

به نام خدا

بررسی طول تسمه مورد نیاز تسمه سفت کن موتورهای TU5, EF7, XU7 در ناحیه اکسسوری و
همچنین محاسبه نیروی کشش تسمه و گشتاور تسمه سفت کن

گردآورنده:

دکتر عباس کورکانی

شرکت صنعتی پیک افروز غرب

تاریخ: ۱۴۰۳/۱۰/۰۸

مقدمه

یکی از عوامل بسیار مهم و اثرگذار در عملکرد تسمه سفت‌کن‌ها اندازه طول تسمه می‌باشد. اندازه طول تسمه نسبت به موقعیت قرارگیری فولی‌های درگیر با تسمه در جانمایی موتور خودرو تعیین می‌شود اگر اندازه صحیح رعایت نشود باعث می‌شود یا تسمه شل بوده و یا کشش بیش از حد مجاز داشته باشد که در هر دو صورت باعث ایجاد خرابی و صدای اضافی می‌شود. تسمه سفت‌کن‌ها همگی دارای یک محدوده مجاز عملکردی می‌باشند که اگر عملکرد آنها خارج از این محدوده باشد نشان دهنده این است که یا تسمه بلندتر است و یا کوتاه‌تر. اگر تسمه بلندتر از حد استاندارد باشد تسمه سفت‌کن جابجایی کمتری نسبت به حالت آزاد خود دارد که باعث کم بودن نیروی کشش تسمه می‌شود و اگر تسمه کوتاه‌تر باشد تسمه سفت‌کن همیشه در محدوده نیروی بالای خود کارکرده و باعث ایجاد کشش زیاد در تسمه شده و به تبع آن باعث سوختگی تسمه و از بین رفتن بلبرینگ تسمه سفت‌کن می‌شود. در این مقاله به بررسی طول تسمه مناسب برای ساس موقعیت جانمایی اجزای درگیر در موتور خودروها و همچنین نیروی کشش تسمه براساس نیروی تسمه سفت‌کن پرداخته شده است.

انواع موتورهای مورد بررسی عبارتند از :

۱- موتور EF7

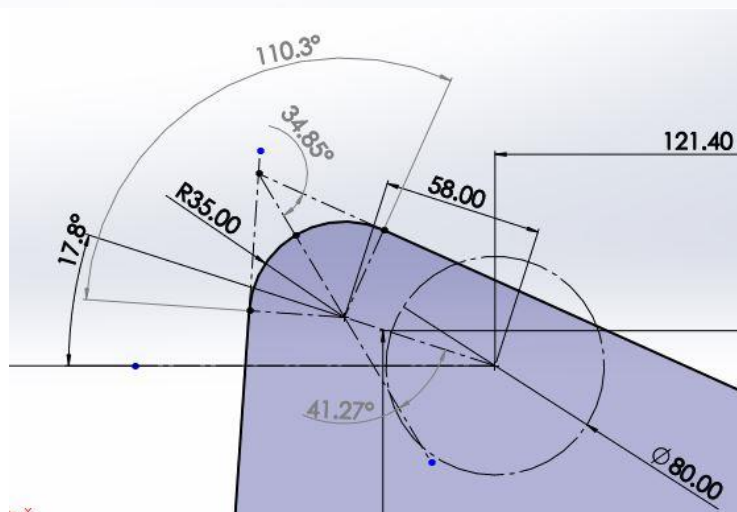
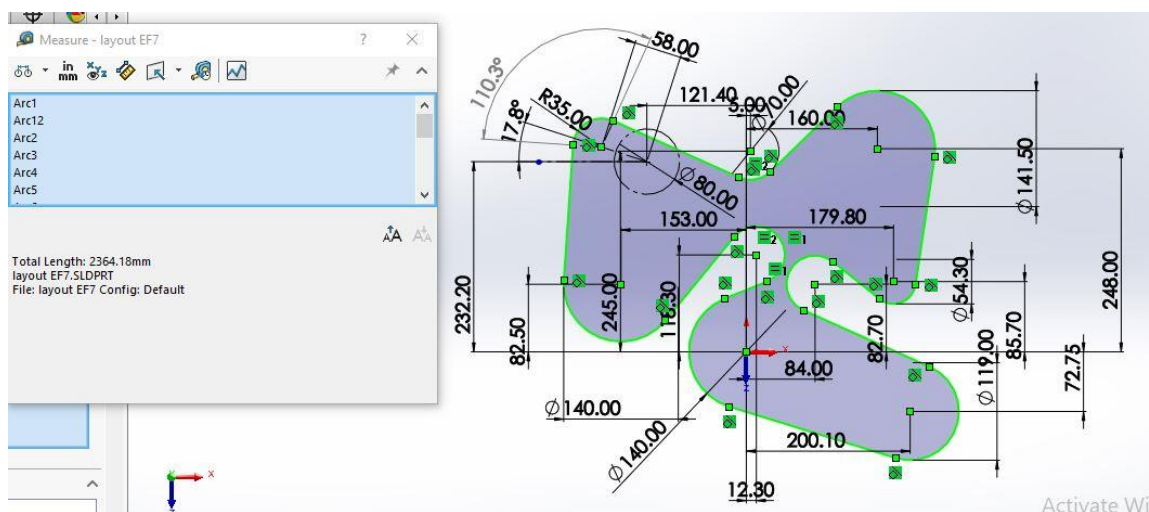
۲- موتور TU5

