**تحلیل تجربی تنش (Experimental Stress Analysis):**

انواع روش های تجربی تحلیل تنش که در این تاپیک آنها را بررسی خواهیم کرد:1- فتو الاستیسیته (کشسان نگاری)2- کرنش سنج ها3- روش مو ری4- پوشش تُرد5- روش های نوین تحلیل تجربی تنش.  
روش شماره 1 ) روش فتوالاستیسیته:قبل از شروع توضیحات درباره این روش،بهتر است با اصلی ترین رکن این روش،یعنی نور آشنا شویم.در یونان ابتدا بر این عقیده بودند که نور یک ذره است.سپس ether اعلام کرد که نور عنصری است آسمانی که سبب حرکت موج میشود.نیوتن هم گفت نور ذره است.اما young اعلام کرد،نور یک موج است.اما هیچ یک از اینها به تنهایی برای تعریف رفتار نور کافی نبود.تا اینکه انیشتن،نور را یک فوتون (ذره-موج) نامید.برای ساده کردن محاسبات در مبحث فتو الاستیسیته،از نظریه موج ماکسول استفاده میکنیم.بر اساس این تئوری،موج شامل بردارهای الکتریک E و مگنتیک H میباشد.و صفحاتی که این بردارها در آن قرار دارند،بر هم عمود هستند.به طور کلی،چنین موجی را موج الکترومغناطیس مینامیم.نورهای مرئی در محدوده طول موج های 400 تا 700 نانومتر قرار دارند.که مطابق جدول زیر از 400 برای نور بنفش شروع شده تا 700 برای نور قرمز.دستگاهی که با آن می توانیم آزمایش فتو الاستیسیته را انجام دهیم،پلاریسکوپ نام دارد.معمولا پلاریسکوپ به یکی از دو شکل زیر است که هر کدام از قسمت های آن را توضیح خواهم داد:الف) پلاریسکوپ صفحه ای:ب) پلاریسکوپ دایره ای:الف) پلاریسکوپ صفحه ای (Plane Polariscope):پلاریسکوپ صفحه ای،ساده ترین سیستم اپتیکی است که در فتوالاستیسیته استفاده میشود.ابتدا یک منبع نور داریم،این منبع نور هم میتواند شامل نور سفید باشد و هم شامل نور تک رنگ (مثل نور قرمز،سبز و...).اگر نور سفید باشد،در قطعه مورد نظر ما هاله های رنگی به وجود میاد و اگر نور تک رنگ باشد در قطعه ما هاله های سیاه پدید خواهد آمد.پس از منبع نور صفحه ای اپتیکی قرار میگرد،که پلاریزر (Polarizer) نام دارد .پس از پلاریزر ، نمونه فتوالاستیک قرار میگیرد،با توجه به آنکه تنش مستقل از جنس قطعه است،نمونه از جنس مخصوصی است که هاله های تنش را نشان دهد.پس از نمونه هم صفحه دیگری قرار میگیرد که آنالیزر (Analyzer) نام دارد.اگر به شکل دقت کنید،متوجه میشوید که محور پلاریزر و آنالیزر بر هم عمود است و هاله های تنش،از آنطرف آنالیزر مشاهده میشوند.ب) پلاریسکوپ دایره ای (Circular Polariscope):این پلاریسکوپ از آنجهت دایره ای نامیده شده که نور دایروی تولید میکند.مطابق شکل این پلاریسکوپ علاوه بر پلاریزر و آنالیزر دو صفحه موج (Wave Plate) به ترتیب قبل و بعد از نمونه هم دارد.نور معمولی خارج شده از منبع نور، پس از عبور از پلاریزر به صورت نور صفحه ای تغییر پیدا میکند و این نور صفحه ای پس از عبور از صفحه موج اول،به صورت نور دایره ای،تغییر پیدا میکند.نور دایره ای به نمونه برخورد کرده و پس از عبور از صفحه موج دوم،دوباره نور دایره ای به نور صفحه ای تبدیل میشود.