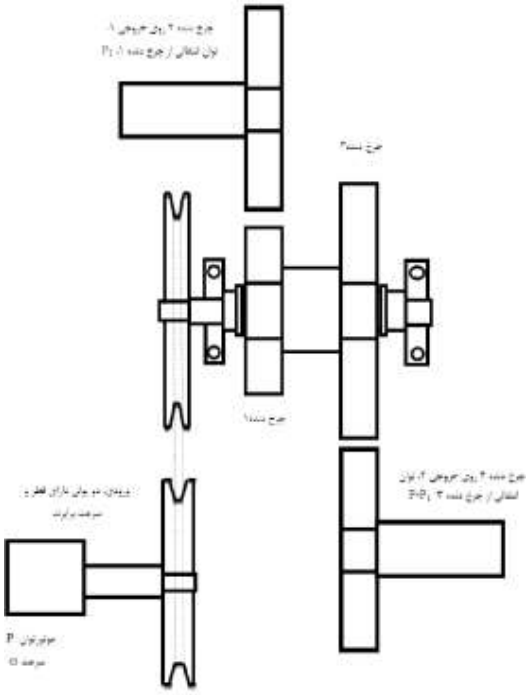
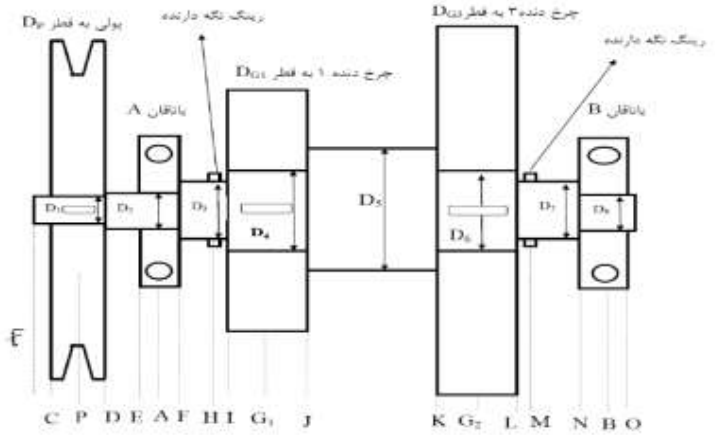
صورت پروژه:



یک سیستم انتقال قدرت با دورمشخص که دارای مقدار (rpm) ۱۸۰۰ در شکل روبرو نمایش داده شده است.

مطابق شکل توان موتور به اندازه(kw) ۱۲.۵ بوده که توسط یک پولی به قطر(mm) ۵۵ و تسمه به پولی دیگر روی شفت میانی انتقال داده می شود. شفت میانی علاوه بر پولی شامل دو یاتاقان و دو چرخ دنده می باشد که دو چرخدنده ۱، به قطر(mm) ۶۰، و چرخدنده۳ به قطر(mm) ۱۲۰ ،با دو چرخ دنده دیگر ۲و۴ روی خروجی های ۱ و ۲ درگیرند و توان موتور را با میزان مشخص به دو شفت خروجی دیگر با نسبت مساوی منتقل می نمایند .مطلوبست طراحی شفت میانی (شامل انتخاب ماده و ابعاد).

پولی و چرخ دنده ها توسط خار با جای خار فرز انگشتی روی شفت قرار گرفته اند. حرکت محوری چرخ دنده ها علاوه بر شانه ها توسط رینگ های نگه دارنده کنترل می گردد.



ابعاد طولی موقعیت نقاط نشان داده شده در شکل زیرابعاد زیر به میلی متر می باشد.