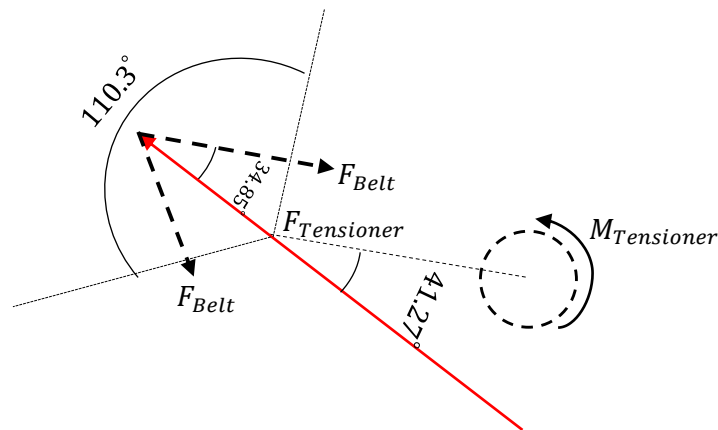
۳- موتور XU7

۱- موتور EF7

۱-۱ موتور EF7 فرمان هیدرولیک

برای محاسبه نیرو و گشتاور تسمه سفت کن دینام موتور EF7 هیدرولیک ابتدا باید زاویه درگیری تسمه با تسمه سفت کن محاسبه شود و سپس با داشتن نیروی کشش تسمه و محاسبات تعادل استاتیکی نیروی تسمه سفت کن محاسبه می‌شود. برای این کار موقعیت قرارگیری فولی‌های درگیر در ناحیه دینام موتور EF7 در نرم‌افزار Solid Work شبیه سازی شده و با توجه به قرارگیری تسمه سفت کن در موقعیت نامینال که براساس نقشه INA به میزان 17.8 درجه تعریف شده هم طول تسمه مجاز و هم زاویه درگیری تسمه با تسمه سفت کن قابل محاسبه است:





شکل ۱. شماتیک موقعیت قرارگیری فولی‌های درگیر در ناحیه اکسسوری موتور EF7 در موقعیت نامینال تسمه سفت کن زاویه 17.8 درجه

با توجه به شکل ۱ طول تسمه برای اینکه تسمه سفت کن بتواند در حالت نامینال کار کند برابر 2364 میلی‌متر بوده و همچنین زاویه درگیری تسمه با غلتک تسمه سفت کن در حالت نامینال برابر 110.3 درجه می‌باشد. با داشتن این زاویه و همچنین نیروی کشش تسمه که در نقشه INA برابر 350 نیوتون گفته شده می‌توان نیروی تسمه سفت کن را محاسبه نمود:

$$\begin{aligned}
 2F_{Belt} \cos(34.85^\circ) &= F_{Tensioner} & F_{Belt} &= 350N \\
 F_{Tensioner} &= 574.46N & F_{Tensioner} \sin(41.27^\circ) & \\
 & & &= F_{Tensioner(tensile)} \\
 F_{Tensioner} \sin(41.27^\circ) \times 0.058 &= M_{Tensioner} & F_{Tensioner(tensile)} &= 378.92N \\
 M_{Tensioner} &= 22 \text{ N} \cdot \text{M} & &
 \end{aligned} \tag{1}$$

