

کاهش ضریب تمرکز تنش در میله های تحت کشش

با استفاده از فیلتهای بیضوی

سالار حاتم

کارشناس مکانیک در طراحی جامدات - شرکت ملی پالایش و پخش فراورده های نفتی ایران

Salar_hatam 2006 @ yahoo . com

چکیده

در اجسام تحت کشش پیچش یا خمش که دارای تغییر مقطع آنی هستند هر چه تغییر سطح مقطع آرامتر باشد ضریب تمرکز تنش کمتر می شود. برای این منظور از فیلتهای دایروی استفاده می شود اما فیلتهای بیضوی در مقایسه با دیگر فیلتهای تغییر مقطع نرمتری را در طول کمتری فراهم می کنند و بصورت قابل توجهی ضریب تمرکز تنش را کاهش می دهند ولی نمودارهایی که ضریب تمرکز تنش را برای فیلتهای بیضوی ارائه کند وجود ندارد. در این مقاله نموداری برای تعیین ضریب تمرکز تنش در فیلتهای بیضوی در میله های تحت کشش با مقطع دایره ای با استفاده از نرم افزار catia و به روش اجزاء محدود ارائه شده است.

واژه های کلیدی : ضریب تمرکز تنش - فیلتهای دایروی - فیلتهای بیضوی

مقدمه

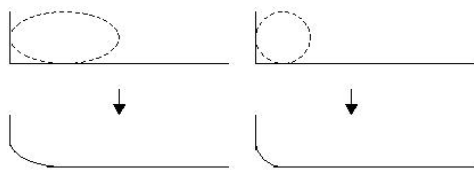
وقتی یک عضو مکانیکی نوعی ناپیوستگی داشته باشد مثل سوراخ یا تغییر ناگهانی سطح مقطع، در نزدیکی آن ناپیوستگی تنش موضعی زیادی ایجاد می شود.

توزیع تنش در این قطعات را می توان به کمک روش فتوالاستیسیته به دست آورد. توزیع های به دست آمده مستقل از اندازه عضو و نوع ماده به کار رفته می باشد و تنها به نسبت پارامترهای هندسی موجود بستگی دارد. برای تعیین تنش ماکزیمم که در مجاورت یک ناپیوستگی در عضوی معین وجود دارد تنها لازم است که طراح تنش میانگین را در مقطع بحرانی محاسبه نموده و نتیجه حاصل را در مقداری به نام ضریب تمرکز تنش K_t ضرب کند.

کاهش ضریب تمرکز تنش با تغییر فرم فیلتهای

مقدار ضریب تمرکز تنش به شکل هندسی قطعه و ناپیوستگی موجود بستگی دارد. بنابراین شدت تمرکز تنش را می توان با ایجاد تناسب صحیح در قطعات کاهش داد. فیلتهای با شعاع زیاد در گوشه ها می توانند تمرکز تنش را در گوشه مورد نظر کاهش دهند. تقویت مناسب اطراف سوراخها هم می تواند در این زمینه مفید باشد. ضرایب تمرکز تنش را برای اشکال هندسی استاندارد و حالات بارگذاری محدود می توان از روی نمودارهایی به نام نمودارهای ضرایب تمرکز تنش به دست آورد.

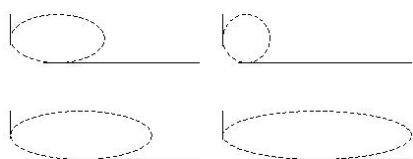
$$\sigma_{\max} = k_t \sigma_{\text{avg}} \quad (1)$$



شکل ۳- مقایسه فیلت های بیضوی و دایروی

همانطور که ملاحظه می شود اگر قطر کوچک بیضی نشان داده شده را برابر قطر دایره و قطر بزرگ آن را دو برابر قطر دایره در نظر بگیریم تغییر مقطع بطور قابل ملاحظه ای با نرمی بیشتری صورت گرفته و انتظار می رود شدت تمرکز تنش کمتر شود.