C: ۵, P:۲۵, D:۵۵, E:۷۵, A:۹۰, F: ۱۰۵, H:۱۲۲, I:۱۲۵, G۱: ۱۵۰, J: ۱۷۵, K: ۲۷۵, G۲: ۳۰۰, L: ۳۲۵, M:۳۲۸, N:۳۴۵, B: ۳۶۰, O: ۳۷۵

فرضیات پروژه:

- بدست آوردن نیروهای یاتاقان‌ها و چرخدنده‌ها از قوانین تعادل نیرویی و گشتاور محاسبه شد
- زاویه چرخدنده ها در محاسبه نیروی مماسی ۲۰ درجه است.
- توان انتقالی به شفت های مجاور طبق صورت سوال نصف توان انتقال یافته توسط پولی است.
- برای به دست آوردن قطر ها از معیار گودمن و فرمول زیر استفاده کردیم.

$$d=\{\frac{16n}{\pi}\ (\frac{2kf*Ma}{se}+\frac{3(kfs*Tm)^2}{sut})\}^{1/3}$$

- ضریب اطمینان ۱.۵ را معیار قرار دادیم.
- ضرایب تصحیح kc,kd,ke,kf را برابر ۱ میگیریم.
- نسبت قطرها در شانه‌هارا نسبت متداول ۱.۲ می گیریم.

حل مسئله:

ابتدا طبق قوانین مربوط به گشتاورها و تعادل نیروها نیروهای مربوط به عکس العمل یاتاقان ها وچرخدنده هامحاسبه می‌شود.برای اینکار ابتدا لازم است نیرویی که پولی به شفت انتقال می‌دهد را حساب کرد:

$$Fp = \frac{p}{r\omega}$$

$$Fp = ۲۴۱۱.۴$$

چرخدنده‌ها توان موتور را به دو شفت خروجی دیگر با نسبت مساوی منتقل می نمایند، و داریم:

$$w۲۱t = \frac{۱}{۲} p/r\omega$$

$$w۲۱t = ۱۱۰۵.۲$$

فرض کردیم زاویه $\varphi = ۲۰$:

$$w۲۱r = w۲۱t * ton\varphi$$

$$w۲۱r = ۴۰۲.۳$$

برای چرخدنده بعدی نیروها بدست می‌آید:

$$w۴۳t = ۵۵۲.۶$$

$$w۴۳r = ۲۰۱.۱$$

و اینک نیروی عکس العمل در یاتاقانها با گشتاورگیری حول یک نقطه و تعادل نیروها به دست می آید:

$$\Sigma M_{zA} = ۰ \qquad \Sigma M_{yA} = ۰$$

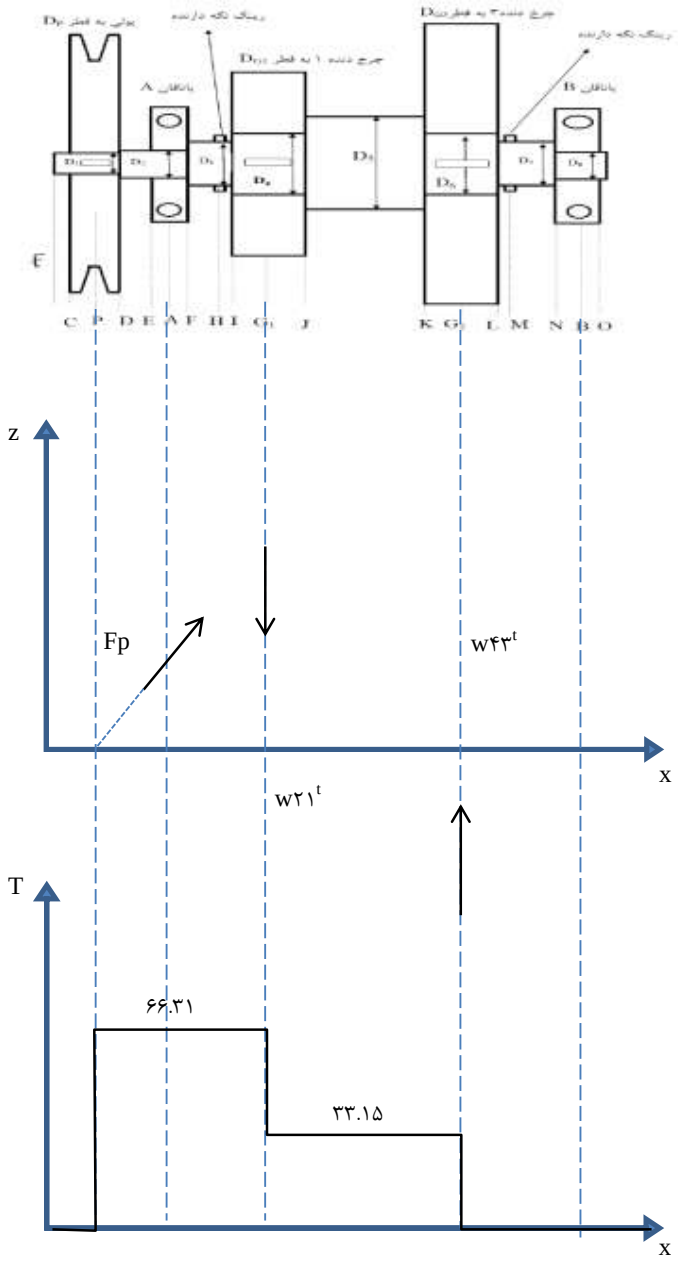
$$R_{By} = ۶۴۷.۶ \qquad R_{Bz} = ۱۸۴.۲$$