این نور دایره ای سبب میشود،یکسری از هاله ها حذف شوند و تنها هاله هایی باقی بماند که تنش های اصلی را در نمونه نشان دهد.متاسفانه در ایران پلاریسکوپ های مجهز وجود ندارد و اکثرا بسیار ساده و قدیمی هستند.در تصویر زیر،شما یک پلاریسکوپ را مشاهده میکنید.دست راست و مکعب سفید رنگ در واقع منبع نور را تامین میکند،اهرم قرمز رنگ که به صورت فلکه مشاهده میکنید،برای بارگذاری قطعه استفاده میشود.و آخر از همه هم صفحه آنالیزر است که با نگاه به آن از بیرون،هاله های تنش های اصلی را در نمونه تحت بار،مشاهده میکنیم.یک مثالی از روش فتوالاستیسیته را بررسی مکنیم.در اینجا نمونه ی یک قلاب جرثقیل که برای بالابردن اجسام، تحت کشش است،نشان داده شده است.اول از همه هاله های ما رنگی است،پس نور استفاده شده نور سفید است.رنگ قرمز،بیشترین تنش را نشان میدهد و طبق جدولی که ارائه شد،به ترتیت آن رنگ ها،تنش نیز کاهش میابد.با توجه به این شکل محل های حساس برای دقت در ساخت قطعه کجاست؟یکی محل اتصال نیم دایره قلاب به تنه قلاب و یکی هم محل اعمال بار.اگر به وسط نیم دایره قلاب دقت کنید،یک هاله سیاه کوچک میبینید.این هاله سیاه در واقع تار خنثی را نشان میدهد،یعنی هیچ تنش خمشی آنجا وارد نمیشود و امن ترین قسمت قلاب،آن قسمت است.در مثال صفحه قبل از نور سفید استفاده کردیم و مشاهده شد که هاله های رنگی در جسم تشکیل شد.حالا در مثال زیر از نور تک رنگ استفاده میکنیم،مثل نور قرمز،نور سبز و....... هیچ تفاوتی نمیکند.همانطور که مشاهده میکنید،اینبار به جای هاله های رنگی،هاله های سیاه در جسم تشکیل شده است.در این شکل یک دیسک از دو طرف تحت کشش قرار دارد.گفتیم هرجا تمرکز هاله ها بیشتر باشد،تنش هم بیشتر است.ملاحظه میشود که در این دیسک،در محل اعمال بار،هاله بسیار تو هم تو هم هستند و با شمارش تعداد آنها میتوان تنش اصلی ماکزیم در دیسک را به دست آورد.نحوه به دست آوردت تنش ها با روش فتوالاستیسیته:در مطالب قبلی نحوه کار دستگاه پلاریسکوپ و همچنین چکونگی شکل گیری هاله ها را توضیح دادم.حال با توجه به این مطالب،چگونه میتوانیم از روی این هاله ها،تنش ها را به دست بیاوریم؟به روابط زیر دقت شود،در پست های بعد،توضیحات تفصیلی ارائه خواهد شد.فتو الاستیسیته تنها روشی است که مستقیم از روی آن میتوان تنش را در هر نقطه دلخواه اندازه گرفت.در سایر روش ها ابتدا باید کرنش را اندازه گرفت و سپس با توجه به روابط تنش-کرنش،مقادیر تنش را به دست آورد.همانطور که اشاره شد،فتو الاستیسته مستقیم تنش ها را میدهد.اما آیا این تنش،دقیقا تنش در نقطه دلخواه است؟جواب منفی است،فتوالاستیسته در واقع اختلاف تنش های اصلی را برای ما مشخص میکند.و همانطور که میدانیم تنش برشی ماکزیم،عبارتست از اختلاف تنش های اصلی تقسیم بر دو.