طرح های اپتیمم

نوشته :

تقی ابتکار Ph. D. [1]

دانشکده فنی

مقدمه :

طرح قطعات مکانیکی درزمره مهمترین مسائلی است که یک مهندس درکارهای علمی باآن مواجه است. درطرحهای مکانیک برای قطعه موردنظر باید شکل هندسی ومواد سازنده طوری تعیین گردد که قطعه مزبور بتواند بنحو رضایت‌بخش از عهده وظائف محوله برآید.

از اتصال و سوار شدن قطعات مختلف مکانیکی برروی‌هم یک ساختمان مکانیکی ایجاد میشود که ممکن است مثلانیروئی‌را منتقل کند و یااینکه یک عمل فیزیکی موردنظر راانجام‌دهد. ماشین یک‌ساختمان مکانیکی است که از قطعات مختلف مکانیکی تشکیل شده که نسبت بهم ممکن است دارای حرکت باشند و قادرند مقداری انرژی را درجهت معلوم منتقل کنند.

۱ـ خواص قطعات مکانیک :

مطالعه روی قطعات مختلف مکانیکی مستعمله در ماشین نشان میدهند که این‌قطعات باید دارای مشخصه های زیر باشند :

الف ـ تمام قطعات مکانیک باید قادر باشند وظایف محوله را درماشین بخوبی انجام دهند. مثلا رینگ پیستون درموتور باید بتواند نیروهای جانبی‌را بخوبی به سیلندر منتقل کند ودرضمن رینگ باید بتواند فضای سیلندر را آب بندی کند. البته وظایف محوله به قطعات بتوسط پارامترهای مختلف ماشین محدود هستند. مثلانیروهای جانبی پیستون که رینگ‌مزبور باید تحمل کند بتوسط معادلات دینامیک معلوم‌میباشد همینطور میزان فشاری که درهنگام احتراق در سیلندر ایجاد میشود قدرت آب‌بندی رینگ را محدود میکند.

۱ـ قسمت سوم سلسله مقالات انرژی درشماره بعد چاپ میشود

ب ـ طرح یک قطعه مکانیک همواره همراه است با پیدایش یک‌سری پارامترهای نامطلوب. مثلا یک فاکتور نامطلوب در طرح کلیه قطعات مکانیک عبارتست از قیمت آن قطعه که همواره در جهت عکس خواسته های طراح تغییر خواهد کرد یعنی اگر برای قطعه مورد نظر جنس بهتر انتخاب شود و بااینکه ابعاد هم طوری انتخاب شوند که بتواند بهتر وظایف محوله را انجام دهد هزینه تولید و ساختن آن در جهت غیر مطلوب بالا میرود. فاکتورهای دیگری را نیز میتوان نام برد که هنگام طرح قطعه نامطلوب می‌باشند مثلا خمیدگی قطعه یا تنش و وزن آن و یا فضائی که اشغال میکند یاارتعاشات و غیره. درطرحهای مختلف یک یا چند نمونه ازاین پارامترهای غیرمطلوب ممکن است وارد شوند.

ج ـ تمام قطعات مکانیکی با تعیین شکل هندسی و جنس کاملا معلوم ومشخص میشوند.

۲ـ نوع معادلات طرح قطعات مکانیک :

از مطالعه قطعات مختلف مکانیک مستعمله در ماشینها معلوم میشود که معادلات طرح ، وظایف قطعات مکانیکی را بصورت پارامترهائی که تابع سه گروه اصلی زیر هستند تقسیم‌بندی میکند.

a — پارامترهای مربوط بوظایف محوله بقطعه.

b — پارامترهای مربوط به جنس و ماده انتخابی قطعه.

c — پارامترهای مربوط بشکل هندسی قطعه.

دراین طبقه‌بندی معلوم‌میشود که پارامترهای مربوط بوظایف محوله بستگی‌بطرح مخصوص‌ماشین دارند وقطعه موردنظر قسمت خاصی ازاین وظایف را باید انجام دهد. این پارامترها عموماً ازقطعه مورد نظر مستقل هستند. بنابراین درمعادله طرح این پارامترها از پارامترهای مربوط به‌جنس‌وشکل قطعه جداخواهند بود. از طرفی پارامترهای مربوط به جنس قطعه در معادله طرح معمولا ازهم مستقل نمیباشند. مثلا جرم مخصوص قطعه و ارزش واحد جرم قطعه و مدول الاستیسیته E و نسبت پوسان ν معمولا پارامترهای مربوط به جنس قطعه هستند که چنانکه میدانیم عموماً تابع یکدیگر میباشند. بالاخره در مورد پارامترهای شکل هندسی. معمولا ابعاد هندسی را بصورت پارامترهای مستقل ازهم انتخاب میکنند و بدین ترتیب پس از مشخص کردن آنها قطعه کاملا تعیین میشود. در این مقدمه فقط متذکر میشود که از نظر ریاضی برخلاف پارامترهای مربوط به جنس قطعه پارامترهای هندسی بشکل کاملا پیوسته قابل تغییر هستند. با این شرح شکل معادلات طرح بفرم کلی زیر خلاصه میشود :

$$B=f(\text{پارامترهای وظایف محوله} \quad \text{و} \quad \text{پارامترهای مواد} \quad \text{و} \quad \text{پارامترهای هندسی})$$

پارامترهای هندسی ← مستقل از یکدیگر

پارامترهای مواد ← تابع یکدیگر

پارامترهای وظایف محوله ← مستقل از قطعه

۳ـ طرح مناسب وطرح اپتیمم :

طرحهای معمولی که درآن طرح کننده برطبق روابط ومعادلات موجود نوع جنس و ابعاد قطعه را