$$R_{Ay} = ۳۲۶۰.۱ \qquad R_{Az} = ۷۳۶.۸$$

محاسبه گشتاور پیچشی:

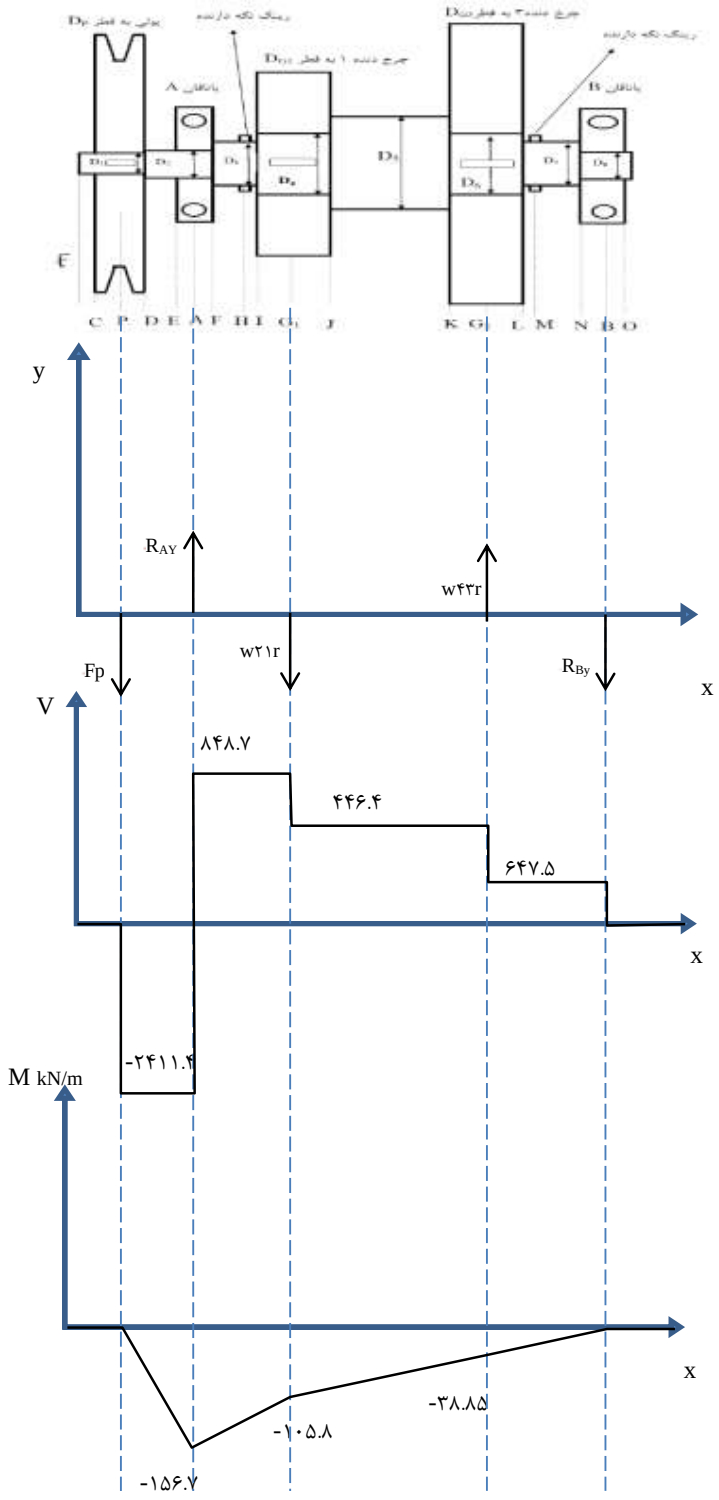
از معادله $\Sigma Mx = 0$ ، گشتاور پیچشی وارد به شفت از طرف چرخدنده محاسبه می‌شود.