اختلاف تنش های اصلی بابر است با:ضخامت قطعه (h) / ( ثابت هاله (f) \* شماره هاله در نقطه مورد نظر (N) ) حال نحوه به دست آوردن هر یک را توضیح میدهیم.h ضخامت قطعه: که با اندازه گیری به دست میاد،منظور از ضخامت،طولی است که نور عمود بر آن عبور میکند.ثابت هاله (f): که با روش کالیبراسیون در آزمایشگاه تعیین میشود و برای یک قطعه مشخص و جنس معلوم،همواره مقدار ثابتی است.شماره هاله در نقطه مورد نظر (N) : که با صفر گرفتن تنش برشی در سطح (سطح به عنوان مبدا شمارش تعیین میشود)،کافیست هاله ها را بشماریم تا به نقطه مورد نظر برسیم.همچنین با استفاده از قانون هوک میتوانیم،اختلاف کرنش های اصلی را نیز به دست بیاوریم.حال در مثال زیر نحوه به دست آوردت تنش توسط روش فتوالاستیسیته را توضیح میدهم:با توجه به رابطه ارائه شده،با داشتن شماره هاله در نقطه مورد نظر میتوان تنش برشی را محاسبه کرد،زیر بقیه پارامترها معلوم هستند.معمولا N=0 در تار خنثی گذاشته میشود و تار خنثی را باید با توجه به درک مهندسی حدس زد که اینجا با فلش قرمز نشان داده ام.سپس N افزایش میابد و هاله بعدی،شماره بعدی را خواهد گرفت.اگر زمینه پشت نمونه ما،روشن باشد،هاله بعدی 0.5 و بعد 1.5 و بعد 2.5 و......اما اگر زمینه پشت نمونه ما؛تاریک باشد،هاله بعدی 1 وبعد 2 و بعد 3 و.........تفاوت زمینه روشن و تاریکزمینه روشن و تاریک بستگی به قرار گرفتن صفحات موج و آنالیزر و پلاریزر دارد.که این زمینه باعث میشود،روند افزایشی شماره هاله ها فرق کرده و همچنین اگر نقطه ای در زمینه تاریک دیده نشد،ممکن است در زمینه روشن دیده شود و بر عکس.دوستان گرامی،روش فتو الاستیسیته به طور تقریبا کاملی در صفحات گذشته توضیح داده شد و دوستان اگر سوال یا ابهامی داشتند:میتوانند به صورت پیام خصوصی از اینجانب سوال کنند.پس از پایان توضیحات درباره روش فتوالاستیسیته،به سراغ یکی دیگر از روش های تحلیل تجربی تنش خواهیم رفت.نحوه آماده سازی پوشش در روش موری در شکل زیر نشان داده شده است:با توجه به شکل بالا،در حالت a نمونه مورد نظر ما را مشاهده میکنید.همچنین یک قالب (mold) که روی آن چسب روی فیلمی آلومینیومی ریخته شده است.این فیلم آلومینیومی در واقع همان شبکه هایی هستند که ما روی قطعه میچسبانیم.1200 خط در هر میلیمتر وجود دارد !!!!!در حالت b قطعه با فشار روی قالب سوار میشود.پس از خشک شدن چسب در حالت c ، قطعه از قالب جدا شده و شبکه بندی آلومینیومی روی قطعه شکل میگیرند.حال در روش موری،ما یک قطعه ای داریم که روی آن شبکه بندی شده است.گفته شد،در هر میلیمتر 1200 شبکه به طور استاندارد وجود دارد.در حالت بدون بار،این شبکه ها کاملا منظم هستند و وقتی نوری تابیده میشود،هاله های منظم منعکس میشوند.اما پس از بارگذاری،شبکه ها نامنظم شده و در نتیجه،هاله ها پس از منعکس شدن نور،به هم نزدیک یا دور میشوند.با تعیین تغییر فاصله هاله ها،در دو حالت بدون بار و تحت بار،کرنش به دست آمده و از روی کرنش،تنش به دست می آید.تعیین تنش های پسماند با استفاده از اشعه ایکس :تست اشعه ایکس یکی از تست های غیرمخرب برای تعیین تنش های پسماند میباشد.