محاسبه میکند بنا بتعریف طرح مناسب نامیده میشود و برای بسیاری از محاسبات معمولی ممکن است طرح مناسب همان طرح اپتیمم باشد. در طرحهای اپتیمم منظور اصلی طرح کننده عبارتست ازانتخاب نوع جنس و ابعاد قطعه بمنظور آنکه قطعه مکانیکی در مورد پارامتر معینی دارای خاصیت حد اکثر باشد و یا آنکه برعکس درمورد پارامتری دارای خاصیت حداقل باشد. مثلا قطعه باید طوری طرح شود که قیمت تمام کرد آن حد اقل ممکن باشد یا اینکه وزن آن کمترین مقدار را داشته باشد و خمیدگی آن حداقل باشد و غیره، ودرمورد پارامترهائی که باید حداکثر شوند مثلا میتوان گفت که محوری باید بتوسط طرحهای اپتیمم طوری طرح شود که ظرفیت حمل حداکثر قدرت را داشته باشد و یا اینکه قطعه‌ای محاسبه شود که بتوان در آن حداکثر انرژی را ذخیره کرد یا اینکه دارای سرعت حداکثر باشد. بنابراین ازاین‌نظر طرحهای اپتیمم حائز اهمیت هستند که متوجه یک وضع استثنائی و فوق‌العاده در پارامترهای مربوط به قطعه مکانیک می‌شوند. مسائل طرحهای اپتیمم با وارد شدن محدودیت‌های مربوط به‌انتخاب جنس و ابعاد هندسی که معمولا در ماشین موجود است گاهی بصورت بسیار مشکل درمی‌آید ولی درهرحال بهترین و موفق‌ترین راه حل مسئله بنظر میرسد.

٤ـ متد طرحهای اپتیمم :

دراین قسمت به بیان متد طرح اپتیمم مبادرت میشود. هر طرح اپتیمم بطورکلی دارای معادلات زیر میباشد.

الف : معادله اولیه طرح ـ این معادله مهمترین معادله طرح است و در قسمتهای قبل فرم عمده پارامترهای آنرا مورد بحث قرار دادیم. چنانکه میدانیم این معادله پارامتری را که باید به‌حد اپتیمم برسد نشان میدهد. این معادله نشان میدهد که چگونه خاصیت مطلوب درطرح قطعه به‌سایر متغیرها مربوط است مثلا در محاسبه سیلندر موتور دیزل مسئله اصلی تعیین طرحی است که بتواند ازعهده فشارهای زیاد داخلی برآید زیرا دراینمورد طرح موتور دیزل متوجه قدرتهای زیاد است. برعکس در موتور هواپیما باید سیلندر طوری طرح شود که ضمن انجام وظیفه تحمل فشار متداول داخلی وزن آن زیاد نشود. در مثال اول قدرت تحمل فشار زیاد که مورد بحث قرارگرفت یک پارامتر مطلوبست در مثال دوم وزن قطعه باید کم شود و بنابراین وزن قطعه پارامتر نامطلوب خواهد بود.

ب ـ معادله ثانوی طرح : در طرحهای اپتیمم علاوه بر معادله اصلی هرنوع معادله دیگری که در محاسبه طرح قطعه پیش می‌آید معادله ثانوی طرح نامیده میشود. تجربه نشان میدهد که درطرحهای اپتیمم موفقیت‌آمیز لازم است که تمامی‌معادلات ثانوی مربوط به محاسبهٔ قطعه‌را مورد بررسی قرار دهند.

ج ـ معادلات حد : در محاسبه طرح یک قطعه چنانکه قبلا هم بیان شد همیشه روی پارامترهای مختلف محدودیت‌هائی موجود است. مثلا تنش در فلزات درحد مجاز محدود میشود ودرموتورهای بنزینی

نسبت تراکم نمیتواند ازحد معینی بیشتر شود . اغلب ابعاد جسم در ماشین گاهی بتوسط فضای موجود محدود میگردد .

مثلا درطرح یاتاقان اغلب این محدودیت موجود میباشد . دراین قسمت یادآور می‌شود که عملا دونوع محدودیت ممکن است پیش آید . محدودیت‌هائی که بتوسط پارامترهای معلوم ومشخص ایجاد شده که بهیچ عنوان قابل تغییر نیستند . این نوع محدودیت را محدودیت مطلق میگوئیم . برعکس مواردی پیش می‌آید که امکان تغییر مختصری درحدود تغییرات ممکن است این محدودیت‌ها را محدودیت‌های غیرمطلق می گویند . تولرانس ها که در ساختن ماشین و سوار کردن قطعات مکانیک عمل اساسی را دارند در ردیف محدودیت‌های مطلق هستند .

۵ـ اصول طرحهای اپتیمم :

در این فصل اصول طرحهای اپتیمم مورد مطالعه قرار میگیرد وجهت روشن شدن میتوان بذکر مسائلی مبادرت نمود . ملاحظه میشود که بعلت‌وجود محدودیتهای مختلف درهرمسئله سه‌حالت ممکن‌است اتفاق افتد .

درتمام طرحهای اپتیمم باید اصول زیر را رعایت نمود :

الف ـ مقدمتاً باید شکل تقریبی قطعه مورد نظر طراحی‌شده ودرآن وضع هندسی قطعه معلوم گردد . اگر بعضی ازاین پارامترها قبلا معلوم هستند اندازه‌های مزبور روی این‌طرح مقدماتی برده شود .

ب ـ معادله اولیه طرح‌اپتیمم باتوجه به‌پارامتری که باید اپتیمم‌شود بصورت تابعی ازسایرمتغیرها نوشته شود .

ج ـ تمام معادلات کمکی (که در بالابصورت معادلات ثانوی طرح‌معرفی‌شدند) باید نوشته شوند .

د ـ تمامی معادلات حدکه درطرح مورد نظر وارد میشود . اعم از معادلات تعیین کننده حد روی نوع جسم و یامعادلات مربوط به شکل هندسی قطعه رابابد نوشت .

