

خطاهای ناشی از نصب نادرست استرین گیج

هنگامی که یک گیج با یک خطای زاویه ای کوچک با توجه به محور اندازه گیری کرنش مورد نظر به سطح جسم تحت تست متصل می شود، کرنش نشان داده شده نیز به دلیل عدم نصب صحیح گیج با خطا همراه خواهد بود. به طور کلی، برای یک گیج تکی در یک میدان کرنش تک محوری یکنواخت، بزرگی خطای ناهمترازی به سه عامل بستگی دارد (بدون توجه به حساسیت عرضی):

1 - نرخ یا نسبت بیشترین مولفه اصلی کرنش به کمترین مولفه اصلی کرنش ϵ_p / ϵ_q

2 - زاویه φ بین محور ماکزیمم مولفه اصلی کرنش و محور مورد نظر که قرار است در راستای آن محور عمل اندازه گیری کرنش انجام گیرد.

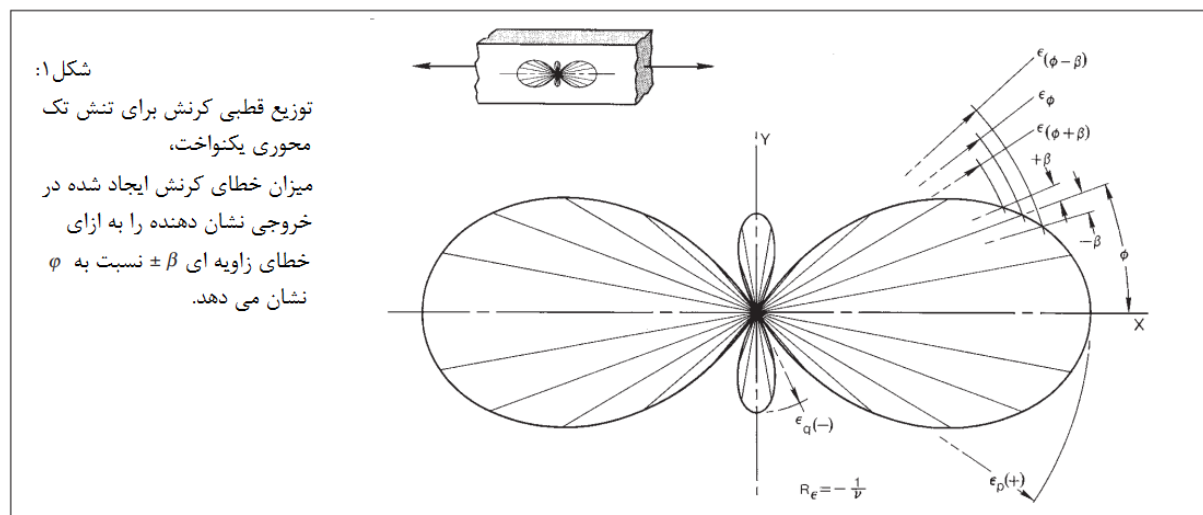
3- زاویه خطای نصب β ، بین محور استرین گیج بعد از نصب و محور مورد نظر برای اندازه گیری کرنش

