تعیین چیدمان بهینه عملیات برش در قالب‌های مرحله‌ای به کمک الگوریتم ژنتیک

مهرداد کازرونی[1] و قاسم اعظمی‌راد[2]

چکیده: در طول انجام مراحل پرسکاری در قالب مرحله‌ای برش، موقعیت مرکز فشار قالب، اثر مهمی در بالانس بودن عملیات پرسکاری دارد. اگر مرکز فشار قالب مرحله‌ای در محل مناسبی قرار نگیرد، دور لبه برش پلیسه پیدا می‌کند و همچنین با اعمال سایش شدیدتر باعث کاهش عمر قالب خواهد شد. در این تحقیق مدل محاسباتی و الگوریتمی ارائه می‌شود که غیرمتعادل بودن گشتاور را در قالب تا حد امکان بهبود بخشد. برای انجام چنین کاری به صورت خودکار، باید مرحله شناسایی قطعه نیز به صورت خودکار انجام گیرد. نرم‌افزار ارائه شده ابتدا قطعه ورقی را با ساختار استاندارد موجود به صورت خودکار شناسایی می‌کند، سپس با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهترین چیدمان برش را به منظور کاهش گشتاور اعمالی به قالب مشخص می‌نماید. هدف از این کار کاهش زمان مصرفی برای تنظیم مرکز فشار در قالب‌های مرحله‌ای برش می‌باشد. این نرم‌افزار در محیط Microsoft Visual Basic .NET 2003 تهیه شده است.

کلمات کلیدی: شناسایی خودکار قطعات ورقی، تعیین چیدمان بهینه برش، الگوریتم ژنتیک

۱- مقدمه

طراحی قالب مرحله‌ای خم و برش شامل تعداد زیادی متغیر می‌باشد. در طول این پروسه تعیین محل مرکز فشار قالب در روی کفشک بالا یک موضوع بسیار مهم برای مطالعه و ارزیابی می‌باشد. برای تعادل گشتاور چپ و راست موجود در قالب باید مرکز فشار و خط مرکزی دستگاه قالب بر روی یکدیگر قرار گیرند، در غیر این صورت در میز ماشین گشتاوری به وجود می‌آید که سبب خارج از مرکز شدن عملیات خم و برش در قالب می‌شود. این موضوع همچنین باعث غیرمتقارن شدن لقی و سایش قالب و در نتیجه تسریع در امر کند شدن لبه‌های سنبه می‌گردد.

لین در سال ۱۹۹۶ از یک سیستم خبره برای طراحی قالب مرحله‌ای برش استفاده کرد، که در آن الگوریتم بهینه‌سازی چیدمان ورق معرفی شده است [۳]. وی همچنین در مقاله‌ای دیگر از قوانین فازی برای بهینه‌کردن ترتیب برش استفاده نمود. این راه‌حل طراح را کمک می‌کند تا با تغییر در اجزای قوانین فازی به حالت‌های طراحی مختلف و مستدل دست یابد [۴]. وی همچنین در سال ۱۹۹۹ با استفاده از الگوریتم ژنتیک، سیستمی را ارائه کرد که چیدمان خم و برش را در قالب‌های مرحله‌ای بهینه می‌کند. البته در این سیستم معرفی قطعه باید به صورت دستی انجام گیرد [۵].

در این تحقیق نرم‌افزاری تهیه شده است که قادر است اشکال هندسی برش‌های داخلی و بریدگی‌های خارجی قطعه را با ساختار استاندارد STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data) به طور کاملاً خودکار شناسایی کند و اطلاعات اجزای آن را در آرایه‌هایی مشخص ذخیره نماید. پس از آن، حالت‌های مختلف چیدمان برش برای برش‌های داخلی و خارجی در نظر گرفته می‌شود و مقدار گشتاور اعمالی حاصل از آن‌ها به قالب محاسبه شده و کمترین مقدار آن به عنوان بهترین چیدمان معرفی می‌گردد. در صورتی که تعداد برش‌ها زیاد باشد- با توجه به این که بررسی تمام حالات چیدمان زمان‌بر می‌باشد- نرم‌افزار با استفاده از الگوریتم ژنتیک ترتیب بهینه برش را با توجه به کمترین مقدار گشتاور به دست می‌آورد.

تاریخ دریافت مقاله ۸۸/۱۰/۲۵ تاریخ تصویب نهایی ۸۸/۶/۲۳

[1] **استادیار،** دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، (نویسنده مسئول)، پست الکترونیکی: kazerooni@kntu.ac.ir

[2] **دانشجوی کارشناسی ارشد،** مهندسی مکانیک (ساخت و تولید)، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی

Archive of SID
www.SID.ir

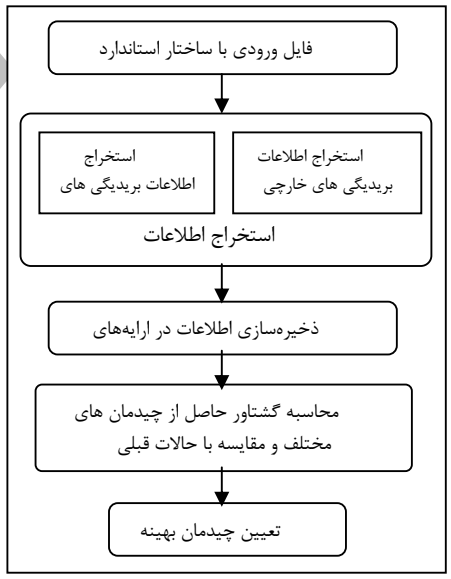
۲– شناسایی خودکار اشکال هندسی قطعه

در قسمت شناسایی اشکال هندسی، ابتدا باید اطلاعات تک‌تک اشکال هندسی استخراج شده، سپس ارتباط بین اشکال هندسی قطعه با آنالیز اطلاعات موجود به دست آید. در شکل (۱) الگوریتم کلی استخراج اطلاعات هندسی نشان داده شده است.

۲–۱ شناسایی و استخراج اطلاعات سطوح قطعه

هر سطح، از یک مدار بسته خارجی و تعدادی مدار بسته داخلی تشکیل شده است. هر کدام از مدارهای داخلی و خارجی به نوبه خود ترکیبی از چندین خط یا کمان می‌باشند. اطلاعات سطوح به صورت زیر در بانک اطلاعات ذخیره می‌شوند:

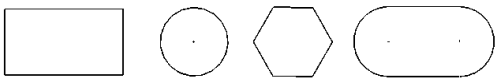
صفحه: (مدار خارجی، مدار داخلی (۱)، مدار داخلی (۲)، ...، مدار داخلی (n))



شکل ۱ الگوریتم کلی استخراج اطلاعات و مشاوره طراحی

۲–۲ استخراج اطلاعات برش‌های داخلی

نرم افزار ارائه شده قادر است برش‌های داخلی را با مقاطع دایره، مستطیل، چندضلعی منتظم و D دو طرفه که متداول‌ترین سوراخ‌ها در تولید قطعات فلزی هستند، مورد بررسی قرار دهد. اگر سوراخ واقع بر روی قطعه، جزء هیچ یک از این موارد نباشد، توسط نرم‌افزار به عنوان سوراخ مخصوص شناخته می‌شود. شکل (۲) این اشکال را نشان می‌دهد.



شکل۲ انواع سوراخ‌های داخلی قابل تشخیص توسط سیستم

جزئیات شناسایی هر یک از این اشکال استاندارد در زیر آمده است.

۲–۲–۱ دایره

مراحل تشخیص دایره عبارتند از: الف) مدار دارای دو لبه است. ب) هر دو لبه سوراخ، دایره‌ای می‌باشند. ج) مرکز دو دایره یکسان است. سپس قطر دایره، مختصات مرکز دایره و بردار نرمال سطح آن شناسایی و ذخیره می‌شود.

۲–۲–۲ مستطیل

مراحل تشخیص مستطیل عبارتند از: الف) مدار باید ۴ لبه داشته باشد. ب) تمامی لبه‌ها خط مستقیم باشند. ج) ضرب نقطه‌ای تمام لبه‌های مجاور باید صفر باشد. پس از تشخیص، طول، عرض و مختصات مرکز مستطیل استخراج می‌شود.

۲–۲–۳ چند ضلعی منتظم

مراحل شناسایی چندضلعی منتظم عبارتند از: الف) تمام لبه‌ها باید خط باشد. ب) طول اضلاع با هم برابر باشند. ج) زاویه بین هر دو ضلع مجاور برابر با ۳۶۰ تقسیم بر تعداد اضلاع باشد. پس از تشخیص چند ضلعی منتظم، اطلاعات زیر از آن استخراج می‌شود: الف) مختصات مرکز، ب) تعداد اضلاع، ج) طول هر ضلع

۲–۲–۴ D دوطرفه

تشخیص این نوع سوراخ به طور خودکار نیاز به دقت بالایی داشته و موارد بیشتری را در بر می‌گیرد. مراحل تشخیص عبارتند از: الف) مدار باید چهار لبه داشته باشد. ب) از چهار لبه دو لبه خط مستقیم و دو لبه دایره‌ای باشند. ج) ترتیب قرارگرفتن لبه‌های مستقیم و دایره‌ای باید یک در میان

www.SID.ir
Archive of SID

باشد. د) دو لبه مستقیم باید با یکدیگر موازی باشند. هـ) زاویه دو کمان برابر ۱۸۰ درجه باشد. این نوع سوراخ دارای کاربرد فراوانی در تولید قطعات ورقی است. پس از شناسایی طول، عرض و مرکز، شکل ذخیره می‌گردد.

۲-۳ استخراج اطلاعات بریدگی‌های خارجی

بریدگی‌های خارجی اشکال ناشی از دوربری‌های خارجی قطعه می‌باشند، که متداول‌ترین آن‌ها در صنعت عبارتند از: الف) بریدگی V شکل، ب) بریدگی U شکل. این بریدگی‌ها در شکل (۳) آمده است.

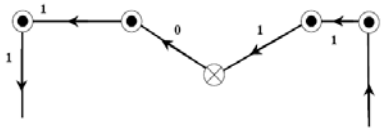
شکل ۳ بریدگی‌های معمول در قطعات ورقی

برای تشخیص هر یک از این بریدگی‌ها به ترتیب باید مراحل زیر طی شود.