ه ـ دراین مرحله باید تمامی معادلات ثانوی طرح با معادله اولیه طرح ترکیب شوند . دراین ترکیب باید سعی شود پارامترهائی که محدود نشده‌اند و ضمناً قبلا هم تعیین نشده‌اند حذف گردند پس از این عمل معادله طرح بصورت معادله‌ای درمی‌آید که در آن پارامترهای مستقل قرار دارند . این معادله را معادله تغییریافته طرح میگویند . دراین مرحله پیشنهاد میشود که پارامترهای هندسی حذف شود . زیرا چنانکه قبلا دیدیم تغییرات آنها پیوسته بوده ومعمولا از یکدیگر مستقل هم میباشند ومخصوصاً باید ازحذف پارامترهائی نظیر پارامترهای تعیین کننده جنس قطعه اجتناب کرد .

و ـ بابکار بردن معادله تغییر یافته طرح سعی شود که تقریباً تغییرات پارامترهای اصلی‌طرح اپتیمم برحسب سایر متغیرها تعیین و ترسیم گردد .

ز ـ با توجه به منحنی‌های نمایش تغییرات مندرج در بند «و» معادلات حدود را نیز بکار برده و بدین‌ترتیب میتوان وضع اپتیمم پارامتر موردنظر را تعیین کرد.

ح ـ ازروی مشخصات تعیین شده در قسمت «ز» باید بتوان نوع وجنس مولد اپتیمم موردنیاز طرح را تعیین کرد.

ط ـ در قسمتهای بالا قاعدتاً باید مقدار زیادی از پارامترهای هندسی قطعه تعیین شده باشد ولی درهرحال چون این پارامترها را در بالا حذف نمودیم درصورتیکه پارامتری هنوز مجهول باشد باید بتوسط معادلات ثانوی محاسبه گردد.

مثال ۱ :

جهت درك اصول فوق مبادرت بذکر مثال ساده‌ای میشود. البته باید دانست که هرگونه مسئله پیچیده طرح اپتیمم که عملا ممکن‌است باآن مواجه شویم بتوسط اصول فوق قابل حل‌است ونمونه‌ای ازاین مسائل در انتهای این مقاله ارائه شده است.

حالت ۱ :

فرض کنیم که لازمست یک میله که تحت تأثیر بار ساده کششی است محاسبه گردد این میله باید دارای طول L بوده و بار ثابت P را تحمل‌میکند. فرض میکنیم که لازمست تعدادزیادی از این میله بتوسط ریخته گری ساخته شود. بنابراین منطقی بنظر میرسد که هدف طرح اپتیمم را بطرف ارزان ساختن این قطعه متوجه نمائیم یعنی پارامتر مطلوبی که باید به حد می‌نیمم برسد ارزش قطعه خواهد بود بنابراین مسئله عبارتست از انتخاب مناسبترین نوع جنس ریخته گری و اندازه سطح مقطع مناسب برای اینکه میله مزبور دارای ارزان‌ترین قیمت باشد.

چنانکه میدانیم ارزش کلی قطعه‌ای که باید بتوسط کارخانه ساخته شود برابر است با :

$$C = C_o + C_t + C_l + C_m$$

که درآن C عبارتست از قیمت کل و C_o یعنی مخارج ثابت تشکیلات کارخانه (مثل سود سرمایه و کرایه محل و غیره) و C_t یعنی ارزش وسائل کار و ابزار کار و C_l یعنی هزینه کارگری و بالاخره C_m یعنی قیمت مواد بکار رفته برای قطعه و درطرحهای عملی اغلب اهمیت C_m از بقیه بیشتر است بنابراین سعی بر این خواهد بود که میزان C_m را بحداقل برسانیم ولی اگر A سطح مقطع باشد :

$$C_m = C\omega V = C\omega(AL) \qquad (۱)$$

که درآن C_m عبارتست از ارزش جنس قطعه و C عبارتست ازارزش واحد وزن جنس قطعه به (ریال برای هرگرم) و ω عبارتست از دانسیته وزنی برحسب گرم بر سانتیمتر مکعب معادله (۱) عبارتست از معادله اولیه طرح اگر درمورد تنش ناشی از بارفوق محدودیتی درکار نیاید معادله ثانوی وجود نخواهدداشت ولی

اگر خستگی فشار محدود شود معادله ثانوی بصورت خستگی فشاری عبارت میشود از :

$$\sigma_{max} = \frac{P}{A} \qquad (۲)$$

درحالیکه :

$$\sigma_{max} < k\sigma_y \qquad (۳)$$

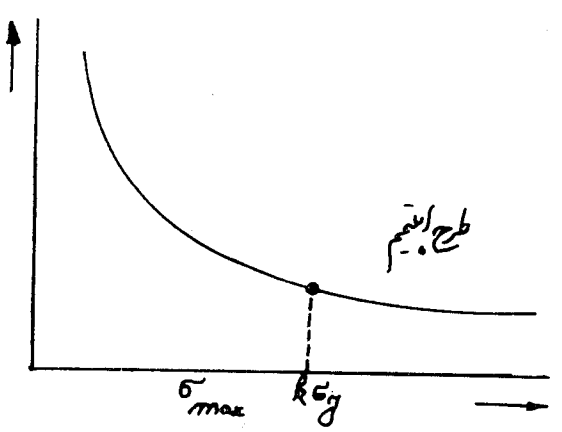
که درآن σ_y تنش انقطاع قطعه و k ضریب اطمینان است که مقدار انتخابی معلومی است ضمناً معادله (۳) عبارتست از معادله حد. تمامی معادلات فوق در این مسئله ساده مقاومت مصالح بصورتهای ساده هستند حال مطابق آنچه دراصول دیدیم لازمست بین‌معادله اولیه ومعادله ثانوی طرح پارامتر تعیین‌نشده وهندسی A که ضمناً محدود هم نشده حذف شود. پس :

