ به صورت خودکار تولید شده و در حین طراحی قالب اصلاح می شود.

2) طراحی برای تولید. این مدول، اساساً برای CAP/CNC طرح نهایی قالب، می باشد. در برنامه ریزی فرایند، آماده سازی فرایند برای تولید قالب طراحی شده، یک کار پیچیده و نیازمند دانش تولید می باشد. باید با استفاده از طرح نهایی قالب، ویژگی های تولید را استخراج کرد و بر مبنای دانش ذخیره شده در بنیان دانش، یک فرایند آماده شده مرتبط، تولید کردند. علاوه بر آن، از یک کتابخانه ابزار برای ماشین های NC خاص جهت ایجاد خودکار

کدهای NC فرایند تولید، استفاده می شود. طرح جزئی مدول تولید در IKB-MOULD، در این مقاله ارائه نشده است.

3) طراحی برای نقشه دوبعدی. با کمک از یک رابط برنامه نویسی کاربردی<sup>1</sup> (API)، که توسط نرم افزار تجاری مدل سازی جسم جامد ارائه شده است، از یک مدل جسم جامد می توان اکثر نقشه های دوبعدی قطعات را می توان استخراج کرد. برخی ابزارهای هوشمند برای تولید جزئیات ابعادی، نیاز به توسعه دارند.

4) طراحی برای لیست مواد<sup>2</sup> (BOM). مشابه با طراحی برای مونتاژ در طراحی جزئی قالب، تمام خواص اجزاء قالب تزریق طراحی شده را می توان پیش بینی نمود. یک ابزار برای تولید خودکار BOM توسعه داده شده است.

### 3.3 دانش بنیانی و کتابخانه ها

#### 3.3.1 ارائه دانش

دانش مورد نیاز برای طراحی قالب تزریق، از تجربیات و رساله ها به دست می آید. هر مدول فرایند طراحی قالب نیاز به یک پشتوانه ی دانش بنیانی دارد. دانش مورد استفاده در توسعه قالب را می توان به صورت قوانین طراحی ارائه کرد: اگر (شرایط) سپس (راه حل های طراحی).

برخی قوانین طراحی مورد استفاده در IKB-MOULD که برای تعیین ابعاد پین خارج کننده با استفاده از هر دو مقوله ی کتابخانه کاتالوگ و تجربیات طراحی، در ادامه ارائه شده است:

<sup>1</sup> application-programming-interface

<sup>2</sup> bill of material

نوع پین خارج کننده دایره‌ای مستقیم است      اگر      قانون 1

و       $1 \text{ mm} =$  سایز پین خارج کننده

سپس       $3 \text{ mm} =$  قطر سر پین خارج کننده

$4 \text{ mm} =$  قطر سر پین خارج کننده

نوع پین خارج کننده پله ای است      اگر      قانون 2

و       $0/4 \text{ mm} =$  سایز پین خارج کننده

سپس       $2 \text{ mm} =$  قطر سر پین خارج کننده

$4 \text{ mm} =$  ضخامت سر پین خارج کننده

$0/5 \text{ mm} =$  قطر پله پین خارج کننده

$20 \text{ mm} =$  طول پله پین خارج کننده

نوع پین خارج کننده چهارضلعی است      اگر      قانون 3

و       $1/8 * 3 \text{ mm} =$  سایز پین خارج کننده

سپس       $15 \text{ mm} =$  قطر سر پین خارج کننده

$4 \text{ mm} =$  ضخامت سر پین خارج کننده

$10 \text{ mm} =$  قطر پله پین خارج کننده

$20 \text{ mm} =$  طول پله پین خارج کننده

شالوده قالب = صحیح اگر قانون 4

الحاق هسته = صحیح و

= طول پین خارج کننده سپس

(مختصات Z نقطه خروجی محصول در هسته)