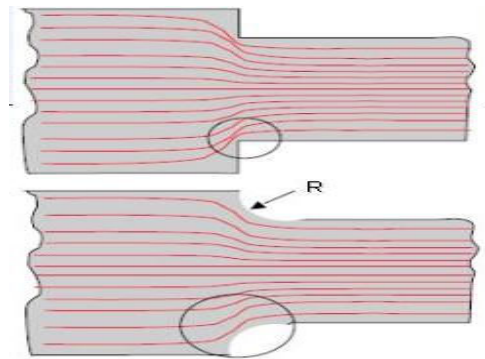
هر چه قطر بزرگ بیضی را بزرگتر کنیم برای مثال آنرا ۳ یا ۴ برابر قطر دایره در نظر بگیریم تغییر مقطع باز هم نرمتر صورت گرفته و ضریب تمرکز تنش باز هم کمتر می شود. این مطلب به خوبی در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴- تاثیر افزایش قطر بیضی در چگونگی تغییر مقطع

برای یافتن ضریب تمرکز تنش در مورد فیلت های ذکر شده می توان از روشهای آزمایشگاهی و یا روش اجزاء محدود بهره گرفت. روش اجزاء محدود یک روش تقریبی بوده و نسبت به روشهای آزمایشگاهی از دقت پایین تری برخوردار می باشد اما به دلیل سهولت مدلسازی و تحلیل قطعات در این روش و همچنین هزینه بسیار پایین می توان به راحتی از آن بهره گرفت و با افزایش دقت محاسبه می توان نتایج را تا حد قابل قبولی به نتایج آزمایشگاهی نزدیک کرد. برای یافتن ضریب تمرکز تنش در میله های تحت کشش با مقطع دایروی با فیلت های دایروی و بیضوی با قطرهای متفاوت چهار نوع فیلت را در میله های مذکور به شرح زیر مدل کرده و تحلیل می نمایم.

- ۱- فیلت های دایروی با قطر $2R$
- ۲- فیلت های بیضوی با قطر کوچک $2R$ و قطر بزرگ $4R$

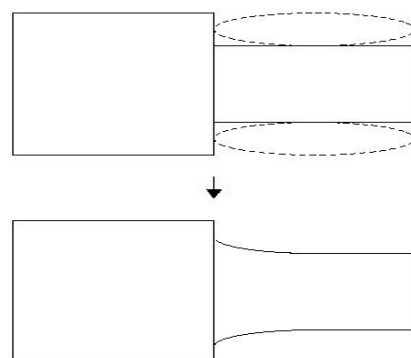


شکل ۱- تاثیر استفاده از فیلت در توزیع تنش

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود در محلی که تغییر مقطع با یک فیلت دایره ای همراه شده است هر چه شعاع دایره مذکور که ربع آن به عنوان فیلت در قطعه لحاظ شده است بزرگتر باشد تغییر مقطع با پیوستگی بیشتری همراه بوده و شدت تمرکز تنش کاهش می یابد.

هرچه تغییر مقطع در طول بیشتری از میله و یا نرمتر صورت بگیرد شدت تمرکز تنش کمتر می شود. بنابراین یکی از راههای کاهش تمرکز تنش کار کردن بر روی فرم هندسی فیلت ها در محل تغییر مقطع خواهد بود. برای مثال به جای فیلت های دایروی می توان از فیلت های بیضوی استفاده کرد. در شکل ۲ نحوه اعمال اینگونه فیلت ها نشان داده شده است و در شکل ۳

مقایسه ای بین فیلت های دایروی و بیضوی به عمل آمده است. در این شکل تفاوت چگونگی تغییر مقطع بین این دو نوع فیلت قابل توجه است.