$$C_m = C\omega L\left(\frac{P}{\sigma_{max}}\right) \qquad (٤)$$

در این رابطه که همان معادله تغییر یافته طرح است ملاحظه میشود که قیمت جنس قطعه بطور مستقیم با $(C\omega)$ و PL رابطه دارد وضمناً با σ_{max} که پارامتر مستقل است (جانشین پارامتر مستقل A شده) بطور معکوس رابطه دارد. بعلت سادگی مسئله تغییرات مزبور نیز بسهولت قابل درك هستند. در مرحله بعد باید اثر معادله حدرا بررسی کرد. یعنی باید معادلات (۳) و (٤) را باهم درنظرگرفت. ملاحظه میشود که برای پیداکردن قیمت حداقل باید حداکثر σ یعنی $k\sigma_y$ را قرار داد. پس :

$$C_m = C\omega L\frac{P}{k\sigma_y} = \left(\frac{PL}{k}\right)\left(\frac{C\omega}{\sigma_y}\right) \qquad (٥)$$

درمعادله (٥) k , P , L پارامترهای انتخابی اولیه مسئله هستند که مقادیر معلومی میباشند و شاید نتوان آنها را تغییر داد درهرحال اگر دراینمورد امکانی وجود داشته باشد باید $\left[\frac{PL}{k}\right]$ بحداقل تقلیل یابد. میتوان تغییرات قیمت را برحسب σ مطابق شکل ترسیم کرده و بسهولت وضع اپتیمم قیمت را برای حداکثر $k\sigma_y$ مجاز تعیین کرد.



معادله (٥) همچنین نشان‌میدهد که چگونه‌باید جنس‌قطعه تعیین گردد. باید قبلاجدولی تشکیل داد و پارامتر $\left(\frac{C\omega}{\sigma_y}\right)$ راکه فقط مربوط به جنس قطعه است برای چندین فلز قابل ریخته گری تعیین کرد و کاملا واضح است که جنس اپتیمم موقعی پیدا میشود که $\left(\frac{C\omega}{\sigma_y}\right)$ حد اقل را داشته باشد. در انتخاب نوع جنس قطعه که باین ترتیب انجام‌میشود P , L , k هیچگونه تأثیری‌ندارند. درخاتمه بایدمقدار اپتیمم A تعیین شود برای اینکار چنانکه دراصول بیان شد کافی است. معادله ثانوی (٥) را با معادله حد (٣) ترکیب میکنیم و برای σ_{max} حداکثر آنرا چنانکه گفته شد انتخاب نمائیم:

$$\frac{P}{A}=k\sigma_y$$

$$A_{OPT}=\frac{P}{k\sigma_y} \qquad (٦)$$

بنابراین A تعیین میشود. اندازه σ_y دراین رابطه البته از روی جدول مواد که قبلا برای جنس اپتیمم قطعه تعیین شده است. باین ترتیب طرح اپتیمم ساده مزبور تمام میشود.

حالت ٢ :

اگر یک معادله حد دیگری بعلت وضع خاص طرح پیش آید. مثلا اگر لازم باشد که سطح مقطع A ازحد معینی کمتر نباشد یک علت عملی میتوان برای آن پیش آورد وآن اینست که در هنگام ریخته گری حداقل سطح ممکن برای‌اینکه جریان فلزمذاب بخوبی انجام‌شود عبارتست از A_{min} بنابراین باید $A\geqslant A_{min}$ پس معادله اولیه طرح مانند سابق عبارتست از:

$$C_m=C\omega LA$$

ومعادله ثانویه طرح میشود:

$$\sigma_{max}=\frac{P}{A}$$

و بالاخره معادلات حد بترتیب عبارتند از:

$$\sigma_{max}\leqslant k\sigma_y$$

و

$$A\geqslant A_{min} \qquad (٧)$$

دراینجا باید عملیات مختصری بر اصول گفته شده درفوق اضافه‌نمود. فرض میکنیم موقتاً معادلات حد (٣) یا (٧) وجودندارد دراین‌مثال جهت انجام عملیات فرض‌میشود موقتاً معادله حد (٧) وجود ندارد. بعنوان‌تمرین میتوان معادله (٣) را موقتاً نادیده گرفت وثابت نمود که نتیجه حاصل یکسان است. بنابراین حل مسئله دراین وضع نیز برمیگردد بحالت قبل. چنانکه دیدیم پارامتر A را بین دو معادله (١)

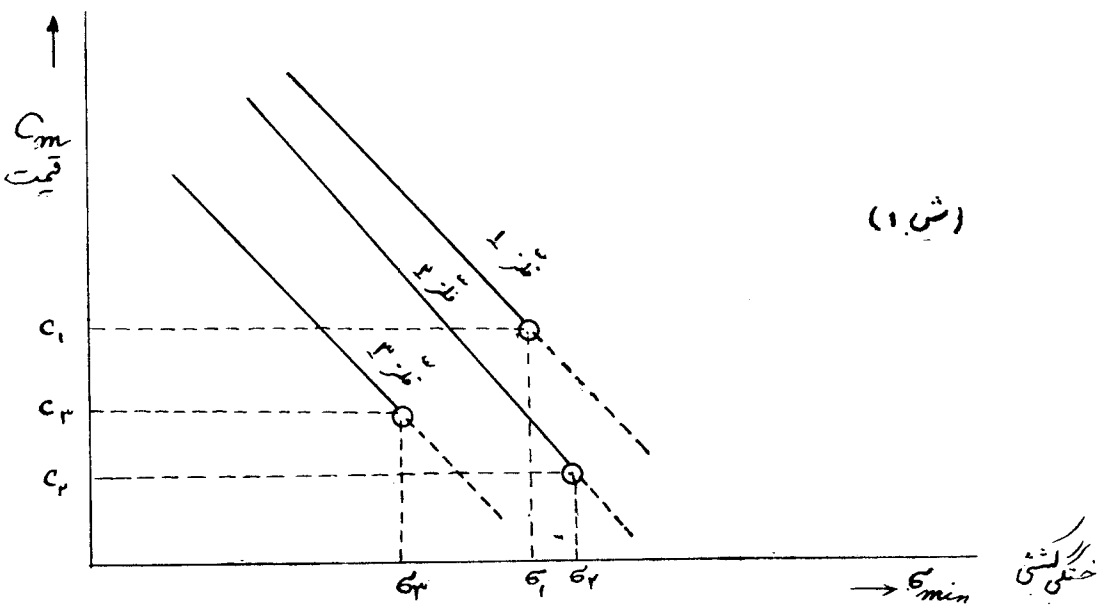
و (۲) حذف نمود. معادله تغییر یافته طرح را بصورت زیر می‌نویسیم :