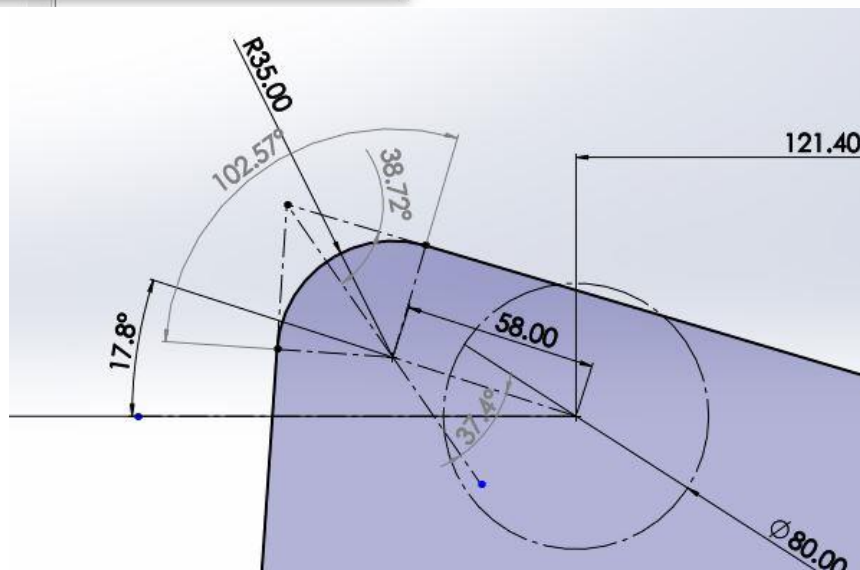
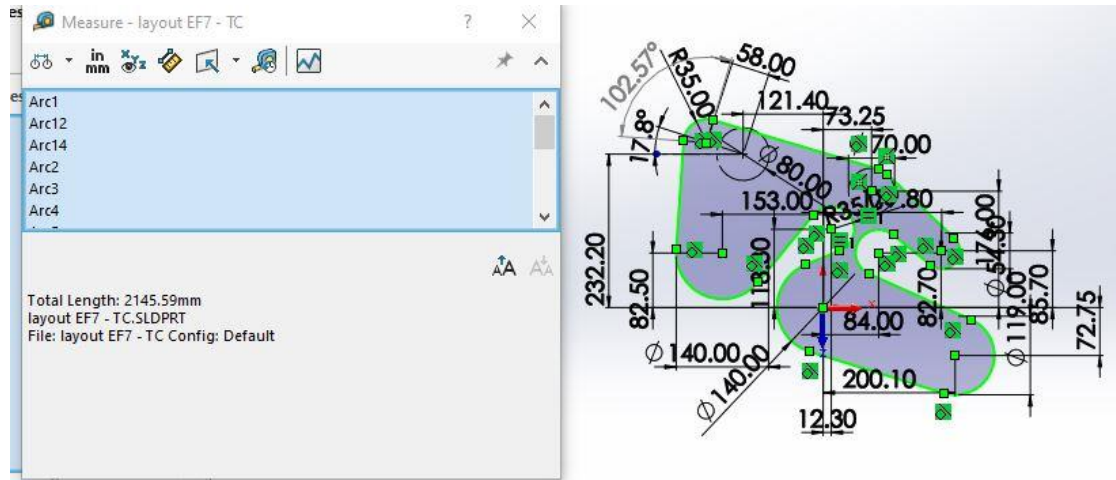
لازم به ذکر است که روابط بالا در حالت استاتیکی مورد بررسی قرار گرفته است..
 رابطه (۱) نشان دهنده این امر است که برای ایجاد کشش 350 نیوتون در طول تسمه باید تسمه سفت کنی با حداقل گشتاور 22 نیوتون متر استفاده شود.