شکل ۲- نحوه اعمال فیلت های بیضوی

جدول ۱ - ویژگی های مکانیکی ماده

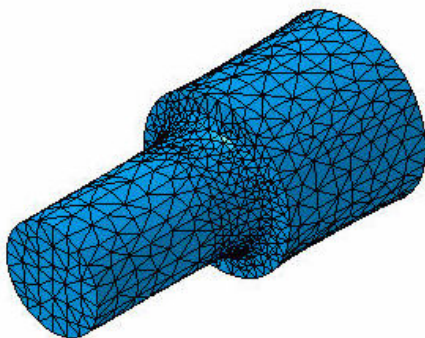
Material	Steel
Young Modulus	2e+011N_m2
Poisson Ratio	0.266
Density	7860kg_m3
Thermal Expansion	1.17e-005_Kdeg
Yield Strength	2.5e+008N_m2

پس از نسبت دادن جنس ، قطعه را برای تحلیل وارد مازول Analysis and simulation محیط Generative structural analysis می نماییم .
برای مش بندی قطعه از المان Solid نوع چهار وجهی با ۱۰ گره استفاده می کنیم .



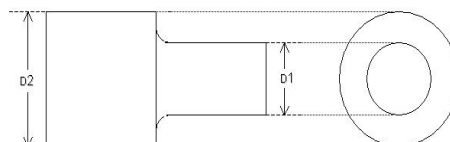
شکل ۷ - نوع المان استفاده شده

مقادیر size (اندازه المان) و sag (انحناى وسط المان) را برای قطعه تعریف کرده و این اندازه ها را در محل فیلِت با استفاده از تعریف مش بندی محلی تا حد امکان کاهش می دهیم . بدیهی است که با کاهش این مقادیر دقت محاسبه و همچنین زمان آن افزایش می یابد . قطعه بصورت مش بندی شده در شکل ۸ نشان داده شده است .



شکل ۸ - قطعه پس از مش بندی

۳- فیلِت های بیضوي با قطر كوچك $R/2$ و قطر بزرگ $R/6$
۴- فیلِت های بیضوي با قطر كوچك $R/2$ و قطر بزرگ $R/8$
حالت $D2/D1=1.5$ در این گونه قطعات استفاده بیشتری دارد و به عنوان نمونه در این تست مورد بررسی قرار می گیرد . (شکل ۵)



شکل ۵- ابعاد هندسی نمونه مدل شده

تست کشش را تحت بارهای اعمالی در محدوده الاستیک با روش اجزاء محدود توسط نرم افزار CATIA انجام می دهیم .
برای مدل کردن قطعه از محیط part design در نرم افزار catia استفاده می کنیم . قطعه را به صورت نشان داده شده در شکل ۵ با رعایت نسبت موجود بین قطر ها مدل می نماییم . در شکل ۶ نمونه ای از قطعه طراحی شده قابل مشاهده می باشد .



شکل ۶- قطعه مدل شده در نرم افزار catia

پس از طراحی جنس فولاد را با مشخصات زیر به قطعه نسبت می دهیم .

به عنوان مثال در ادامه و در شکل ۱۱ نتایج تحلیل یک قطعه با فیلِت بیضوی، قطر کوچک $2R$ ، قطر بزرگ $4R$ ، $R/D1 = 0.1$ و $D2/D1 = 1.5$ نشان داده شده است.

ابعاد نمونه :

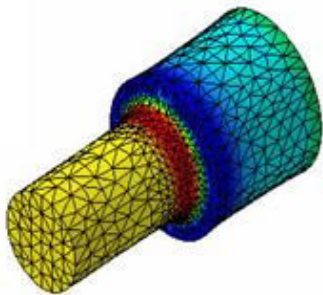
$$D2=60\text{mm}$$

$$D1=40\text{mm}$$

$$R=4\text{mm}$$

کشش :

$$100 \text{ Mpa}$$



شکل ۱۱- نتیجه تحلیل یک قطعه با فیلِت بیضوی، قطر کوچک $2R$ ، قطر بزرگ $4R$ ، $R/D1 = 0.1$ و $D2/D1 = 1.5$

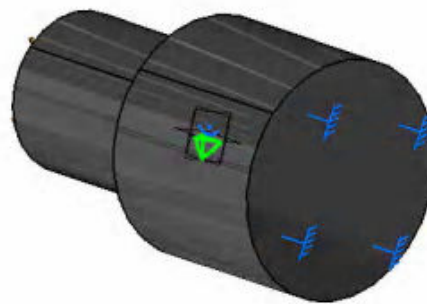
برای مشاهده دقت روش اجزاء محدود در نرم افزار catia، نتایج حاصل از این روش و مقدار حاصل از روش آزمایشگاهی را برای قطعات با فیلِت دایروی و با قطر $2R$ تحت کشش خالص را در شکل ۱۲ با هم مقایسه می کنیم. همانطور که ملاحظه می شود نتایج حاصل از روش اجزاء محدود با دقت خوبی به مقدار واقعی نزدیک است و از مقدار واقعی هم کمی بیشتر می باشد بنابراین نتایج محافظه کارانه و کاربردی خواهد بود.