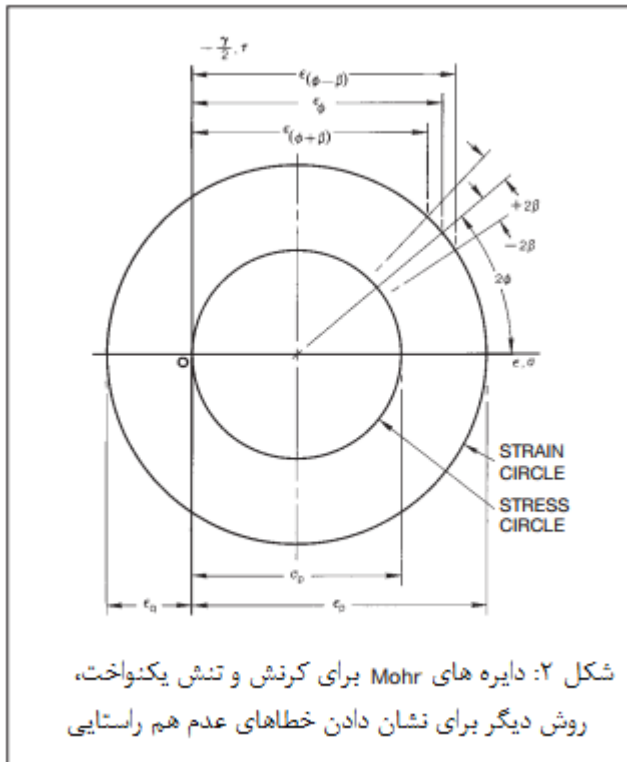
این مقادیر در شکل های 1 و 2 برای حالت خاص اما رایج تنش تک محوری تعریف شده اند. شکل 1 نمودار قطبی کرنش در نقطه مورد نظر است و شکل 2 دایره های Mohr متحدالمرکز را برای تنش و کرنش برای همان نقطه نشان می دهد. در شکل 1، فاصله تا مرز نمودار در امتداد هر خط شعاعی متناسب با کرنش عمود در امتداد همان خط است. لوب های کوچک در امتداد محور Y در نمودار نشان دهنده کرنش پواسون منفی برای این مورد است. از شکل 1 می توان به صورت کیفی مشاهده کرد که وقتی φ 0 یا 90 درجه باشد، یک خطای کوچک زاویه ای نصب گیج، خطای بسیار ناچیزی در نشانگر کرنش ایجاد می کند، زیرا نمودار کرنش قطبی در این نقاط نسبتاً صاف و هموار است و شب خطوط عبوری از این نقاط نیز صفر می باشد.

با این حال، برای زوایای بین 0 تا 90 درجه، شکل 1 نشان می دهد که خطا در کرنش نشان داده شده به دلیل خطای نصب زاویه ای کوچک، می تواند به طرز شگفت آوری بزرگ باشد زیرا شیب نمودار کرنش قطبی در این مناطق بسیار تند است. به طور مشخص تر، می توان از شکل 2

هنگامی که $\varphi = 45^\circ$ ، یا $2\varphi = 90^\circ$ باشد، متوجه شد که خطای نصب کوچک زاویه ای حداکثر خطا را در کرنش نشان داده شده ایجاد می کند، زیرا ϵ در این نقاط با بیشترین سرعت نسبت به زاویه تغییر می کند. این موضوع را می توان به صورت تحلیلی با نوشتن معادلات کرنش برای دیاگرام مورد نظر نیز بدست آورد. بدین ترتیب که مشتق دوم معادلات را نسبت به زاویه برابر صفر قرار می دهیم و ریشه های آن را بدست می آوریم. در حالت کلی می توان نشان داد که بیشترین خطای به وجود آمده در اندازه گیری کرنش به دلیل عدم همراستایی گیج با محور مورد نظر، در $\varphi = 45^\circ$ رخ می دهد. همچنین حداقل خطا در $\varphi = 0^\circ$ رخ می دهد.

خطای کرنش ایجاد شده به دلیل عدم همراستایی محور گیج با محور مورد نظر به صورت رابطه زیر می باشد:





$$n = \varepsilon(\phi \pm \beta) - \varepsilon_{\phi} \quad (1)$$

که در آن :

n : خطا بر حسب $\mu\varepsilon$

ε_{ϕ} : کرنش در راستای محور مورد نظر که با محور مولفه اصلی زاویه ϕ می سازد. و مقدار آن بر حسب $\mu\varepsilon$ در رابطه وارد می شود

$\varepsilon(\phi \pm \beta)$: کرنش در راستای محور گنج که با خطای زاویه ای $\pm\beta$ نسبت به محور مورد نظر نصب شده است. و مقدار آن بر حسب $\mu\varepsilon$ در رابطه وارد می شود.

همچنین می توان از رابطه زیر نیز مقدار خطا را محاسبه کرد.

$$n = \frac{\varepsilon_p - \varepsilon_q}{2} [\cos 2(\phi \pm \beta) - \cos 2\phi] \quad (2)$$

که در آن ε_p و ε_q به ترتیب ماکزیمم و مینیمم مولفه اصلی کرنش می باشند.