برای صحت سنجی روابط بالا ۶ نمونه تسمه سفت کن که نیروهایشان با دستگاه تنسایل اندازه گیری شده بود روی خط ایران خودرو با تسمه‌ای که طول آن هم از قبل اندازه گیری شده بود بسته شد و نیروی کشش تسمه با روابط بالا همخوانی داشت و خطای محاسبات تقریباً 0.98 درصد بود.

نیروی کشش تسمه اندازه‌گیری شده روی خودرو با طول تسمه استاندارد	نیروی تسمه سفت‌کن محاسبه شده با روابط بالا	نیروی تسمه سفت‌کن گزارش شده با دستگاه تنسایل
396 N	428.72	433

۲-۱ موتور EF7 فرمان برقی

همانطور که برای محاسبه نیروی تسمه سفت‌کن برای موتور EF7 هیدرولیک ذکر شد برای محاسبه نیروی این تسمه سفت‌کن نیز باید ابتدا زاویه درگیری تسمه سفت‌کن با تسمه مشخص شود که مانند قبل با شبیه سازی می‌توان آن را محاسبه نمود، برای این کار فرض شده که چون تسمه سفت‌کن EF7 فرمان هیدرولیک با فرمان برقی یکی می‌باشد، تسمه سفت‌کن در این موتور نیز دارای زاویه نامینال 17.8 درجه‌ای می‌باشد.



شکل ۲. شماتیک موقعیت قرارگیری فولی‌های درگیر در ناحیه اکسسوری موتور EF7 فرمان برقی در موقعیت نامینال تسمه سفت کن زاویه 17.8 درجه

با توجه به شکل ۲ مشاهده می‌شود که با قرارگیری تسمه سفت‌کن در موقعیت نامینال طول تسمه باید 2145.59 میلی‌متر و زاویه درگیری تسمه با تسمه سفت‌کن برابر 102.57 درجه می‌باشد. با این حساب و فرض نیروی کشش تسمه 350 نیوتون، نیروی تسمه سفت‌کن به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$2F_{Belt} \cos(38.72^\circ) = F_{Tensioner}$$

$$F_{Tensioner} = 546.15N$$

$$F_{Tensioner} \sin(37.4^\circ) \times 0.058 = M_{Tensioner}$$

$$M_{Tensioner} = 19.24 N \cdot M$$

$$F_{Belt} = 350N$$

$$F_{Tensioner} \sin(37.4^\circ) = F_{Tensioner(tensile)}$$

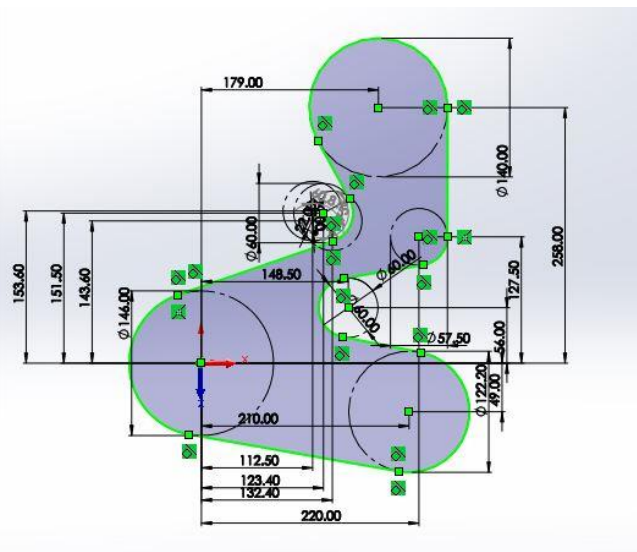
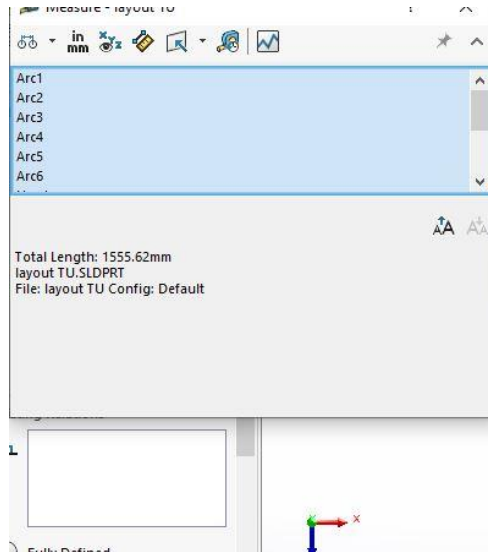
$$F_{Tensioner(tensile)} = 331.72N$$