ضرایب تمرکز تنش به دست آمده به روش اجزاء محدود برای قطعه مورد نظر در مورد چهار نوع فیلِت ذکر شده و تحت کشش خالص در شکل ۱۳ نشان داده شده است.

مشاهده می شود که هر چه قطر بزرگ بیضی فیلِت را افزایش دهیم ضریب تمرکز تنش بصورت

برای تعریف شرایط مرزی روی مقطع دایروی قطعه با قطر $D2$ از قید clamp () استفاده می کنیم.

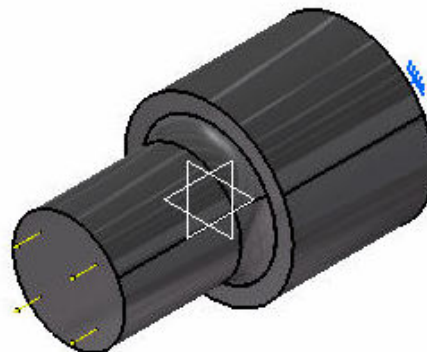
این قید روی هر گره موجود در مقطع یک تکیه گاه گیر دار قرار داده و از هر گونه کرنش در مقطع با قطر $D2$ جلوگیری میکند. در این حالت فرض کرده ایم مقطع بزرگ قطعه به یک صفحه صلب متصل می باشد که از کرنش آن جلوگیری می کند. (شکل ۹)



شکل ۹- اعمال شرایط مرزی

به جهت اینکه قطعه تحت کشش خالص قرار بگیرد در مقطع با قطر $D1$ بار گسترده ای را در جهت عمود بر قطعه با دستور surface force

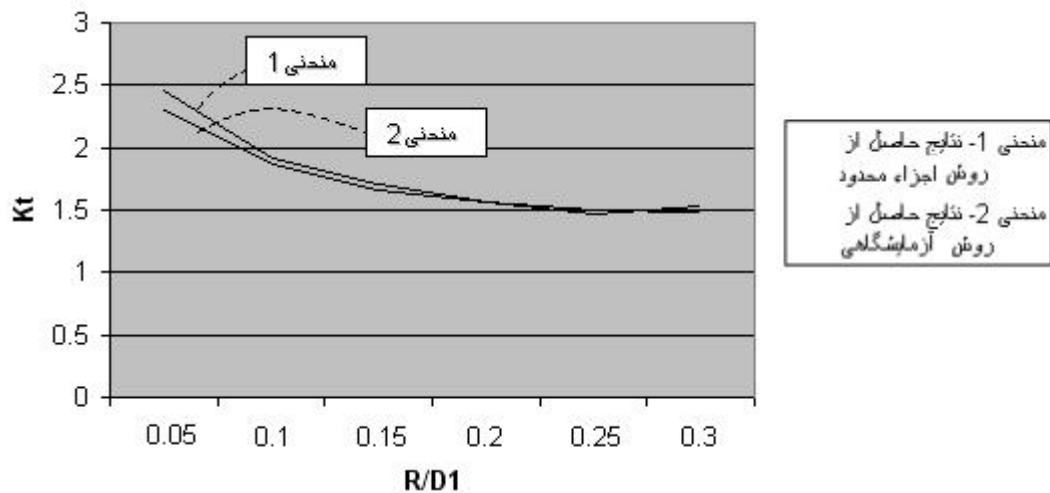
density () اعمال می نماییم. دقت شود که این بار باید در محدوده ایجاد تغییر شکل های خطی باشد. در ضمن از نیروهای حجمی هم صرف نظر می نماییم. چگونگی اعمال نیرو در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