- تعیین تقعر وتحدب لبه‌ها
- الگوریتم شناسایی اشکال
- الگوریتم استخراج اطلاعات

۲-۳-۱روش تعیین تقعر و تحدب لبه‌ها

وجود بریدگی‌ها در خارجی‌ترین مدار محیط بر یک قطعه ورق سبب می‌شود، برخی از رئوس محدب (برآمده) و برخی دیگر مقعر (تورفته) باشند. با این توضیح اگر رأس متصل کننده دو لبه مقعر باشد، آنگاه مقدار صفر به لبه دوم از جفت لبه‌های در برگرفته راس موردنظر داده می‌شود. در مقابل اگر راس محدب باشد، مقدار یک به لبه دوم داده می‌شود [۱]. لازم به ذکر است مداری که از تمامی لبه‌ها و رئوس خارجی یک طرح می‌گذرد حرکتی در خلاف جهت عقربه‌های ساعت دارد. شکل (۴) این روش را نشان می‌دهد.



شکل۴ مقادیر منتسب به لبه‌ها براساس روش تقعر وتحدب [۱]

۲-۳-۲ بریدگی V شکل

مراحل تشخیص این بریدگی عبارتند از: الف) تقعر و تحدب لبه‌ها باید به صورت (۱-۰-۱) باشد. ب) تمامی لبه‌ها باید خط مستقیم باشند. از این بریدگی، مختصات سه نقطه برش V، عرض بریدگی و عمق بریدگی ذخیره می‌گردد.

شکل ۵ بریدگی V شکل [۱]

۲-۳-۳ بریدگی U شکل

مراحل تشخیص دقیقاً مانند حالت قبل است. با این تفاوت که مقادیر تقعر و تحدب لبه‌ها به صورت (۱-۰-۰-۱) می‌باشد. از این بریدگی، مختصات چهار نقطه برش U، عرض بریدگی و عمق بریدگی ذخیره می‌گردد.

۳- تعادل قالب

در طول انجام مراحل پرسکاری در قالب مرحله‌ای برش، موقعیت مرکز فشار قالب اثر مهمی در بالانس‌بودن عملیات پرسکاری دارد. اگر قالب مرحله‌ای مرکزنبودن مرکز فشار را تحمل کند، مساحت دور لبه برش پلیسه پیدا می‌کند و همچنین با اعمال سایش شدیدتر باعث کاهش عمر قالب خواهد شد. در این تحقیق مدل محاسباتی و الگوریتمی ارائه می‌شود که غیر متعادل بودن گشتاور در قالب را تا حد امکان بهبود بخشد.

برای تعدادی از ایستگاه‌های کاری در قالب‌های مرحله‌ای، محدودیت‌هایی برای ترتیب و اولویت انجام عملیات وجود ندارد؛ اما در برخی دیگر این چنین نیست. تا جایی‌که به قالب مرحله‌ای برش- که در این‌جا موضوع بحث می‌باشد- مربوط می‌شود، ترتیب چیدمان کلی مراحل کاری این چنین است: سوراخ‌های راهنما، لبه‌های راهنما، سوراخ‌های داخلی، لبه‌های خارجی قطعه و برش نهایی. معمولاً ترتیب ایستگاه‌های سوراخ‌کاری داخلی و خارجی می‌توانند با یکدیگر جابه‌جا شوند و چون کار انجام‌شده برای این نوع برش‌ها صادق است، محدودیتی برای ترتیب برش‌ها در نظر گرفته نمی‌شود.

Archive of SID
www.SID.ir

۳-۱ تعریف مرکز فشار قالب تک‌مرحله‌ای برش

همان‌طور که در شکل (۶) نشان داده شده است، اگر شکل‌های مختلف در یک ورق برش داده شوند، موقعیت مرکز فشار قالب برش توسط معادلات (۱) مشخص می‌شود.

(۱)

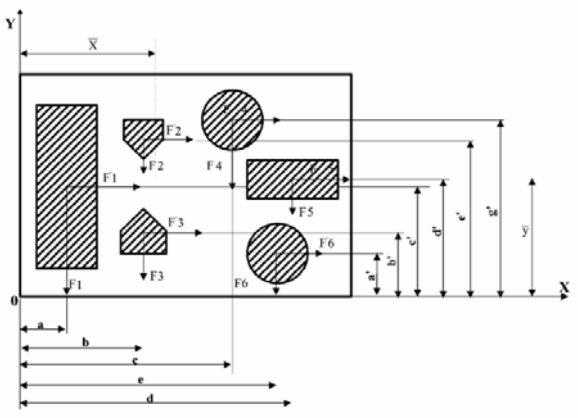
$$\overline{X}=\frac{\sum_{i=1}^{n}F_i.X_i}{\sum_{i=1}^{n}F_i}=\frac{F_1.a+F_2.b+F_3.b+F_4.c+...+F_n.e}{F_1+F_2+F_3+F_4+...+F_n}$$

$$X_1=a, X_2=b, X_3=b, X_4=c, X_5=d, X_n=e$$

$$\overline{Y}=\frac{\sum_{j=1}^{n}F_j.Y_j}{\sum_{j=1}^{n}F_j}=\frac{F_1.c'+F_2.e'+F_3.b'+F_4.g'+...+F_n.a'}{F_1+F_2+F_3+F_4+...+F_n}$$

$$Y_1=c',\ Y_2=e', Y_3=b', Y_4=g', Y_5=d', Y_n=a'$$

a, b, c, ... مشخص کننده فواصل بین مرکز هندسی هر یک از اشکال با محور Y، a', b', c', ... مشخص کننده فواصل بین مرکز هندسی هر یک از اشکال با محور X و F1، F2، F3, ... نیروی برش هر یک از اشکال می‌باشند.