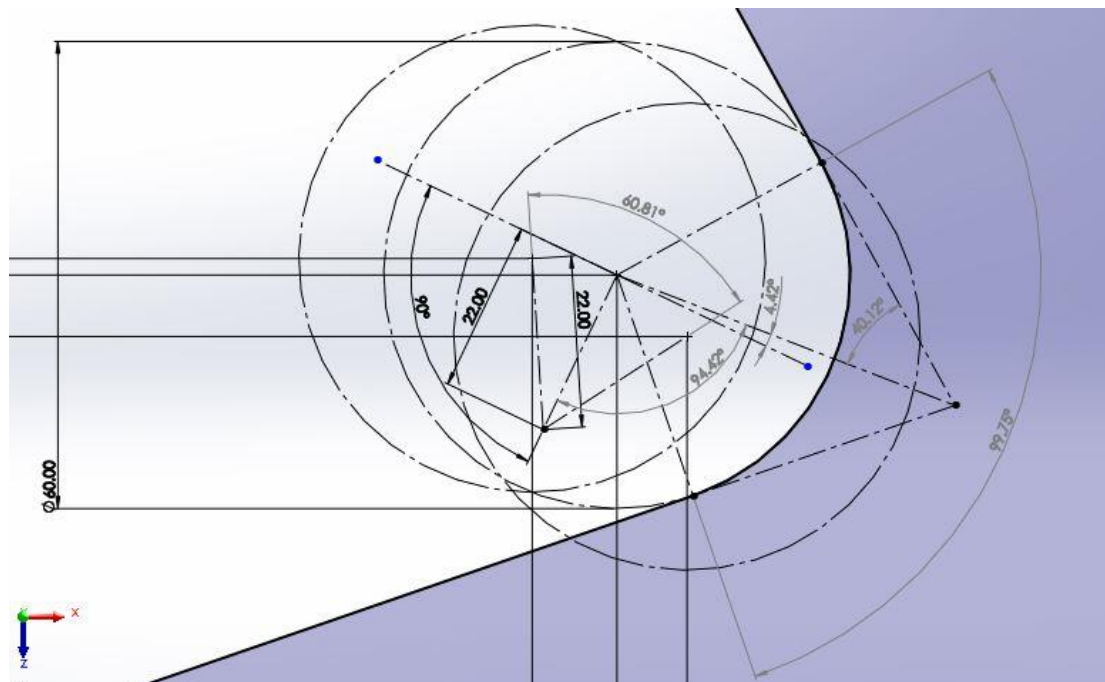
(2)

با توجه به رابطه (۲) مشاهده می شود که در موتور EF7 فرمان هیدرولیک برای ایجاد کشش 350 نیوتون در تسمه نیاز به یک تسمه سفت کن با گشتاور 19.24 نیوتون متر می باشد.

۲- موتور TU5

بر اساس طراحی تسمه سفت کن نیروی عملکرد در موقعیت نامینال تسمه سفت کن $850 \pm 10\%$ نیوتون (اندازه گیری شده با دستگاه تنسایل) می باشد. لذا بر اساس محاسبات هندسی زاویه درگیری تسمه در موتور TU برابرست با:





شکل ۳. زاویه درگیری تسمه با تسمه سفت کن در نقطه نامینال

با توجه به شبیه سازی موقعیت قرارگیری فولی های درگیر در ناحیه اکسسوری موتور TU زاویه درگیری تسمه با تسمه سفت کن برابر است با 99.75 درجه بوده و طول تسمه در حالت نامینال تسمه سفت کن 1555.62 میلی متر باید باشد که مانند محاسبات قبل نیروی کشش تسمه و گشتاور تسمه سفت کن برابر است با:

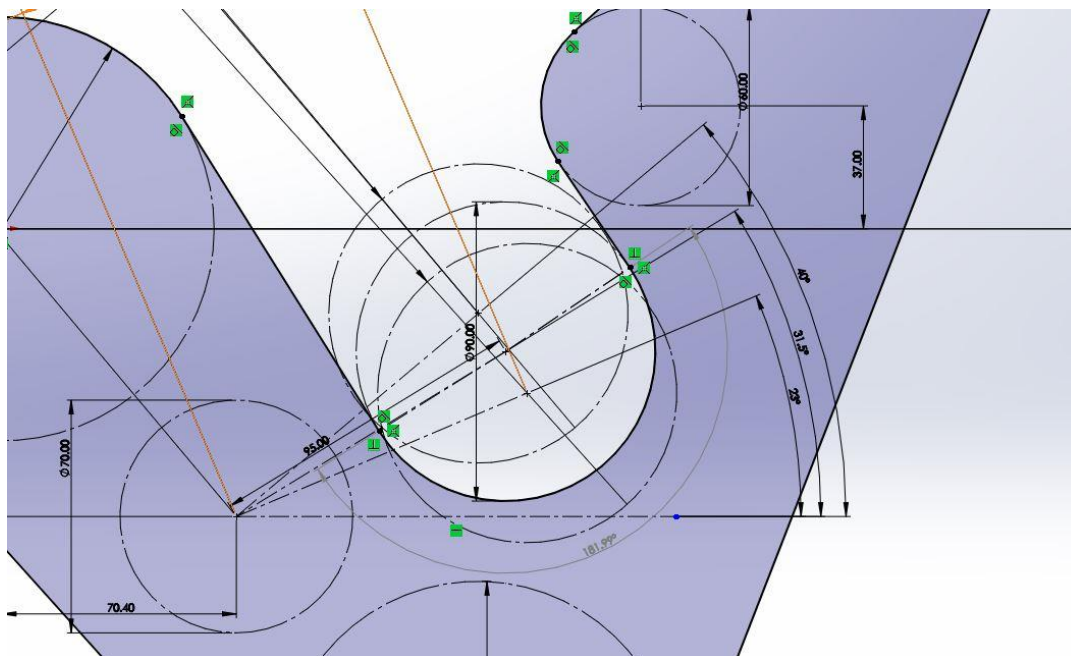
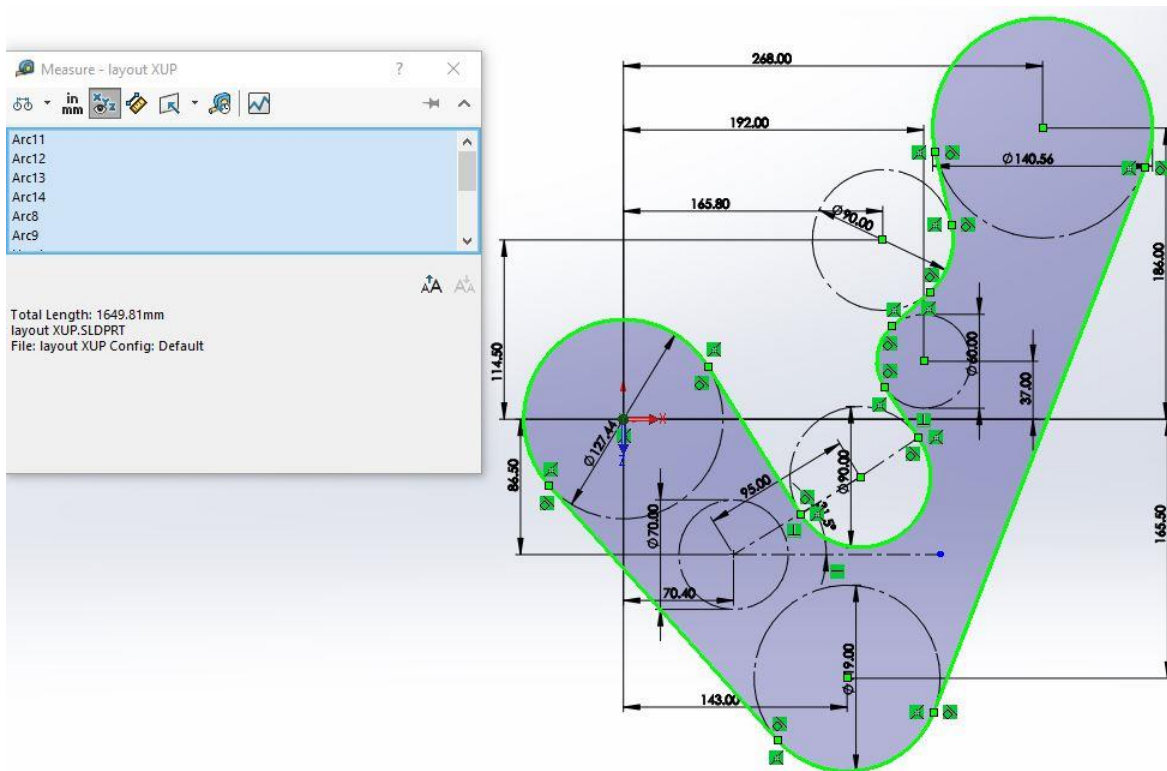
$$\begin{aligned}
 F_{Tensioner} \times 0.022 &= M_{Tensioner} & F_{Tensioner} (tensile) &= 850N \\
 M_{Tensioner} &= 18.7 \text{ N} \cdot \text{M} \\
 \frac{F_{Tensioner}(tensile)}{\cos(4.42^\circ)} &= F_{Tensioner} \\
 2F_{Belt} \cos(40.12^\circ) &= F_{Tensioner} \\
 F_{Belt} &= 557.43N
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