$$C_m = C\omega L\left(\frac{P}{\sigma_{max}}\right) \qquad (٤)$$

حالا باید تغییرات C_m را برحسب پارامتر σ_{max} پیدا کرده ومحدودیت σ_{max} را هم بحساب‌آورد. برای بررسی تغییرات مزبور ممکن است مانند شکل‌قبل عمل کرد ولی‌ساده‌تر اینست که ازدوطرف این‌معادله لگاریتم گرفته شود تا معادله بصورت زیر درآید.

$$\log C_m = \log(PL) + \log(C\omega) - \log\sigma_{max} \qquad (٨)$$

درمعادله (۸) σ_{max} متغیر است و L و P مقادیر ثابت هستند و Cω بصورت پارامتر جنس قطعه است که از روی جداول چنانکه قبلا گفته شد برای مواد مختلف قابل تعیین است نمایش تغییرات معادله (۸) روی کاغذ لگاریتمی عبارتست از شکل ۱.



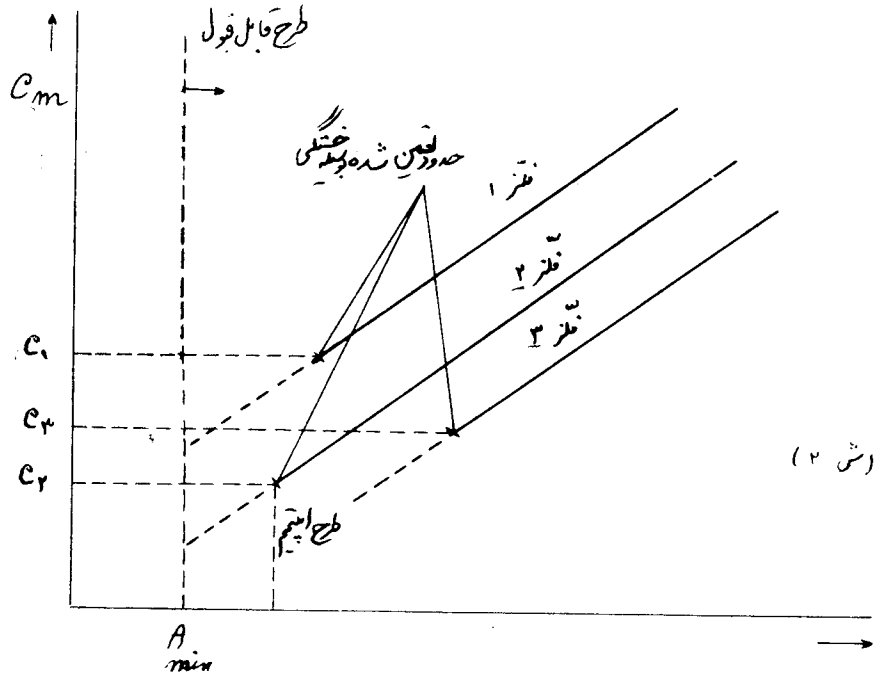
(شکل ۱)

دراین شکل فرض اینست که سه نوع مختلف ماده مورد بررسی قرارگرفته است و از روی معادله فوق پیداست که این تغییرات بصورت خطوط مستقیم موازی میباشد و برای مواد مختلف میتوان حدود σ_1 و σ_2 و σ_3 را از روی معادله حد (۳) پیدا کرد از روی شکل معلوم میشود که فلز شماره ۲ نظیر حداقل قیمت است بنابراین درطرح اپتیمم ازآن استفاده میشود. پس‌از تعیین این‌قیمت اپتیمم میتوان بوسیله معادله اولیه طرح یعنی معادله (۱) میزان A اپتیمم را برای سه‌نوع فلز مختلف مزبور پیدا کرد.

از معادله (۱) :

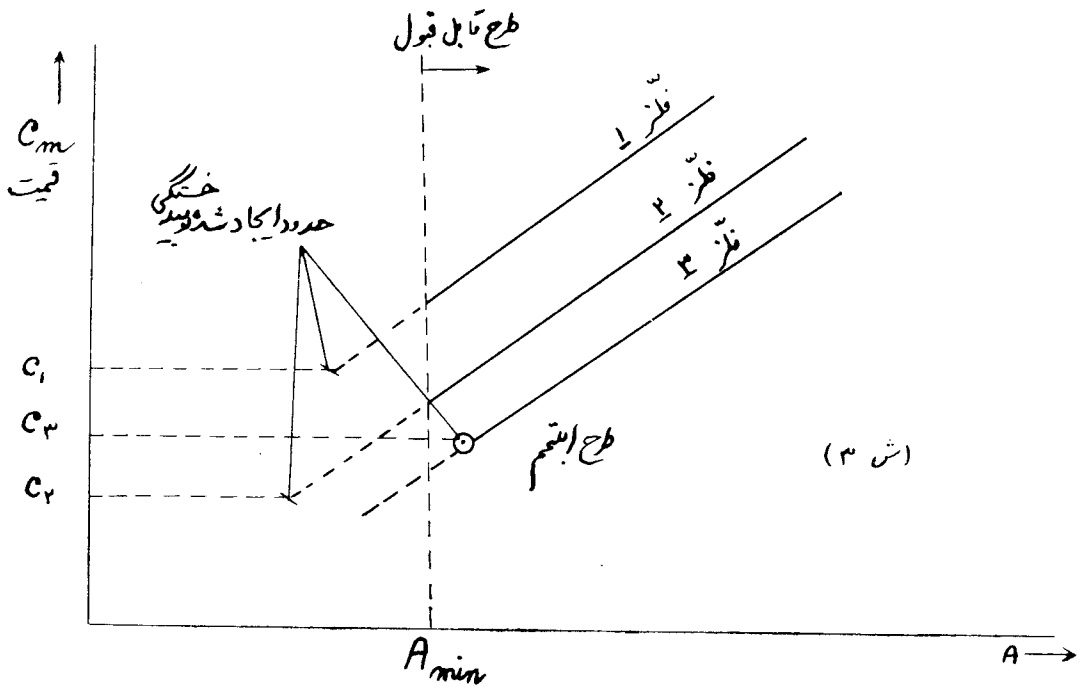
$$\log C_m = \log L + \log(C\omega) + \log A$$