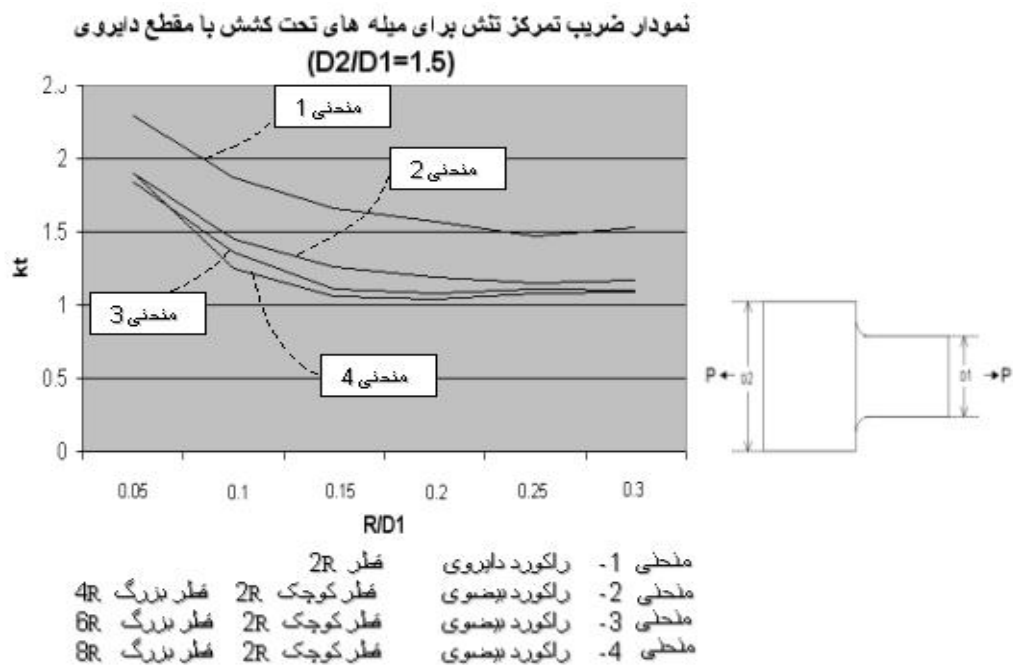
شکل ۱۰- نحوه بارگذاری

از چهار روش تحلیل موجود در نرم افزار catia روش gauss را برگزینیم.

قابل توجهي کاهش مي يابد و حتي در مواردی به عدد يك بسيار نزديك شده و اثر تمرکز تنش تقريباً حذف مي گردد .



شکل ۱۲- مقایسه دقت روش آزمایشگاهی و روش اجزاء محدود در نرم افزار catia



شکل ۱۳- نمودار ضریب تمرکز تنش برای میله های تحت کشش با مقطع دایروی

نتیجه گیری

با توجه به توضیحات ارائه شده از نمودار شکل ۱۳ می توان به عنوان يك نمودار کاربردی برای بدست آوردن ضریب تمرکز تنش در مورد قطعات و نوع بار گذاری ذکر شده استفاده کرد، که این عمل در افزایش بار مجاز اعمالی که توسط قطعه قابل تحمل می باشد تاثیر بسزایی دارد . می توان نمودارهای ضریب تمرکز تنش فیلت های بیضوی را در مورد نسبت های دیگر $D2/D1$ برای میله های تحت کشش با مقطع دایروی و یا برای دیگر قطعات و انواع بارگذاری های دیگر مثل پیچش و خمش به دست آورد . در صورت استفاده از این نتایج تنش ایجاد شده در قطعه در نقاط بحرانی به مقدار قابل توجهی کاهش می یابد و متعاقباً قطعه بار اعمالی بیشتری را بدون گسیختگی می تواند تحمل کند .

مراجع

- 1- Gere & Timoshenko " mechanics of materials" ; 1997.
- 2- Ferdinand P. Beer & E . Russell Johnston . " mechanics of materials 2003.
- 3- Egor p. popov " Introdcction to mechanics of solids" ; 1998.
- 4- M . F. spotts " Design of machine Elements" ; 2002.