شکل ۶ تعیین مرکز فشار قالب برش [۵]

در محاسبات، طول خط پیرامون شکل برش برای محاسبه نیروی برش طبق معادله (۲) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$F_i=L_i t \tau_s \qquad (۲)$$

که F نیروی برش (kg)، L محیط پیرامون برش (mm)، t ضخامت قطعه ورقی (mm) و τ_s تنش برشی جنس قطعه ورقی (kg/mm^2) می‌باشند.

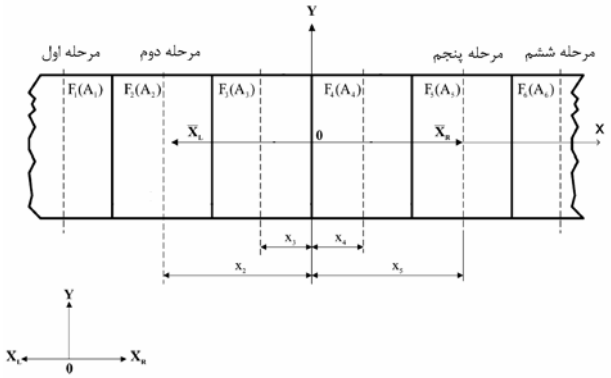
۳-۲ تبیین مدل محاسباتی برای متعادل کردن قالب مرحله‌ای برش

پیش از تعیین مرکز فشار قالب، باید تعداد ایستگاه‌های مورد نیاز برای قالب مرحله‌ای برش تعیین گردد و کار هر مرحله نیز مشخص شود. سپس گشتاورهای وارد به دو طرف قالب، قابل محاسبه می‌باشند.

برای ساده‌سازی مسئله، یک شکل شماتیک از قالب برش و نیروهای اعمالی به آن در شکل (۷) نمایش داده شده است. با مشاهده و دقت در این شکل می‌توان معادله تعادلی گشتاور حول محور y را به صورت زیر بیان کرد.

$$M_L=\sum_{i=1}^{n/2}[F_i.x_i]\ ,\ M_R=\sum_{i=n/2+1}^{n}[F_i.x_i] \qquad (۳)$$

که ML گشتاور وارد به ورق در سمت چپ محور y و MR گشتاور وارد به ورق در سمت راست آن می‌باشد.



شکل ۷ شکل شماتیک برای تبیین معادله تعادل [۵]

فرض می‌شود که نیروهای اعمالی به ورق نسبت به محور x تقریباً متقارن باشند. این فرض باعث ساده‌سازی حل مسأله می‌شود. البته این موضوع به علت کم‌بودن نسبت عرض به طول در قالب‌های مرحله‌ای برش مشکلی در طراحی ایجاد نمی‌کند.

M_{Diff} را تفاضل دو گشتاور اعمالی از چپ و راست محور y در نظر می‌گیریم که داریم:

www.SID.ir
Archive of SID

$$M_{Diff} = | M_L - M_R | = \left| \sum_{i=1}^{n/2} [F_i . x_i] - \sum_{i=n/2+1}^{n} [F_i . x_i] \right| \qquad (۴)$$

نیروی برش در این معادله از معادله(۲) به دست می‌آید.
بیشترین مقدار گشتاوری که قالب می‌تواند تحمل کند با علامت $(M_{Diff})_{\varepsilon}$ نشان داده می‌شود. این مقدار با توجه به روابط مقاومت مصالح در طراحی قالب‌های برش قابل محاسبه می‌باشد، و از معادله انحنای الاستیک به صورت زیر به دست می‌آید.

$$\sigma_v = \frac{M_y}{I} \Rightarrow M = \frac{\sigma_v I}{y} \qquad [۲]، (۵)$$

در این فرمول σ_v تنش حد شکست کششی ماده (kg/mm^2)، M اختلاف گشتاور بین دو جهت چپ و راست قالب نسبت به محور مرکزی (kg mm)، y فاصله بین مرکز هندسی شکل برش با محور مرکزی قالب (mm)، I اینرسی سطح برش (mm^4) و E مدول یانگ (GPa) می‌باشد.
پس از محاسبه حداکثر گشتاور قابل تحمل برای هر یک از میل راهنماها، حداکثر گشتاور اعمالی به هر یک از آن‌ها در صورتی که انحراف قابل قبولی داشته باشند نیز باید محاسبه شود. با توجه به عمودی‌بودن هر یک از میل راهنماها مقادیر انحراف در کلاس دقیق mm/۱۰۰mm ۰/۰۱-۰/۰۲ و در کلاس معمولی mm/۱۰۰mm -۰/۰۳ ۰/۰۲ می‌باشد. مقدار این گشتاور از معادله خمش تیرها قابل محاسبه است.