$T=wt*(d_{gear}/2)$

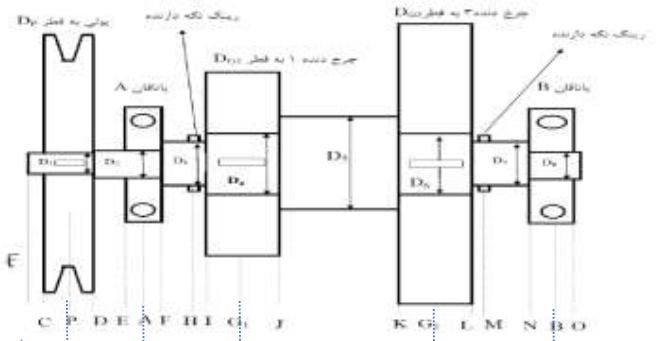


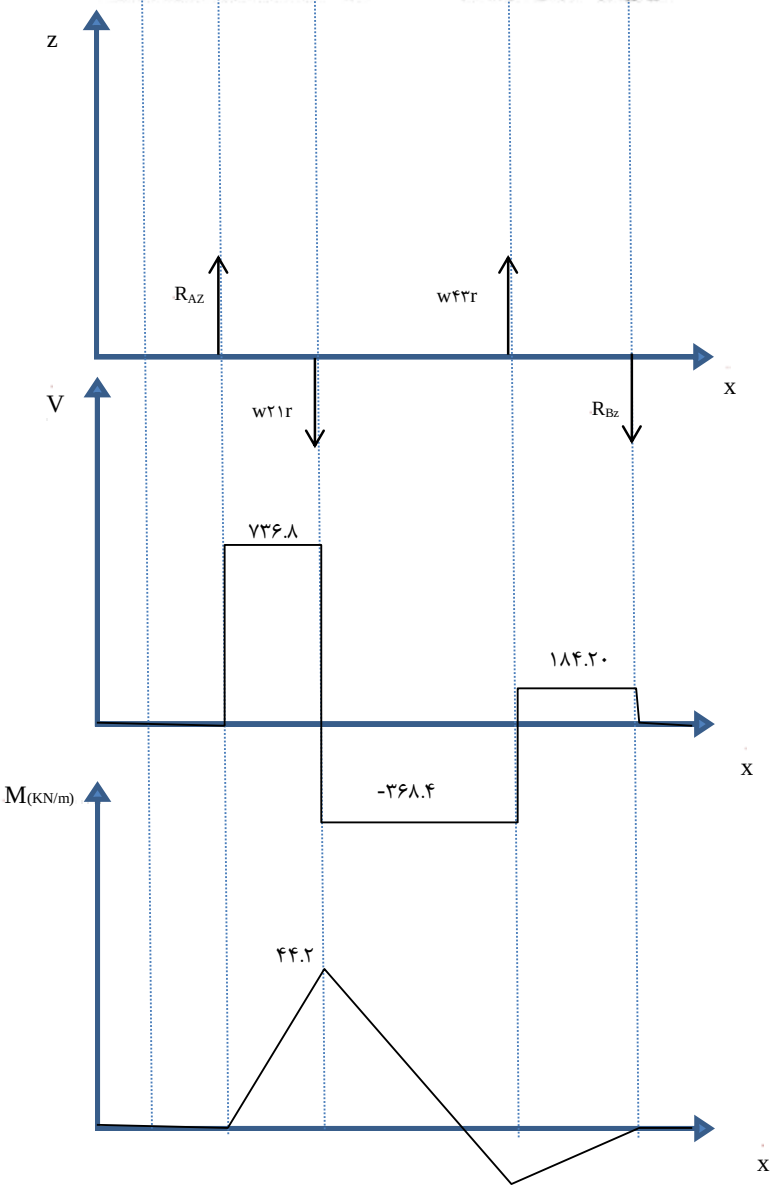
+-

بررسی نمودار های نیروی برشی و گشتاور خمشی در صفحه ی x-y:

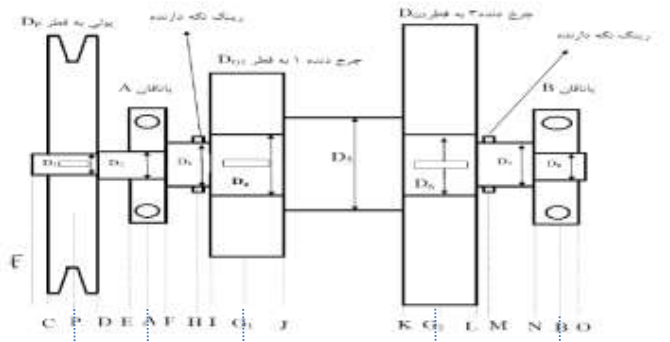


بررسی نمودار های نیروی برشی و گشتاور خمشی در صفحه ی X-Z:

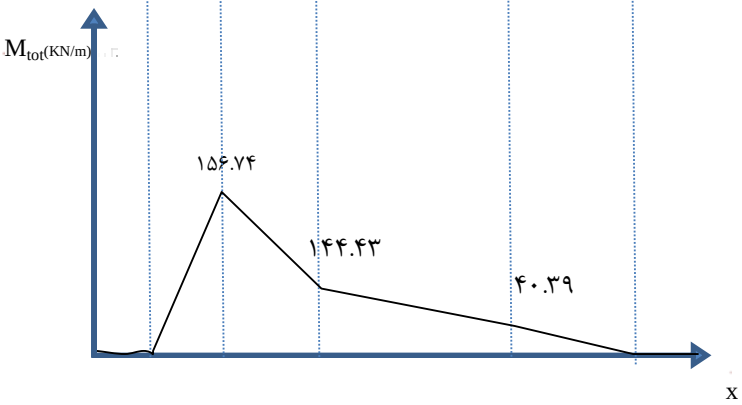




نمودار بزرگی گشتاور برای نقاط



:



جدول نتایج برای تمام نقاط بحرانی:

نقطه	Mtot	T
C	۰	۰
P	۰	۶۶.۳۱
D	۷۲.۳۴	۶۶.۳۱
E	۱۲۰.۵۷	۶۶.۳۱
A	۱۵۶.۷۴	۶۶.۳۱
F	۱۴۴.۴۳	۶۶.۳۱
H	۱۳۱.۷۱	۶۶.۳۱
I	۱۲۹.۶۲	۶۶.۳۱
G۱	۱۱۴.۶۸	۳۳.۱۵
J	۱۰۰.۹۲	۳۳.۱۵
K	۵۰.۰۴	۳۳.۱۵
G۲	۴۰.۳۹	۳۳.۱۵
L	۲۳.۵۶	۰
M	۲۱.۵۴	۰
N	۱۰.۰۹	۰
B	۰	۰
O	۰	۰

نقطه A از نظر اندازه گشتاورها در بحرانی ترین حالت قرار دارد اما طراحی را از حالت پله دار ینی نقطه F به دلیل تمرکز تنش شروع می‌کنیم:

Ma=۱۴۴.۴۳ KN/m

Mm=۰

Tm=۶۶.۳۱۴

Ta=۰

ماده انتخابی:CD ۱۰۱۰

Sut=۳۷۰Mpa, Sy=۳۰۰ Mpa

Ka=a Sut ^{b}=۴.۵۱*۳۷۰ $^{(-۰.۲۵۶)}$

حدس اولیه:

Kb=۰.۹

S'e=۰.۵*۳۷۰=۱۸۵ Mpa

Se=ka*kb*s'e=۱۵۶.۶۸ Mpa

حدس اولیه از جدول۱-۷:

Kt=۱.۷,k ts=۱.۵

بحرانی ترین حالت داریم:

Kf=kt=۱.۷

kfs=kts=۱.۵

$$d=\{\frac{۱۶n}{\pi}\ (\frac{۲kf*Ma}{se}+\frac{۳(kfs*Tm)^{۲}}{sut})\}^{۱/۳}=۳۰.۱۸$$

به استاندارد:

D=۳۰mm

متداولترین نسبت$\frac{D}{d}=۱.۲$ استفاده می‌شود.

$$\frac{D}{d}=۱.۲$$

D=۳۶

در حالت استاندارد D=۴۰mm را انتخاب می‌کنیم.