همچنین خطا را می توان بر حسب درصدی از ε_{ϕ} نیز نشان داد:

$$n' = \frac{\varepsilon(\phi \pm \beta) - \varepsilon_{\phi}}{\varepsilon_{\phi}} \times 100 \quad (3)$$

$$n' = \frac{\cos 2(\phi \pm \beta) - \cos 2\phi}{\frac{R_{\varepsilon} + 1}{R_{\varepsilon} - 1} + \cos 2\phi} \times 100 \quad (4)$$

که در آن $R_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_q}$ می باشد.

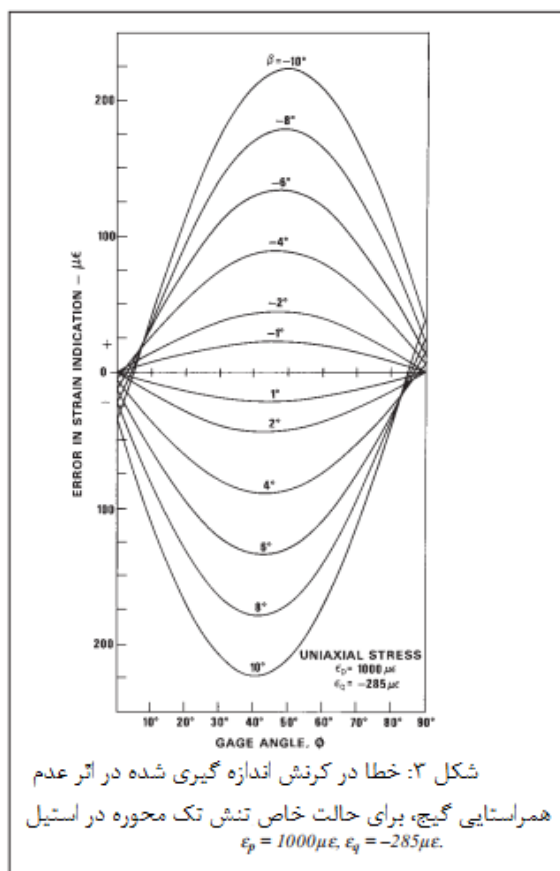
با این وجود از رابطه (3) مشخص است که برای مقادیر کوچک ε_{ϕ} ، مقدار n به طور بی معنی بزرگ است. و زمانی که ε_{ϕ} صفر می شود، مقدار آن به بی نهایت میل می کند. برای بهتر نشان

دادن میزان بزرگی خطای ناشی از عدم هم راستایی گیج در جهت مورد نظر، رابطه (2) را برای حالت های مختلف معمول، مورد ارزیابی قرار می دهیم.

در یک میدان تنش تک محوره، $\varepsilon_q = -\nu\varepsilon_p$ می باشد. همچنین برای استیل داریم $\nu = 0.285$.

فرض کنید $\varepsilon_p = 1000\mu\varepsilon$ باشد در این صورت $\varepsilon_q = -285\mu\varepsilon$ بدست می آید. و

$$n = -642.5 [\cos 2(\phi \pm \beta) - \cos 2\phi] \quad (5)$$



معادله (5) در شکل 3 برای مقادیر 0 تا 90 درجه ϕ ، و همچنین زاویه خطای نصب در محدوده 0 الی 10 درجه رسم شده است.

برای تصحیح خطای ناشی از عدم هم راستایی گیج، برای یک زاویه معلوم، کافی است مقدار n را از شکل 3 بخوانید و در رابطه (1) جایگذاری کنید و رابطه (1) را برای ε_ϕ حل کنید.

این شکل فقط به عنوان مثال آورده شده است و فقط در موردی اعمال می شود که $\varepsilon_q = -285\mu\varepsilon$ باشد (تنش تک محوری در فولاد). از رابطه (2) می توان برای ایجاد منحنی های خطای مشابه برای هر حالت کرنش دو محوری هم استفاده کرد.

روزت دو گیجه مستطیلی 90 درجه:

مطالب بالا در مورد تجزیه و تحلیل خطاهای ناشی از عدم هم راستایی گیج در راستای مطلوب برای گیج های تکی، درک عمیقی از ماهیت چنین خطاهایی را برای کاربر به دست می دهد. اما در عمل معمولاً روزت های دو گیجه مستطیلی بیشترین کاربرد را دارند.