$$\delta = \frac{ML^2}{2EI} \Rightarrow M = \frac{2\delta EI}{L^2} \qquad [۲]، (۶)$$

با مقایسه نتایج به دست آمده از معادلات بالا، مقدار $(M_{Diff})_{\varepsilon}$ که حد بالای M_{Diff} می‌باشد حاصل می‌شود. این مقدار حداکثر گشتاوری است که میل‌راهنماها در قالب مرحله‌ای می‌توانند تحمل کنند، یعنی مقدار بیشینه دو گشتاور محاسبه شده. از این مقدار برای توقف در جستجوی ژنتیک الگوریتم استفاده می‌شود.

۴- کاربرد الگوریتم ژنتیک در تعیین چیدمان بهینه عملیات قالب برش

هدف اصلی از این بخش، به دست آوردن روشی برای چگونگی استفاده از الگوریتم ژنتیک در رسیدن به چیدمان بهینه مراحل برش در قالب‌های مرحله‌ای می‌باشد. فاکتور چیدمان بهینه، حداقل گشتاور اعمالی به قالب می‌باشد. در ادامه مراحل مختلف کاربرد الگوریتم ژنتیک بیان می‌شود:

۴-۱ چگونگی ایجاد کدها و ایجاد جمعیت اولیه

با توجه به این که مسئله موجود یک مسئله چیدمان می‌باشد، بهتر است از روش کد کردن با اعداد استفاده شود. برای مثال مرحله اول از قالب مرحله‌ای برش با عدد "۱" و دومین مرحله با عدد "۲" و به همین ترتیب تا مرحله آخر ادامه پیدا می‌کند؛ بنابراین طول رشته تولیدی به اندازه تعداد ایستگاه‌های قالب مرحله‌ای برش خواهد بود. موقعیت هر عدد در رشته اعداد موجود بیان کننده محل ایستگاه مورد نظر در قالب می‌باشد. برای مثال ترتیب مراحل کاری در یک قالب با ۱۳ ایستگاه ممکن است چنین باشد:

$M_{10}M_5M_6M_4M_{13}M_2M_{11}M_8M_9M_1M_7M_{12}M_3$

که کد حاصل برای این ترتیب عملیات به صورت زیر می‌باشد:

۱۰-۵-۶-۴-۱۳-۲-۱۱-۸-۹-۱-۷-۱۲-۳

برای ایجاد جمعیت اولیه لازم است تعداد مشخص و قابل کنترلی از این رشته‌ها تولید شود. تولید جمعیت اولیه به صورت تصادفی انجام می‌گیرد.

۴-۲ ارزیابی تابع هدف

الگوریتم ژنتیک از تابع برازندگی برای ارزیابی عملکرد حالات مختلف استفاده می‌کند. در بهترین حالت این تابع ماکزیمم می‌شود. در کار حاضر هدف پیدا کردن کمترین اختلاف گشتاور بین دو طرف قالب می‌باشد؛ بنابراین می‌توان معکوس اختلاف گشتاورهای دو طرف قالب را به عنوان تابع برازندگی در نظر گرفت.

۴-۳ تولید نسل جدید به روش جهش یا جابه‌جایی ژنتیکی

در این برنامه برای تولید نسل جدید از روش جهش یا جابه‌جایی ژنتیکی که در اکثر کارهای علمی قابل استفاده و پذیرفته شده است، استفاده خواهیم کرد. در این روش دو عدد از رشته به صورت اتفاقی انتخاب شده و با یکدیگر جابه‌جا می‌شوند. این عمل را می‌توان برای تولید درصدهای

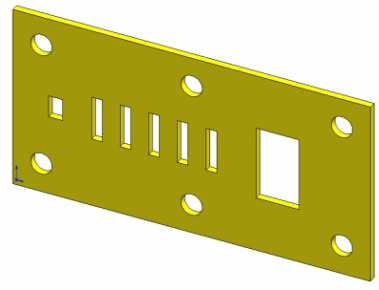
Archive of SID

www.SID.ir

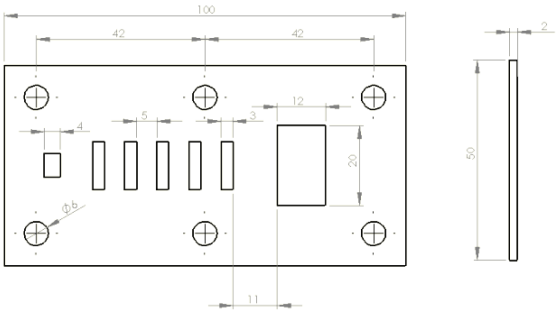
مختلفی از نسل جدید به کار برد. در ضمن از هر نسل تعدادی از بهترین‌ها تحت عنوان نخبه به طور مستقیم به نسل بعد منتقل می‌شوند. با ایجاد هر نسل، عمل ارزیابی تابع هدف انجام می‌شود و در صورتی که کمترین مقدار اختلاف گشتاور به دست آمده از مقدار $(M_{Diff})_{\varepsilon}$ کمتر باشد و یا این که تعداد ایجاد نسل‌ها به حداکثر ممکن خود رسیده باشد کار ایجاد نسل پایان می‌پذیرد و نتیجه که یک رشته اعداد به طول تعداد ایستگاه‌های برش می‌باشد به عنوان بهترین چیدمان اعلام می‌گردد. در غیر این صورت کار ادامه پیدا می‌کند تا یکی از محدود کننده‌های الگوریتم ژنتیک جستجو را پایان دهد.