نقطه بحرانی بعدی نزدیک ترین نقطه به بیشینه گشتور یعنی نقطه H است و رینگ آن را بحرانی‌تر میکند:

رینگ را در بحرانی‌ترین حالت طراحی می‌کنیم

Ma=۱۳۱.۷۱ KN/m

Tm=۶۶.۳۱۴

انتخاب ۱۰۱۰CD

sut=۳۷۰ Mpa

sy=۳۰۰ Mpa

ka=a*sut^{b}=۰.۹۴

kb=۰.۸۳۵

در بحرانی ترین حالت تمرکزتنش رینگ را در نظر گرفتیم:

جدول (۱-۷)

kf=kt=۵

kfs=kts=۳

σa = ۱۰۴.۸۱Mpa

σm = ۲۷.۴۲Mpa

nf=۱.۲۵<۱۰۵

ny=۲.۲

در رینگ شکست اتفاق میفتد،ماده را قویتر ۱۰۱۸CDانتخاب می‌کنیم.

sut=۴۴۰ Mpa

sy=۳۷۰ Mpa

ka=۰.۹

kb=۰.۸۳۵

se=۱۶۵.۲۳ Mpa

nf=۱.۴۳

ny=۲.۹

مجددا ماده را قوی تر می‌کنیم CD ۱۰۲۰:

sut=۴۷۰ Mpa

sy=۳۹۰ Mpa

ka=۰.۸۸

kb=۰.۸۳۵

se=۱۷۳.۴۳۶Mpa

σa = ۱۰۴.۸۱۷Mpa

σm = ۲۷.۴۲Mpa

nf=۱.۵۰۹

ny=۲.۹۵

ضرایب قابل قبول و قطر سوم ۴۰mm می‌باشد.

نقطه I را بررسی می‌کنیم که دارای پله است:

$$\frac{D۴}{D۳} = ۱.۲; D۴ = ۵۰mm$$

Ma=۱۲۹.۶۳KN/m

Tm=۶۶.۳۱

$$\frac{D}{d} = ۱.۲۵$$

$$\frac{r}{d} = ۰.۱, r=۴$$

Kt را از A-۱۵-۹:

Kt=۱.۶۲,

kts از جدول A-۱۵-۸ :

Kts=۱.۴

q از شکل (۲۰-۶):

q=۰.۸۲

qs از شکل (۲۱-۶):

qs=۰.۸۶

kf=۱+q(kt-۱)=۱.۵

kfs=۱+qs(kts-۱)=۱.۳۴

انتخاب ۱۰۲۰CD:

sut=۴۷۰ Mpa; sy=۳۹۰ Mpa

kb=۰.۸۱۶

ka=۰.۸۸

se=۱۷۳.۴۳ Mpa

$\sigma a = ۳۱.۱۲\ Mpa$ $\sigma m = ۱۲.۲۸$Mpa

nf=۴.۸۶

ny=۸.۹۸

و قطر انتخابی D۵=۶۰mmمی‌شود.

بررسی تمرکز تنش خار در G۱:

Ma=۱۱۴.۶۸ KN/m

Tm=۶۶.۳۱۴

CD ۱۰۲۰:

sut=۴۷۰ Mpa; sy=۳۹۰ Mpa

ka=۰.۸۸

kb=۰.۸۱۶

r=۰.۰۲d=۱

حدس اولیه از جدول۱-۷: (فرز انگشتی)

Kt=۲.۱۴,k ts=۳

با توجه به rاز شکل (۲۰-۶):

q=۰.۷

qsاز شکل (۲۱-۶):

qs=۰.۷۵

kf=۱+q(kt-۱)=۱.۸

kfs=۱+qs(kts-۱)=۲.۳

se=۱۶۹.۳۴ Mpa

$\sigma a = ۱۶.۸Mpa$

$\sigma m = ۱۱.۷Mpa$

nf=۸

ny=۱۳.۶

قطر منتخب D۴=۵۰mm است.