(مختصات Z خارج کننده ورق پشتی شالوده) -

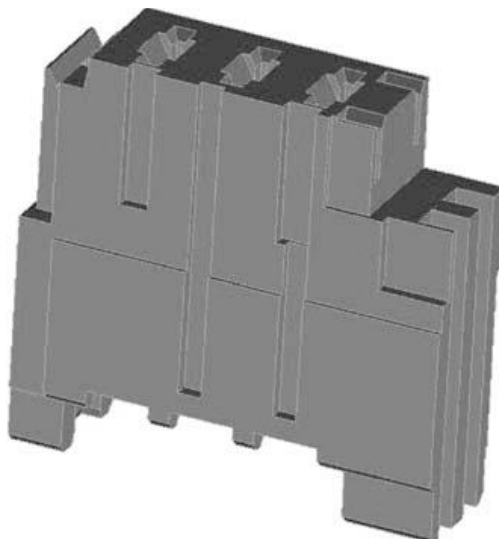
در IKB-MOULD، قوانین دانش در گروه هایی که با وظایف طراحی همراه هستند، ذخیره شده اند. بسیاری از وظایف طراحی قالب در مدول طراحی قالب در شکل-1 نشان داده شده است. برای پیاده سازی وظایف، برخی از اهداف قالب تزریق باید با استفاده از دانش بنیانی، تعیین شوند. برای مثال، وظیفه طراحی سیستم تغذیه در طرح جزئی قالب را در نظر بگیرید. برخی از اهداف قالب تزریق از جمله اجراگر و ورودی ها باید تعریف شوند. طرح جزئی اجراگر که دارای یک مجموعه راه حل های طراحی می باشد را می توان اضافه کرد؛ برای مثال، نوع اجراگر می تواند دایره ای و یا دوزنقه ای باشد.

### 3.2.3 کتابخانه

همچنین IKB-MOULD دارای کتابخانه های کاربردی است که مدول طراحی قالب تزریق را پشتیبانی می کنند. سه مدل کتابخانه شامل کتابخانه مواد، کتابخانه شالوده قالب/اجزاء و کتابخانه ابزار، می باشند. کتابخانه مواد جزئیات خواص مواد و نرخ انقباض 38 ماده مختلف را ذخیره کرده است. کتابخانه شالوده قالب/اجزاء، شامل تمام استانداردهای شالوده های قالب و دیگر اجزاء مورد استفاده در طراحی جزئی قالب، می شود. به طور کلی کتابخانه ابزار برای تولید خودکار کدهای NC ذخیره اطلاعات ابزاری از جمله نرخ و سرعت تغذیه، مورد استفاده قرار می گیرد. تمام کتابخانه ها برای رفع نیازهای کاربر می توانند گسترش یابند.

#### 4. یک مطالعه موردی

تا کنون در بخش های گذشته، مدول های طراحی جزئی قالب ارائه شد. در IKB-MOULD، پیاده سازی این مدول ها در یک محیط تجاری مدل سازی جسم جامد سه بعدی (طراح جامد)، تحقق بخشیده است. محیط طراح جامد شامل یک API کاربر پسند می باشد. با استفاده از این API، یک محیط هوشمند و تعاملی برای طراحی قالب تزریق توسعه داده شده است. منوها، کلید ابزارها، دیالوگ ها و دستورات بسیار کاربردی در این محیط وجود دارد. شکل-2 یک محصول پلاستیکی را نشان می دهد. به کمک ابزارهای هوشمند و تعاملی در IKB-MOULD، یک قالب تزریق برای ریخته گری این قطعه پلاستیکی طراحی شده است.



شکل-2 محصول پلاستیکی.

خصوصیات قالب در طی طراحی اولیه قالب انجام می شود. شکل-3 نشان دهنده ی خصوصیات قالب این محصول می باشد. ماده مورد استفاده زنیت<sup>1</sup> می باشد. با استفاده از کتابخانه مواد، برای بازسازی مدل محصول جهت احتساب انقباضی که در حین عملیات ریخته گری رخ می دهد، نرخ انقباض نسبی در سه راستا، پیشنهاد شده است. سایر اطلاعات قالب از جمله شالوده قالب، تعداد حفره ها، ابعاد قالب و غیره را می توان در خصوصیات قالب پیدا کرد.

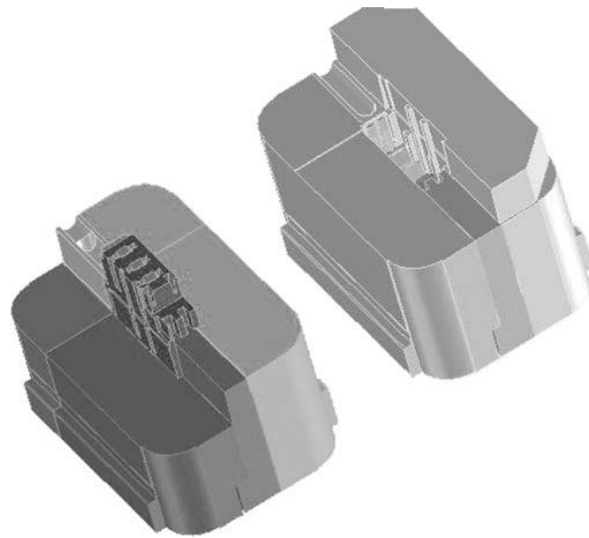
<sup>1</sup>Zenite

Mould specification		Reference	L X1
		Approval	L 1
To: Manager		From: K, K, Lee	
Product design			
Part	ABA640		
Description	Connector		
Material	Zn16		
Weight	0.00 g		
Mould design			
Mould	ABA640		
Size	470 x 780		
Mould number	BABA40		
Cavity	1	Tonnage	25
Cycle	5	(cycle/sect)	5
Part			
Flow shrinkage	1.0400		
Gross flow shrinkage	1.0000		
Z-Axis flow shrinkage	1.0400		
Comments			
Prepared / Date	K, K, Lee	4 Jan 2002	
Approved / Date	L, H, Lim	10 Jan 2002	