معادله مزبور برای فلزات سه گانه مزبور در شکل ۲ روی کاغذ لگاریتمی ترسیم شده است.



(ش ۲)

مانند شکل قبل نمایش تغییرات بصورت خطوط موازی است قیمت‌های C_1 و C_2 و C_3 از روی شکل قبل نقل شده است . در روی شکل (۱) میتوان از روی معادلهٔ حد (۷) میزان A_{min} را نقل کرد و بستگی باینکه موقعیت A_{min} درکجا هست مطابق شکل تقریباً وضع اپتیمم را تعیین نمود درشکل ۲ همان فلز نمره (۲) بصورت جواب اپتیمم مسئله است اما اگر میزان A_{min} بیشتر باشد یعنی‌مانند شکل(۳) ملاحظه میشود که بعلت وضع خاص حد A_{min} دیگر فلز (۲) جواب طرح اپتیمم نمیباشد بلکه طرح اپتیمم مربوط به



(ش ۳)

فلز شماره (۳) است و قیمت اپتیمم برای این‌حالت بجای C_2 میزان C_3 میباشد. در این حال مسئله همیشه دارای جواب است.

حالت ۳ :

ممکن است یک معادله دیگر به معادله ثانوی حالت ۲ اضافه کرد دراین‌حال چنانکه خواهیم دید ممکن است مسئله دارای جوابی نباشد. حالت ۳ را باین شکل میتوان پیشنهاد کرد که لازمست دراین مسئله گرادیان نیروی محوری برابر مقدار معینی مثل K_1 باشد. بنا بتعریف اگر Δ میزان اضافه طول میله پس از وارد شدن بار P باشد گرادیان نیروی مزبور میشود.

$$K=\frac{P}{\Delta}$$

ولی :

$$E=\frac{P/A}{\Delta/L}=\frac{PL}{A\Delta}$$

و

$$K=\frac{AE}{L}=K_1$$

بنابراین معادلات طرح دراین‌حالت میشود :

معادله اول :

$$C_m=C\omega AL \qquad (1)$$

معادلات ثانویه عبارتند از :

$$\begin{cases} \sigma_{max}=\dfrac{P}{A} & (2) \\ K=K_1=\dfrac{AE}{L} & (9) \end{cases}$$

معادله حد اول :

$$\sigma_{max}\leqslant k\sigma_y \qquad (3)$$

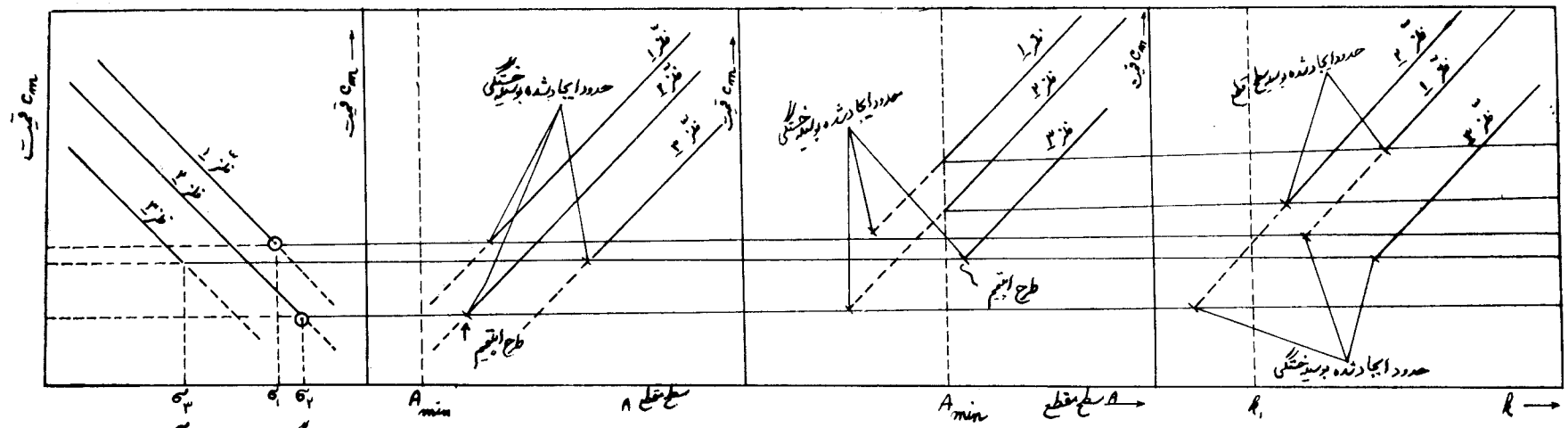
معادله حد دوم :

$$A\geqslant A_{min} \qquad (4)$$

عیناً مانند حالت دوم عمل کرده وشکلهای شماره ۱ و ۲ و ۳ را ترسیم میکنیم و حدود تعیین شده بوسیله تنش σ_{max} وسطح مقطع A_{min} را ترسیم میکنیم. برای تعیین اثر حدود K معادلات (۱) و (۹) را ترکیب کرده پارامتر مستقل A را بین آنها حذف میکنیم وداریم :

$$C_m=C\omega L^2\frac{k}{E}$$

ولگاریتم آن میشود :