۵- بررسی عملکرد سیستم با یک مثال

در شکل (۸) قطعه‌ای با تعداد زیادی برش‌های داخلی نشان داده شده است، در این مثال چگونگی کاربرد الگوریتم ژنتیک در تعیین چیدمان بهینه برش تشریح می‌گردد.

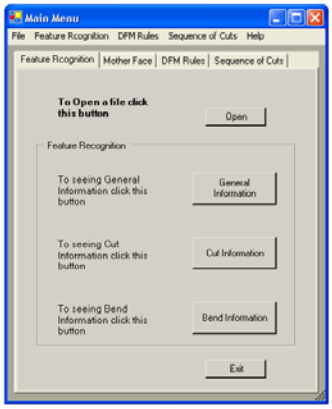


شکل ۸ نمای سه بعدی یک قطعه ورقی



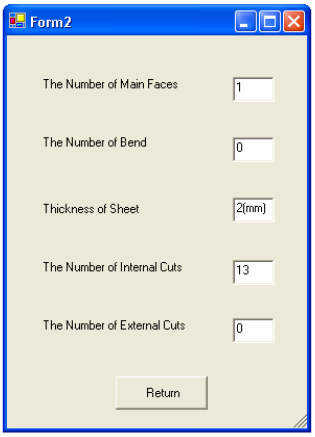
شکل ۹ دو نما از قطعه

برای این کار ابتدا باید اشکال هندسی قطعه توسط نرم‌افزار مورد شناسایی قرار گیرند. به این منظور کافیست فایل قطعه با ساختار استاندارد STEP به عنوان فایل ورودی به سیستم معرفی شود. با زدن کلید Open و وارد کردن مسیر فایل قطعه، کار شناسایی آغاز می‌شود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ فرم آغاز نرم‌افزار

حال با زدن کلید General Information ابتدا فایل انتخاب‌شده مورد بررسی قرار می‌گیرد و اطلاعات آن در یک آرایه متنی ذخیره می‌گردد. سپس اطلاعات اشکال هندسی آن استخراج شده و در آرایه‌هایی مجزا ذخیره می‌شوند. اطلاعات این آرایه‌ها در مراحل بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مرحله اطلاعات کلی قطعه شامل تعداد سطوح اصلی، تعداد خم، ضخامت ورق، تعداد برش‌های داخلی و تعداد برش‌های خارجی استخراج شده و به صورت شکل (۱۱) نمایش داده می‌شود.

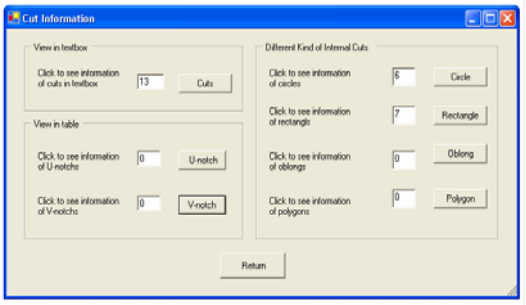


شکل ۱۱ فرم حاوی اطلاعات کلی قطعه

Archive of SID

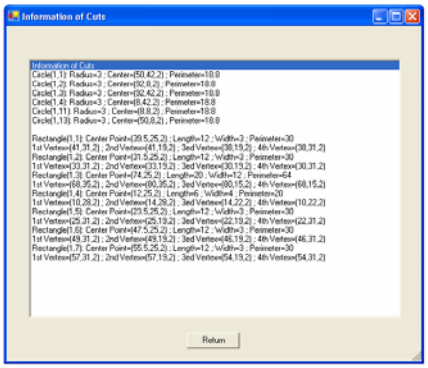
www.SID.ir

برای استخراج و نمایش اطلاعات برش‌های داخلی و خارجی قطعه، کافیست کاربر کلید Cut Information از فرم ابتدایی را انتخاب کند و یا از منوی Feature Recognition قسمت Cut Information را انتخاب نماید. این اطلاعات به صورت شکل (۱۲) نمایش داده می‌شوند. تعداد انواع برش‌ها در مقابل نامشان نشان داده شده است.



شکل ۱۲ فرم حاوی اطلاعات برش قطعه

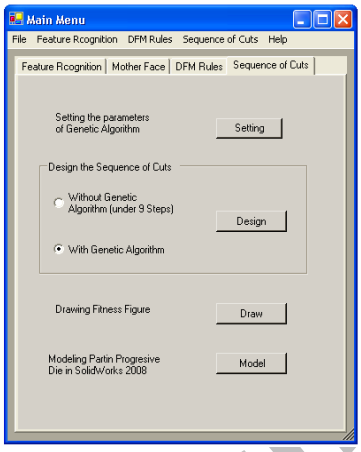
برای مشاهده تمام اطلاعات برش‌های داخلی و خارجی به صورت متن و در یک فرم باید کلید Cuts کلیک شود. چگونگی ارائه اطلاعات انواع اشکال هندسی در شکل (۱۳) نمایش داده شده است.