شکل-3 خصوصیات قالب.

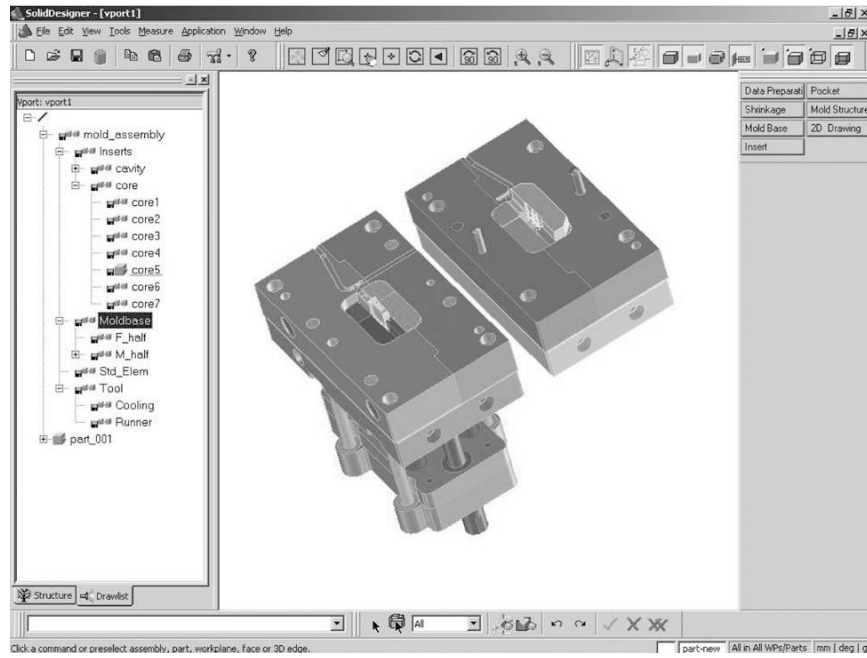
طرح بحرانی در یک قالب تزریق، در الحاقیه هسته/حفره قرار گرفته است. به دلیل ساختار پیچیده برخی محصولات، برای حفره و هسته الحاقیه های بسیاری موجود است. شکل-4، طرح الحاقیه هسته و حفره را نشان می دهد. طرح الحاقیه های هسته به همراه محصول در سمت چپ و طرح الحاقیه حفره در سمت راست شکل-4 نشان داده شده اند.



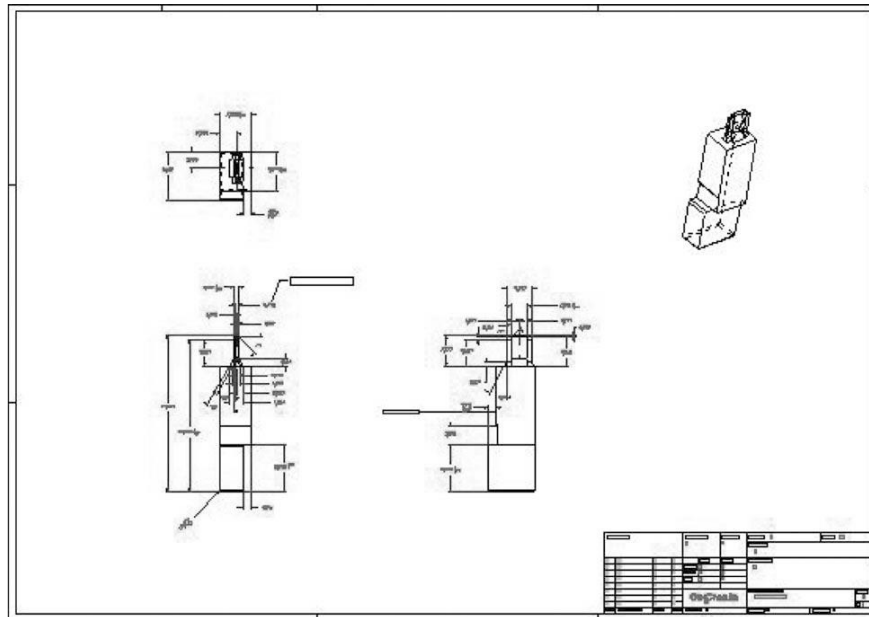


شکل-4 الحاقیه های هسته و حفره.