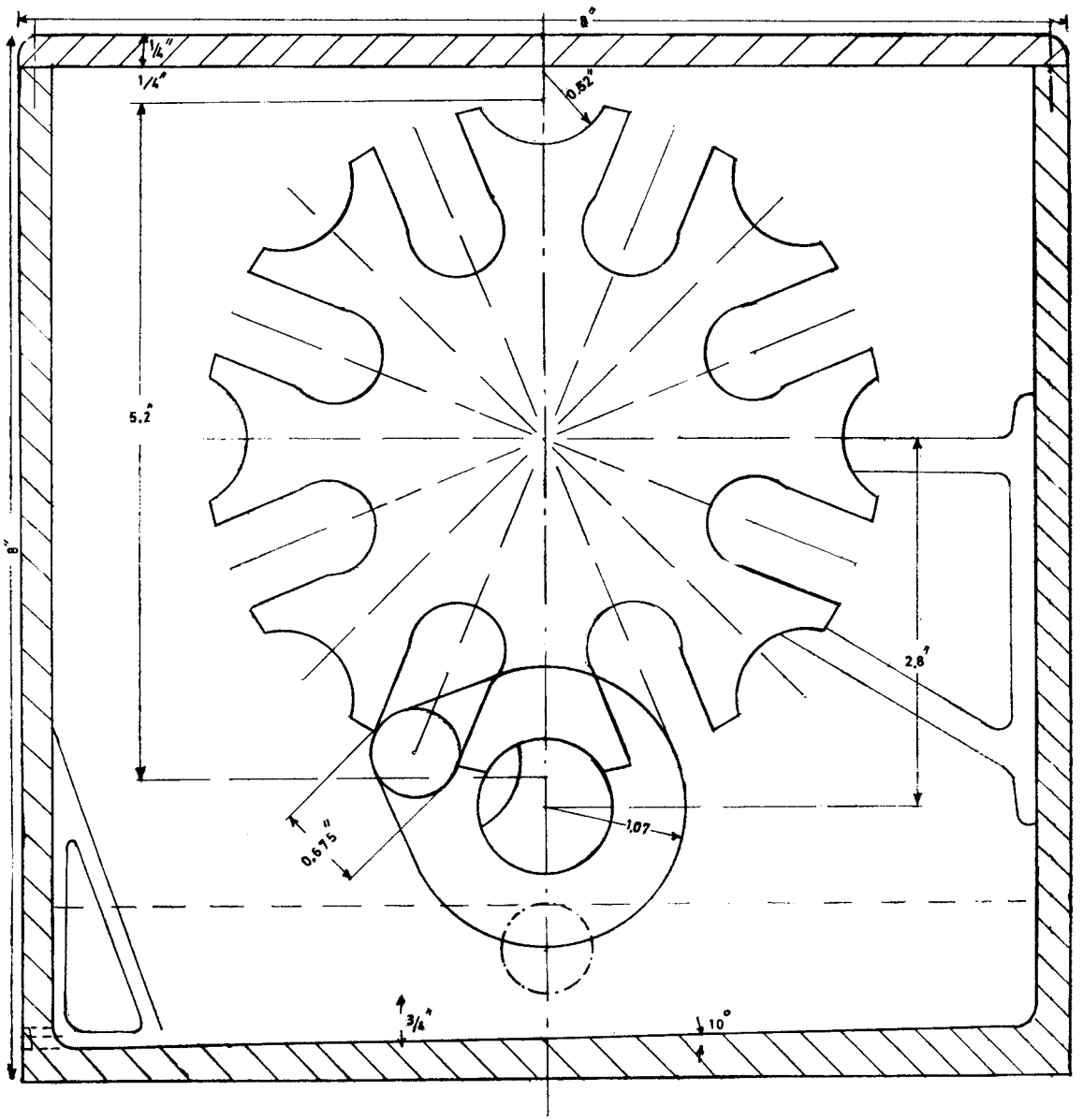


طرح اپتیم قطعات مکانیک

شکل‌های شماره ۱ و ۲ و ۳ و ٤ جهت مقایسه در یک صفحه ترسیم شده‌اند.