حال نقطه J بررسی می‌شود:

Ma=۱۰۰.۹۲KN/m

Tm=۳۳.۱۵

$\frac{D۵}{D۴} = ۱.۲; D۶ = ۶۰mm$

$\frac{D}{d} = ۱.۲$

$\frac{r}{d} = ۰.۱$

r=۵

Kt را از ۹-۱۵-A:

Kt=۱.۵۲,

ktsاز جدول ۸-۱۵-A :

Kts=۱.۳۵

q از شکل (۲۰-۶):

q=۰.۸۲

qsاز شکل (۲۱-۶):

qs=۰.۸۵

انتخاب ۱۰۲۰CD:

sut=۴۷۰ Mpa; sy=۳۹۰ Mpa

kb=۰.۸۱۶,ka=۰.۸۸

se=۱۶۹.۳۴ Mpa

$\sigma a = ۱۱.۰۶ Mpa, \sigma m = ۳.۰۳$Mpa

nf=۱۳.۹۳

ny=۲۷.۶۷

و قطر انتخابی D۵=۶۰mmمی‌شود.

بررسی نقطه K:

Ma=۵۰.۰۴KN/m

Tm=۳۳.۱۵

$\frac{D۵}{D۶} = ۱.۲; D۶ = ۵۰mm$

$\frac{D}{d} = ۱.۲$

$\frac{r}{d} = ۰.۱$

r=۵

Kt را از ۹-۱۵-A:

Kt=۱.۵۲,

ktsاز جدول ۸-۱۵-A :

Kts=۱.۳۵

q از شکل (۲۰-۶):

q=۰.۸۲

qsاز شکل (۲۱-۶):

qs=۰.۸۵

انتخاب ۱۰۲۰CD:

sut=۴۷۰ Mpa; sy=۳۹۰ Mpa

kb=۰.۸۱۶,ka=۰.۸۸

se=۱۶۹.۳۴ Mpa

$\sigma a = ۵.۸\ Mpa, \sigma m = ۲۴.۵$Mpa

nf=۲۴.۵,ny=۴۴.۰۵

به بررسی نقطه‌ی خار در G۲ می‌پردازیم:

Ma=۴۰.۴ KN/m

Tm=۳۳.۱۵

CD ۱۰۲۰:

sut=۴۷۰ Mpa; sy=۳۹۰ Mpa

ka=۰.۷۹۸

kb=۰.۸۳۵

r=۰.۰۲d=۱

حدس اولیه از جدول۱-۷:

Kt=۲.۱۴,k ts=۳

با توجه به rاز شکل (۲۰-۶):

q=۰.۷

qsاز شکل (۲۱-۶):

qs=۰.۶۵

kf=۱.۸

kfs=۲.۳

se=۱۶۹.۳۴ Mpa

$\sigma a = ۵.۹۲Mpa$

$\sigma m = ۵.۳۸Mpa$

nf=۲۱.۵۵

ny=۳۴.۵

D۶=۵۰mmقابل قبول است.

بررسی نقطه ی L:

Ma=۲۳.۵۶۰KN/m

Tm=۰

$\frac{D۶}{D۷} = ۱.۲; D۷ = ۴۱.۶۶ \rightarrow$ استاندارد $\rightarrow ۴۰mm$

در ادامه:

$\frac{r}{d} = ۰.۱$

$r = ۴$

Kt را از ۹-۱۵-A:

Kt=۱.۶۲,

ktsاز جدول ۸-۱۵-A :

Kts=۱.۳۵

q از شکل (۲۰-۶):

q=۰.۸۵

qsاز شکل (۲۱-۶):

qs=۰.۸۲

در نتیجه داریم:

kf=۱.۵ ,kfs=۱.۲۹

انتخاب ۱۰۲۰CD:

sut=۴۷۰ Mpa; sy=۳۹۰ Mpa

kb=۰.۸۳۵,ka=۰.۷۹۸

se=۱۷۳.۴۳Mpa

$\sigma a = ۵.۷۲ , \sigma m = ۰$Mpa

nf=۳۰.۳,ny=۸۸

ضرایب قابل قبول و قطر انتخابی D۷=۴۰mm محاسبه شد.