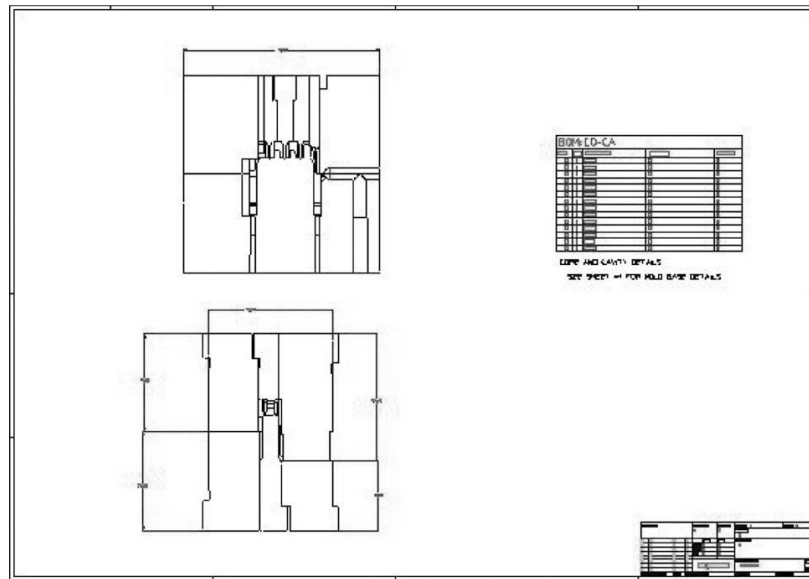
شکل-5 طرح نهایی قالب را در کل محیط IKB-MOULD نشان می دهد. پنجره سمت چپ نشان دهندهی درخت مونتاژ طرح قالب تزریق می باشد. این درخت مونتاژ، شالوده قالب، الحاقیه ها (الحاقیه های هسته و حفره)، ابزارها (شامل سیستم تغذیه و خنک کننده) اجزای استاندارد (شامل پین های خارج کننده)، را لیست می کند. درخت مونتاژ از ارتباط اجزای قالب تزریق، بر مبنای ارائه اجزاء پیشنهادی، تولید می شود. کل قالب را می توان به صورت یکجا و یا به صورت قطعه ای از هر جزء موجود در درخت قالب تزریق، با انتخاب کلید نمای قابل مشاهده، نشان داد. در حال حاضر، طرح نهایی شالوده متحرک قالب تزریق در محیط IKB-MOULD نشان داده شده است. پنجره میانی شکل-5 الحاقیه های منطبق بر استاندارد ورق نیمه متحرک شالوده قالب را نشان می دهد. طرح الحاقیه های حفره با نیمه ثابت شالوده قالب منطبق شده اند. این کار برای توسعه ابزارهای مفید بسیاری که از طرح قالب تزریق، نقشه مهندسی دوبعدی تولید می کنند و مورد استفاده در IKB-MOULD، انجام شده است. شکل-6 طرح نهایی دوبعدی یکی از الحاقیه های هسته را نشان می دهد. شکل-7 نشان دهنده نقشه دوبعدی مونتاژ طرح قالب با استفاده از BOM می باشد. تمامی نقشه های دوبعدی قالب تزریق را می توان بر مبنای طرح سه بعدی قالب در IKB-MOULD، تولید کرد.



شكل 5- محيط IKB-MOULD



شكل 6- نقشه دوبعدى الحاقية.



شکل-7 نقشه دوبعدی مونتاژ.

## 5. نتیجه گیری و کارهای آینده

این مقاله یک سیستم طراحی قالب تزریق هوشمند و تعاملی را معرفی می کند. بر اساس تحلیل فرایند طراحی قالب تزریق، باید طراحی قالب و ادغام یک محیط هوشمند و تعاملی انجام پذیرد تا یک سیستم طراحی قالب تزریق بهتر ارائه گردد. براین اساس یک سیستم IKB-MOULD توسعه داده شده است. IKB-MOULD دانش ارائه شده را با بسیاری از ابزارهای توسعه یافته را در محیط یک برنامه تجاری مدل سازی جسم جامد، ادغام می کند. چنین نرم افزاری می تواند فرایند طراحی قالب را سرعت بخشیده و به استانداردسازی طراحی کمک کند.