شکل ۱۳ فرم حاوی اطلاعات برش‌های داخلی و خارجی

پس از شناسایی قطعه، هدف، تعیین چیدمان بهینه برش می‌باشد؛ به گونه‌ای که با اعمال نیروهای برش به کفشک‌های قالب حداقل گشتاور به آن‌ها وارد شود. برای این کار باید تک‌تک چیدمان‌های مختلف برش را در نظر گرفت و گشتاور آن‌ها را محاسبه کرد و با یکدیگر مقایسه نمود. سپس کمترین مقدار را به عنوان بهترین چیدمان در نظر گرفت. ولی بررسی تمامی این حالات برای قطعاتی که دارای تعداد برش‌های زیاد می‌باشند زمان‌بر است. برای مثال در قطعه مورد نظر باید !۱۳ حالت چیدمان مورد بررسی قرار گیرد که با افزایش تعداد برش‌ها این عدد با شدت زیادی بزرگ می‌شود.

برای برطرف کردن این مشکل با استفاده از الگوریتم ژنتیک تعدادی از چیدمان‌های ممکن مورد بررسی قرار می‌گیرند و نرم‌افزار با ایجاد نسل‌های جدید به سمت مقدار بهینه پیش می‌رود. البته ممکن است دقیقاً به حالت بهینه نرسد؛ ولی در حد امکان به آن نزدیک می‌شود و البته زمان این جستجو در این حالت بسیار کمتر از حالت قبل می‌باشد. فرم مربوط به تعیین چیدمان بهینه که با نام Sequence of Cuts در نرم‌افزار موجود می‌باشد در شکل (۱۴) نشان داده شده است.



شکل ۱۴ فرم تعیین چیدمان بهینه برش

در قسمت بالا با زدن کلید Setting کاربر قادر است پارامترهای مربوط به الگوریتم ژنتیک را تعیین کند. برای تعیین این پارامترها فرم شکل (۱۵) طراحی شده است.

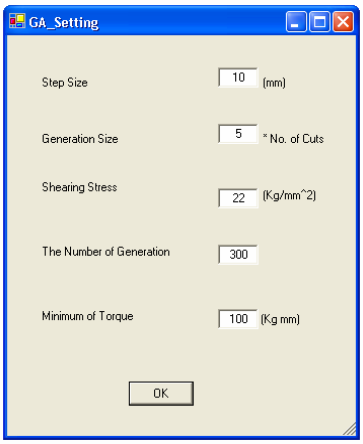
در این قسمت فاصله مراحل عملیاتی برش در قالب، تعداد جمعیت هر نسل و مقدار تنش برشی جنس قطعه‌کار قابل انتخاب است. همچنین کاربر می‌تواند دو راه برای اتمام جستجو در الگوریتم ژنتیک به شرح زیر انتخاب کند.

- تعیین حداکثر تعداد نسل
- تعیین مقدار گشتاور بهینه

با انتخاب یکی از دو حالت موجود و یا هر دو و تعیین پارامتر مورد نیاز آن کلید OK کلیک شود تا فرم قبلی ظاهر گردد.

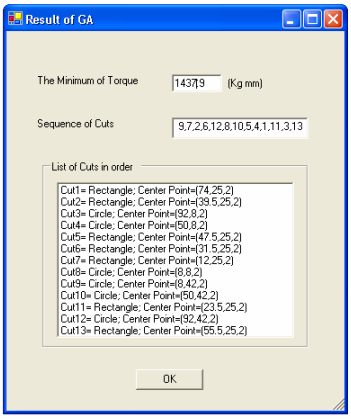
Archive of SID

www.SID.ir



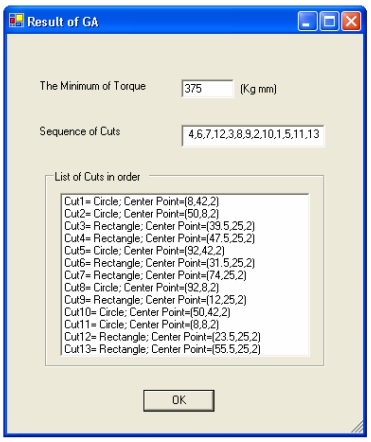
شکل ۱۵ فرم تعیین پارامترهای الگوریتم ژنتیک

در این مثال باید از روش الگوریتم ژنتیک به جواب مطلوب رسید. برای این کار باید حالت With Genetic Algorithm انتخاب شود. با زدن کلید Design چیدمان بهینه برش و کمترین مقدار گشتاور جستجو شده در روش الگوریتم ژنتیک به صورت فرم زیر نمایش داده می‌شود.