یک روزت مستطیلی دو گیج معمولاً توسط تحلیلگران تنش به منظور تعیین مولفه های اصلی تنش ها، زمانی که جهت محورهای اصلی از منابع دیگر مشخص است استفاده می شود. در این حالت، روزت باید طوری در جای خود چسبانده شود که محورهای گیج های آن در راستای

محورهای اصلی تنش ها باشند. در این حالت به دلیل خطاهای ناشی از عدم نصب صحیح گیج در راستاهای مورد نظر و همچنین به خاطر عدم تعیین درست موقعیت محورهای اصلی تنش، خطاهای متناظر در تنش های اصلی که از قرائت کرنش ها محاسبه می شود، وجود خواهد داشت.

در شکل 4، یک میدان کرنش دو محوری کلی به همراه محورهای گیج های روزت که به مقدار زاویه β با محورهای اصلی کرنش نصب شده است، نشان داده شده است. درصد خطاهای تنش های اصلی و حداکثر تنش برشی ناشی از ناهمترای عبارتند از:

$$n_{\sigma_p} = \frac{\hat{\sigma}_p - \sigma_p}{\sigma_p} \times 100 \quad (6)$$

$$n_{\sigma_p} = \frac{(1-R_\varepsilon)(1-\nu)(1-\cos 2\beta)}{2(R_\varepsilon+\nu)} \times 100 \quad (7)$$

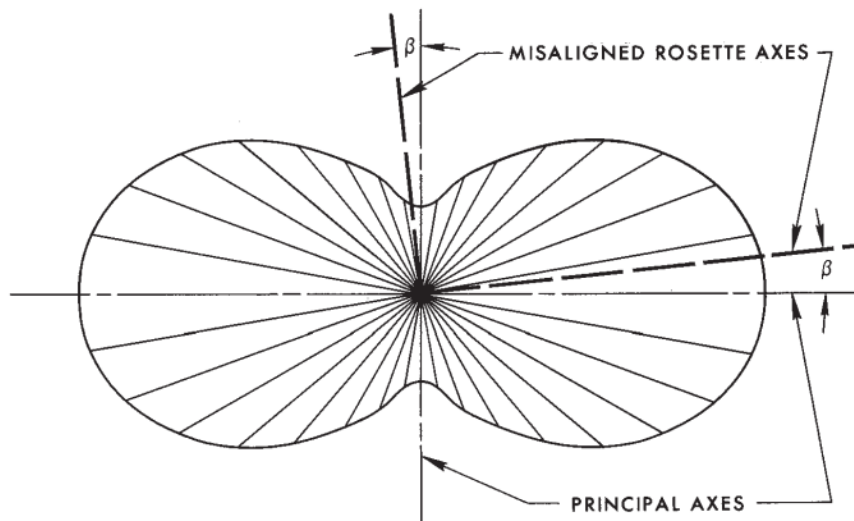
$$n_{\sigma_q} = \frac{\hat{\sigma}_q - \sigma_q}{\sigma_q} \times 100 \quad (8)$$

$$n_{\sigma_q} = \frac{(R_\varepsilon-1)(1-\nu)(1-\cos 2\beta)}{2(1+\nu R_\varepsilon)} \times 100 \quad (9)$$

$$n_{\tau_{MAX}} = \frac{\hat{\tau}_{MAX} - \tau_{MAX}}{\tau_{MAX}} \times 100 \quad (10)$$

$$n_{\tau_{MAX}} = -(1 - \cos 2\beta) \times 100 \quad (11)$$

که در آن $\hat{\sigma}_p$ ، $\hat{\sigma}_q$ و $\hat{\tau}_{MAX}$ تنش های اصلی و ماکزیمم تنش برشی استخراج شده از قرائت کرنش های گیج ها، برای حالتی که روزت به اندازه زاویه β نصب به محورهای اصلی کج نصب شده است.