بررسی نقطه M:

Ma=۲۱.۵۴KN/m

Tm=۰

در بحرانی ترین حالت تمرکزتنش رینگ را در نظر گرفتیم:

جدول (۱-۷)

kf=kt=۵

kfs=kts=۳

σa = ۱۷.۱۴Mpa

σm = ۰Mpa

با انتخاب ۱۰۲۰CD

sut=۴۷۰ Mpa

sy=۳۹۰ Mpa

ka=a*sut^b=۰.۸۸

kb=۰.۸۳۵

se=۱۷۳.۴۳

nf=۱۰.۱۱

ny=۲۲.۷۵

D۷=۴۰mmاست.

بررسی نقطه‌ی N:

Ma=۱۰.۱KN/m

Tm=۰

$\frac{D۲}{D۸} = ۱.۲; D۸ = ۳۳.۳ \rightarrow$ استاندارد $\rightarrow ۳۰mm$

شعاع فیلت:

$r = ۳$

$\frac{D}{d} = ۱.۳۳$

Kt را از A-۱۵-۹:

Kt=۱.۶۲,

ktsاز جدول A-۱۵-۸ :

Kts=۱.۴

q از شکل (۲۰-۶):

q=۰.۸۸

qsاز شکل (۲۱-۶):

qs=۰.۸۲

در نتیجه داریم:

kf=۱.۴۹۶ ,kfs=۱.۳۲۸

انتخاب ۱۰۲۰CD:

sut=۴۷۰ Mpa; sy=۳۹۰ Mpa

kb=۰.۸۶,ka=۰.۸۸

se=۱۷۸.۸۵ Mpa

$\sigma a = ۵.۷ \ ,\sigma m = ۰$Mpa

nf=۳۱.۳,ny=۶۸.۴

ضرایب قابل قبول و قطر انتخابی D۸=۳۰mm محاسبه شد.

بررسی نقطه‌ی D:

Ma=۷۲.۳۴ Mpa

Tm=۶۶.۳۱۴

$$\frac{D۲}{D۱} = ۱.۲; D۱ = ۳۰/۱.۲ = ۲۵$$

$$\frac{D}{d} = ۱۰۲۵$$

$$r = ۲.۵$$

ماده انتخابی:CD ۱۰۲۰

Sut=۴۷۰Mpa, Sy=۳۹۰ Mpa

Ka=۰.۸۸

Kb=۰.۸۷۸

حدس اولیه از جدول۱-۷:

Kt=۲.۱۴,k ts=۳

با توجه به rاز شکل (۲۰-۶):

q=۰.۶۲

qsاز شکل (۲۱-۶):

qs=۰.۶۳

kf=۱.۷

kfs=۲.۲۶

se=۱۸۲.۳۸ Mpa

$\sigma a = ۶۶.۷۷Mpa$

$\sigma m = ۴۹.۵۳Mpa$

nf=۲.۱۲>۱.۵

ny=۳.۳۵

قابل قبول است.

بررسی تمرکز تنش در نقطه pدر اثر خار:

Ma=۰

Tm=۶۶.۳۱۴

ماده انتخابی:CD ۱۰۲۰

Sut=۴۷۰Mpa, Sy=۳۹۰ Mpa

Ka=۰.۸۸

Kb=۰.۸۷۸

D=۰.۰۲d ⟶ r=۰.۵

حدس اولیه از جدول۱-۷:

Kt=۲.۱۴,k ts=۳

با توجه به rاز شکل (۲۰-۶):

q=۰.۶۲

qsاز شکل (۲۱-۶):

qs=۰.۶۳

kf=۱.۷

kfs=۲.۲۶

se=۲۱۵.۱۱ Mpa

$\sigma a = ۰ Mpa$

$\sigma m = ۸۴.۶۱ Mpa$

nf=۵.۵۵>۱.۵

ny=۴.۶

D۱=۲۵mm

نتیجه:

شفت از ماده و ابعاد زیر تشکیل شده است:

ماده CD ۱۰۲۰

D۱=۲۵mm

D۲=D۸=۳۰mm

D۳=D۷=۴۰mm

D۴=D۶=۵۰mm

D۵=۶۰mm