اساس این روش بر اساس این فرض عمل میکند که با اعمال تنش به قطعه، فاصله صفحات کریستالی به هم میریزد و این تغییر فاصله را میتوان به نوعی به تنش ها ربط داد.در شکل های زیر به ترتیب یک شکل شماتیک و نمای واقعی دستگاه نشان داده شده است :پوشش ترد (Brittle Coating) یکی از راه های تجربی تحلیل تنش هست.اگر بخوام ساده و با مثالی عمومی توضیح بدم،وقتی روی دستتون خمیر نان خشک میشه و شمادستتون رو باز و بسته میکنین، این خمیرها ترک میخورند و ترک ها از هم فاصله میگیرند.اگر بتوانیم این تغییر فاصله ها را به نحوی به کرنش ربط بدیم،میتوانیم تنش را به دست آوریم.مراجع برای این بخش بسیار اندکه، بنده کتابی رو از منابعی که خودم در اختیار دارم، برای استفاده از دوستان قرار میدم.امیدوارم بتونه بهشون کمک کنه.http://wdl.persiangig.com/pages/down...%20Coating.rarانواع روش های کرنش سنجی :روش های خروجی آنالوگ :روش های کلاسیک: شبکه بندی (Grid)، پوشش ترد(Brittle coating)روش های اپتیک : فوتو الاستیسیته (Photoelasticity) و (Holographic interferometry)روش های خروجی دیجیتال:کرنش سنج ها(strain gauge)پیزو الکتریک(piezo electric)مزایا و معایب دو روش شبکه بندی (Grid) و پوشش تر د(Brittle coating) :مزایا شبکه بندی : ساده و آسان ، کم هزینهمزایا پوشش ترد : دید کلی بر روی نقاط ماده ، مشخص بودن نقاط تمرکز تنشمعایب هر دو روش:تنها برای موادی که تغییر شکل قابل توجه دارند قابل استفاده است ، بسیار غیردقیق ، دسترسی 100% لازم است ، عدم امکان تبدیل اطلاعات به دیجیتالGage factor چیست؟ از چه روش هایی به دست می آید؟Gage factor نسبت تغییر نسبی در مقاومت گیج کرنش (Strain gage) به کرنش (ε) می باشد.1- روش آزمایشگاهی2- روش نموداری3- روش جدولیStrain Gauge (کرنش سنج) :شامل یک رسانای الکتریکی کشیده شده است که به صورت یک الگوی مارپیچ روی یک ورق نازک فلزی فرم داده می شود.این ورق فلزی برروی یک حامل عاق چسبیده می شود.حامل معمولا بوسیله یک چسب به عضو حامل بار می چسبد.کرنش بوسیله تغییر در مقاومت گیج اندازه گیری می شود.محدوده مجاز استفاده از کرنش سنج الكترونيكي :تا وقتيکه تنش در محدوده الاستيك سيم کرنش سنج باقي بماند.(در اثر اعمال تنش تغييرات ماندگار(پلاستیک) نداشته باشيم)مراحل نصب کرنش :آماده سازی سطح ، علامت زدن نقطه اندازه گيری ، لحيم کاری سيم های کرنش سنجوظيفه چسب کرنش سنج:اتصال محکم کرنش سنج به سطح ، انتقال تغيير شکل نمونه به گيج بدون تلفات ، عايق بندی کرنش سنجخواص سيستم هاي کرنش سنجي :ثابت کاليبراسيون با دما تغيير نكندکوچك بودن ابعاد کرنش سنجپاسخ گيج به کرنش، خطي باشدنصب آسانحداکثر خطاي گيج 10 % باشدخروجي کرنش سنج تحت تاثير عوامل محيطي نباشد.عوامل محیطی مثل رطوبت :مقاومت گيج را کاهش می دهد.تاثير چسب در انتقال کرنش از نمونه به گيج را کاهش می دهد...