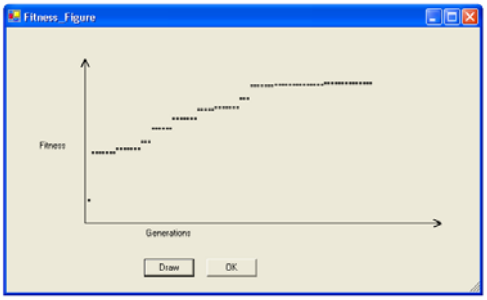
شکل ۱۶ تعیین چیدمان بهینه برش به کمک الگوریتم ژنتیک

در صورتی که کاربر از مقدار گشتاور اعمالی راضی نباشد می‌تواند با تغییر پارامترهای الگوریتم ژنتیک به چیدمان‌های بهتری نیز دست یابد. برای این کار می‌توان تعداد نسل‌ها و تعداد جمعیت هر نسل را افزایش داد. در شکل(۱۷) نتایج پس از اعمال تغییرات آورده شده است. مشاهده می‌شود که مقدار گشتاور اعمالی در این حالت کمتر می‌باشد.



شکل ۱۷ اصلاح چیدمان بهینه برش به کمک الگوریتم ژنتیک

پس از تعیین چیدمان بهینه، کاربر می‌تواند رشد مقدار تابع برازندگی را - که در این‌جا عکس مقدار گشتاور است- به صورت نمودار مشاهده کند. برای این کار کافیست در فرم اصلی روی گزینه Draw کلیک کند. فرم شکل (۱۸) ظاهر می‌شود، با زدن کلید Draw در این فرم نمودار ترسیم می‌گردد.

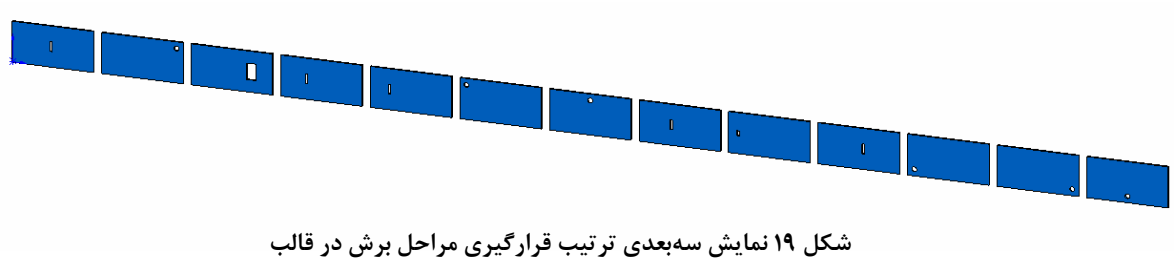


شکل ۱۸ نمودار تابع برازندگی بر حسب نسل‌ها

در انتها کاربر می‌تواند چگونگی قرار گرفتن قطعات در قالب و ایجاد سوراخ‌های هر مرحله را به صورت گام‌به‌گام مشاهده کند. برای این کار نیاز به نرم‌افزار SolidWorks 2008 می‌باشد. پس از تعیین چیدمان بهینه برش باید کلید Model کلیک شود. با زدن این کلید نرم‌افزار SolidWorks اجرا شده و یک فایل جدید باز می‌شود؛ سپس به تعداد برش‌های روی قطعه، مدار بیرونی قطعه رسم می‌گردد و در هر مرحله به ترتیب برش آن مرحله روی قطعه ایجاد می‌شود. (شکل ۱۹) رسم چیدمان بهینه در این قسمت مربوط به برش‌های داخلی به جز D دوطرفه می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱۹ نمایش سه‌بعدی ترتیب قرارگیری مراحل برش در قالب

۶- نتیجه گیری

در طراحی قالب‌های مرحله‌ای برش با توجه به اهمیت محل مرکز فشار باید چیدمان‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرند، تا چیدمانی مناسب که گشتاور کمتری را به قالب اعمال می‌کند پیدا شود.

در این تحقیق نرم‌افزاری معرفی شده است که قادر است اشکال هندسی برش‌های داخلی و خارجی قطعات ورقی با ساختار استاندارد STEP را به طور کاملاً خودکار شناسایی کرده و چیدمان مناسب برای عملیات پرسکاری را به کمک الگوریتم ژنتیک پیدا کند. این امر زمان لازم برای انجام چنین کاری را بسیار کاهش می‌دهد.

مراجع

[1] Anand S., *A Sheet Metal Feature Recognition And Design Adivsory System*, M.Sc. Dissertation, Cincinati , **2003**.

[2] Beer F.P. and Johnston E.R., *Mechanics of Materials*, McGraw-Hill, New York, **1987**.

[3] Lin Z.C. and Hsu C.Y., *An investigation of the expert system for shearing-cut progressive die design*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 11, No. 1, **1996**, pp. 1-11.

[4] Lin Z.C., Chang H., *Application of fuzzy set theory and backpropagation neural networks in progressive die design*, SME, Journal of Manufacturing Systems, Vol. 1, No. 4, **1996**, pp. 268-281.

[5] Lin Z.C., Hua C., *Analysis of a torque equilibrium model and the optimal strip working sequence for a shearing-cut and bending progressive die*, Journal of Materials Processing Tecnology, Vol. 115, **2001**, pp. 302-312.

Archive of SID

www.SID.ir