$$\log C_m = 2\log L + \log\left(\frac{C\omega}{E}\right) + \log K \qquad (10)$$

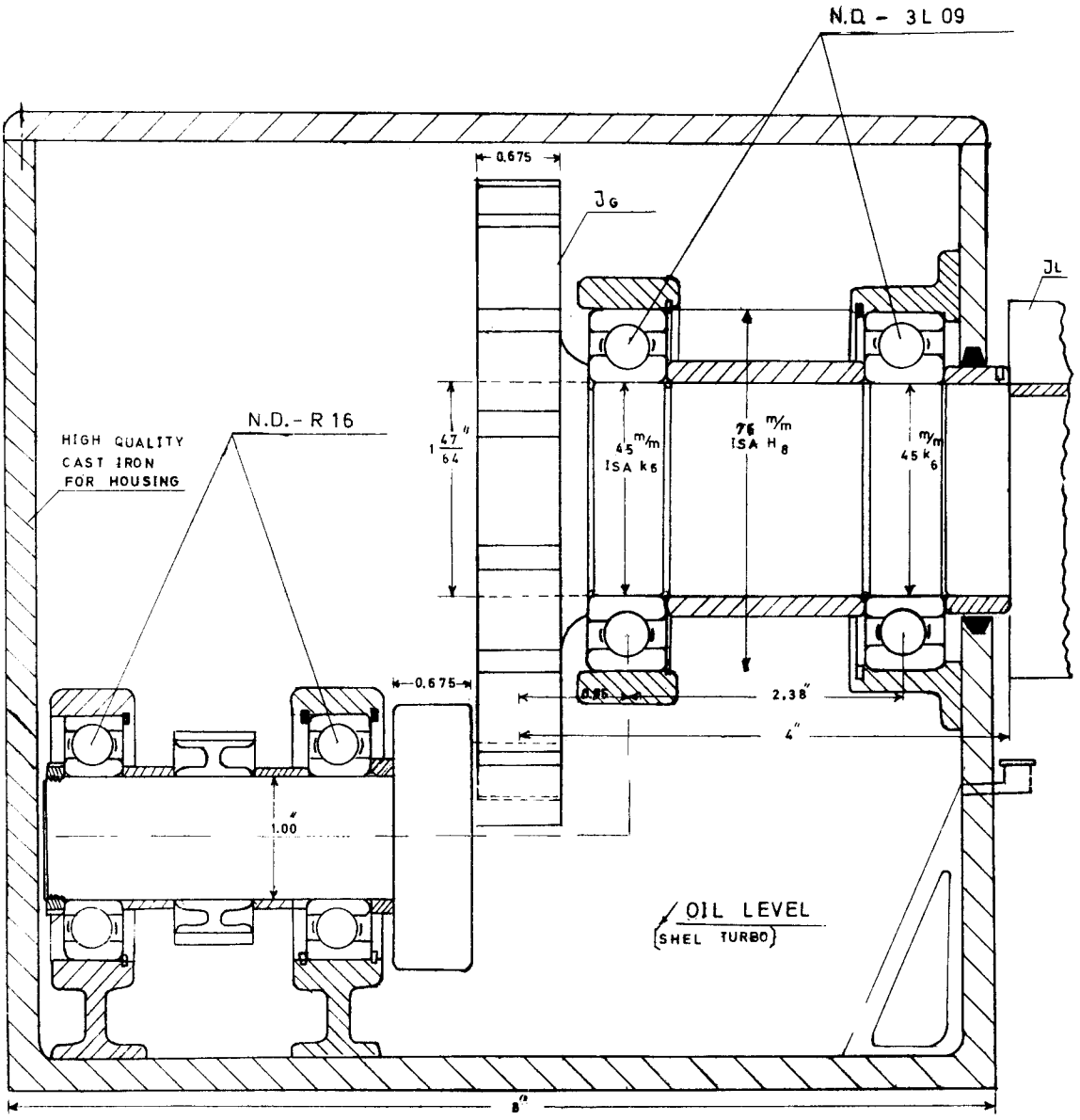
حال روی کاغذ لگاریتم میتوان بااستفاده از شکلهای ۱ و۳ و تعیین حدود تعیین شده بوسیله تنش وسطح مقطع دیاگرام ٤ را مطابق شکل ترسیم کرد. این دیاگرام برای فلزات ۱ و ۲ و ۳ از روی معادله



FOR MORE DITAIL ABOUT MATERIAL SEE ENCLOSED PAPER

(۱۰) ترسیم شده‌است $\log k$ متغیر و $\log C_m$ تابع است. ازروی شکل پیداست که خطوط پر که نماینده وجود طرح است خط K_1 را قطع نکرده‌اند. بنابراین دراین حالت خاص مسئله جواب‌ندارد. اگر میزان K_1 طوری باشد که خط عمودی نظیر آن از روی محور افقی یکی از خطوط پر مزبور را قطع کند نقطه نظیر کمترین قیمت C_m جواب مسئله‌است. دراینحالت ممکن‌است برای‌اینکه جوابی برای‌طرح ایجاد کنیم براندازه K_1 مقداری

اضافه کنیم وهمچنین قدری حدود روی A_{min} را تغییردهیم تاخط عمودی بر محور افقی ازنقطه K_1 درجائی خطوط پر نمایش‌دهنده فلزات ۱ و۲ و۳ (یکی یا چندتای آنهارا) قطع کند نقطه مزبور جواب مسئله خواهد بود .



(ش ٥)

مثال ۲ :

یک مکانیسم جنوا Geneva Mechanism مطابق شکل ٥ را درنظر میگیریم دراین مسئله لازم

است حرکت منقطع بسیار سریعی که تناوب آن ممکن است تا ۰ برسد محاسبه گردد از این اسباب در بایگانی‌هائی که مجهز به کامپیوتر است استفاده میشود . باینوسیله میتوان درمدت کمی خلاصه پرونده‌های مختلف را دربرابر دوربین عکاسی که مأمور انتخاب پرونده مورد نظر است قرار داد . اسباب چنانکه دیده میشود عبارتست از چرخی که بوسیله انگشتی بحرکت منقطع درمی‌آید.

درطرح باید دامنه ارتعاش این چرخ درحد معینی باشد (۰ . . . ر. اینچ) وتمامی دستگاه باید در جعبه‌ای بابعاد ۸×۸×۸ اینچ جاگیرد (محدودیت فضائی) میزان بار داخلی برابر وزن دیسکی از جنس آلومینیم است که قطر آن ٦ اینچ ، ضخامت آن نیم اینچ است زاویه چرخش چرخ مکانیسم باید ۱۰ درجه باشد. هدف طرح اپتیمم البته رسیدن بحرکت منقطع . ۰ سیکل در ثانیه است و لازمست ابعاد ونوع جنس وطرز روغن کاری این سیستم مشخص گردد .

شکل‌شماره ۰ طرح کامل جواب این‌مسئله است که بعنوان تمرین محاسبات‌آنرا بعهده خوانندگان می گذارد .