شکل ۴: میدان کرنش دو محوری که روژت به اندازه زاویه β نسبت به محورهای اصلی اصلی کج نصب شده است

اگر نسبت تنش اصلی به جای نسبت کرنش اصلی در معادلات جایگذاری شود، یعنی:

$$R_{\sigma} = \frac{R_{\epsilon} + \nu}{1 + \nu R_{\epsilon}} = \frac{\sigma_p}{\sigma_q} \quad (12)$$

یا

$$R_{\epsilon} = \frac{R_{\sigma} - \nu}{1 - \nu R_{\sigma}} = \frac{\epsilon_p}{\epsilon_q} \quad (13)$$

$$n_{\sigma_p} = \frac{1 - R_{\sigma}}{2 R_{\sigma}} (1 - \cos 2\beta) \times 100 \quad (14)$$

$$n_{\sigma_q} = \frac{R_{\sigma} - 1}{2} (1 - \cos 2\beta) \times 100 \quad (15)$$

اکنون معادلات (11)، (14) و (15) برای نشان دادن میزان بزرگی خطاهای به وجود آمده، برای یک مثال نوعی حل خواهد شد.

ابتدا یک مخزن فشار استوانه ای دیواره نازک را در نظر بگیرید. در این حالت تنش حلقه یا تنش محیطی دو برابر تنش طولی و با علامت یکسان است.

بدین ترتیب:

$$\frac{\sigma_p}{\sigma_q} = R_\sigma = 2$$

در این حالت روابط (11)، (14) و (15) را می توان به شکل زیر بازنویسی کرد:

$$n_{\tau_{MAX}} = -1(1 - \cos 2\beta) \times 100 \quad (11a)$$

$$n_{\sigma_p} = -1/4(1 - \cos 2\beta) \times 100 \quad (14a)$$

$$n_{\sigma_q} = -1/2(1 - \cos 2\beta) \times 100 \quad (15a)$$

معادلات (11a)، (14a) و (15a) در شکل 5 ترسیم شده اند. از این شکل می توان دریافت که خطاهای ایجاد شده توسط ناهمترای روزت در این مثال بسیار کوچک است. به عنوان مثال، با خطای نصب 5 درجه، $\hat{\tau}_{MAX}$ ، $\hat{\sigma}_p$ و $\hat{\sigma}_q$ به ترتیب تنها 1.5%، -0.38% و 0.75% هستند.

برای تصحیح خطای ناشی از نصب غیر صحیح روزت برای زاویه های معلوم، ابتدا باید مقدار n از شکل 5 یا از نمودارهای مشابه که از معادلات اصلی [(7)، (9)، (11)، (14)، (15)] استخراج شده است، خوانده شود و سپس معادلات (6)، (8) و (10) با جایگذاری n خوانده شده به همراه علامت آن از شکل 5، به ترتیب برای پارامترهای $\hat{\sigma}_p$ ، $\hat{\sigma}_q$ و $\hat{\tau}_{MAX}$ حل شوند. یعنی:

$$\sigma_p = \frac{\hat{\sigma}_p}{1 + \frac{n_{\sigma_p}}{100}} \quad (16)$$

$$\sigma_q = \frac{\hat{\sigma}_q}{1 + \frac{n_{\sigma_q}}{100}} \quad (17)$$

$$\tau_{MAX} = \frac{\hat{\tau}_{MAX}}{1 + \frac{n_{\tau_{MAX}}}{100}} \quad (18)$$

که در آن :

Houshmand Sanat Tav Electronic CO.,LTD.

$\hat{\sigma}_p$: ماکزیمم تنش اصلی که از قرائت های گیج محاسبه شده است.

$\hat{\sigma}_q$: مینیمم تنش اصلی که از قرائت های گیج محاسبه شده است.

$\hat{t}_{MAX}$: ماکزیمم تنش اصلی برشی که از $\hat{t}_{MAX} = \frac{\hat{\sigma}_p - \hat{\sigma}_q}{2}$ به دست آمده است.

با اینکه خطاهای محاسبه شده در مثال بالا کوچک بودند، این قضیه برای تنش هایی که R_σ بزرگی دارند، صادق نیست. در حالت کلی مقدار $n\hat{\sigma}_p$ برای مقادیر $|R_\sigma| \ll 1.0$ بسیار بزرگ می باشد. این برای $n\hat{\sigma}_q$ با $|R_\sigma| \gg 1.0$ صادق است. خطا در تنش برشی مستقل از حالت تنش می باشد.