نسخه حاضر IKB-MOULD برای طراحی قالب تزریق، از حالت طراحی برای مونتاژ، پشتیبانی می کند. این نسخه تنها طراحی قالب تزریق سه بعدی را ارائه می کند و دارای چند اتوماسیون برای تولید نقشه های دوبعدی می باشد. برای ادغام CAD/CAM، کارهای آینده بر روی ویژگی طراحی برای تولید، تمرکز خواهند داشت. به بیان دیگر، کد NC طرح نهایی قالب تزریق باید به صورت خودکار تولید شود.

## References

1. Ong SK, Prombanpong S, Lee KS (1995). An object-oriented approach to computer-aided design of a plastic injection mould. J Intellig Manufact 6:1-10
2. Ravi B (1997) Intelligent design of gating channels for casting. Mater Sci Technol 13:785-790

3. Wang Z, Lee KS, Fuh JYH et al. (1996) Optimum ejector system design for plastic injection moulds. *Int J Comput Appl Technol* 9(4):211–218
4. Britton GA, Tor SB, La YC et al. (2001) Modelling functional design information for injection mould design. *Int J Prod Res* 39(12):2501–2515
5. Costa CA, Young RIM (2001) Product range models supporting design knowledge reuse. In: *Proceedings of the IMECHE, Part B: J Engin Manufact* 215(3):323–337
6. Ye XG, Lee KS, Fuh JYH et al. (2001) Automatic initial design of injection mould. *Int J Mater Prod Technol* 16(6–7):592–604
7. Nielsen EH, Dixon JR, Simmons MK (1986) GERES: A knowledge based material selection program for injection molded resins. *Comput Engin ASME* 1:255–261
8. Agrawal D, Vasudevan PT (1993) PLASSEX: an expert system for plastic selection. *Adv Polym Technol* 12(4):419–428
9. Chin KS, Wong TN (1996) Knowledge-based evaluation for the conceptual design development of injection moulding parts. *Engin Appl Art Intellig* 9(4):359–376
10. Ong SK, Prombanpong S, Lee KS (1995) An object-oriented approach to computer-aided design of a plastic injection mould. *J Intellig Manufact* 6:1–10
11. Cinquegrana DA (1990) Knowledge-based injection mould design automation. Dissertation, University of Lowell
12. Mok CK, Chin KS, Ho JKL (2001) An interactive knowledgebased CAD system for mould design in injection moulding processes. *Int J Adv Manufact Technol* 17(1):27–38
13. Tseng AA, Kaplan JD, Arinze OB et al. (1990) Knowledgebased mold design for injection molding processing. In: *Proceedings of the 5th International Symposium on Intelligent Control, Philadelphia, PA, September 1990*
14. Ravi B, Srinivasan MN (1990) Decision criteria for computeraided parting surface design. *Comput Aid Des* 22:11–18
15. Hui KC, Tan ST (1992) Mould design with sweep operations—a heuristic search approach. *Comput Aid Des* 24(2):81–91
16. Shin KH, Lee K (1993) Design of side cores of the injection moulds from automatic detection of interference faces. *J Des Manufact* 3:225–236
17. Hui KC (1997) Geometric aspects of the mouldability of parts. *Comput Aid Des* 29(3):197–208
18. Chen LL, Chou Sy, Woo TC (1993) Parting directions for mould and die design. *Comput Aid Des* 25(12):762–768
19. Fu MW, Fuh JYH, Nee AYC (1999) Undercut feature recognition in an injection mould design system. *Comput Aid Des* 31:777–790
20. Nee AYC, Fu MW, Fuh JYH et al. (1997) Determination of optimal parting direction in plastic injection mould design. *Annal CIRP* 46(1):429–432
21. Fu MW, Fuh JYH, Nee AYC (2001) Core and cavity generation method in injection mould design. *Int J Prod Res* 39(1):121–138
22. Nee AYC, Fu MW, Fuh JYH et al. (1998) Automatic determination of 3-D parting lines and surfaces in plastic injection mould design. *Annal CIRP* 47(1):95–98
23. Wong T, Tan ST, Sze WS (1998) Parting line formation by slicing a 3D model. *Engin Comput* 14:330–343
24. Ye XG, Fuh JY, Lee KS (2000) Automated assembly modelling for plastic injection moulds. *Int J Adv Manufact Technol* 16(10):739–747
25. Menges G (1986) *How to make injection moulds*. Hanser, Leipzig
26. Ye XG, Lee KS, Fuh JYH et al. (2001), Automatic initial design of injection mould. *Int J Mater Prod Technol* 16(6–7):592–604