برای صحت سنجی روابط و نتایج بالا، میزان کشش تسمه با به کارگیری یک تسمه سفت کن (طرح قدیم) با نیروی نامینال (700) نیوتون در دستگاه شبیه ساز موتور TU اندازه گیری شده و نتایج حاصله نشان داد که نیروی کشش تسمه در حالت نامینال برای تسمه سفت کن مورد استفاده تقریباً برابر 430 نیوتون بود. لازم به ذکر است که تسمه مورد استفاده در این آزمایش EPDM1565 بود.

۳- موتور XU7

با رسم شماتیک ناحیه اکسسوری موتور XU7 می توان میزان درگیری تسمه با تسمه سفت کن را بدست آورد:

شکل ۵ با استفاده از داده های جانمایی موتور XU7 رسم شده است که در آن تسمه سفت کن در زاویه نامینال 31.3 درجه ای قرار دارد با توجه به این شکل طول تسمه مورد نیاز 1649.81 میلی متر می باشد که با این طول تسمه هنگامی که تسمه سفت کن در نقطه نامینال قرار دارد



شکل ۵. شماتیک ناحیه اکسسوری موتور XU7

میزان درگیری تسمه روی تسمه سفت کن تقریباً برابر است با 182 درجه، با این حساب برای تبدیل نیروی تسمه سفت کن به نیروی کشش تسمه با توجه به اینکه نیروی اندازه گیری شده تسمه سفت کن با دستگاه تنسایل برابر 630 نیوتون است، باید از رابطه زیر استفاده کرد:

$$F_{Tensioner} \times 0.095 = M_{Tensioner} \quad F_{Tensioner} (tensile) = 630N$$

$$M_{Tensioner} = 59.85 \text{ N} \cdot \text{M}$$
(4)

$$\frac{F_{Tensioner(tensile)}}{\cos(1^\circ)} = F_{Tensioner}$$

$$2F_{Belt} \cos(1^\circ) = F_{Tensioner}$$

$$F_{Belt} = 315N$$

رابطه (۴) نشان می‌دهد که با استفاده تسمه سفت‌کن با گشتاور 59.85 نیوتون متر، نیروی کشش تسمه برابر 315 نیوتون می‌شود.