Gépészeti alkatrészek parametrikus modellezésének alapjai

Szerkesztette:

Dr. Mankovits Tamás

Huri Dávid

A tananyag elkészítését a „A Debreceni Egyetem fejlesztése a felsőfokú oktatás minőségének és hozzáférhetőségének együttes javítása érdekében” az **EFOP-3.4.3-16-2016-00021** számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Szerkesztő:
Dr. Mankovits Tamás
Huri Dávid

Szerzők:
Dr. Mankovits Tamás
Huri Dávid

Kézirat lezárva: 2018.06.30.

ISBN 978-963-490-028-3

Kiadja Debreceni Egyetem Műszaki Kar

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés a háromdimenziós parametrikus modellezésbe 4
1.1 A gépészeti tervezőrendszerekben előforduló építőelemek 4
1.2 Modellezési módszerek ismertetése 6
1.3 A modellközpontú működési elv ismertetése 7
2. Alkatrészmodellezés Creo-ban 8
2.1 Reteszes állítótárcsa kétdimenziós vázlatának elkészítése és kihúzása 8
2.2 Gömbfogantyú kétdimenziós vázlatának elkészítése és forgatása 17
2.3 Gépészeti alaksajátosságok egy hatlapfejű csavar rajzolásakor 21
2.4 Gépészeti alaksajátosságok egy tengely rajzolásakor 28

1. BEVEZETÉS A HÁROMDIMENZIÓS PARAMETRIKUS MODELLEZÉSBE

Jelen jegyzet célja megismertetni a hallgatókkal a 3D-s parametrikus tervezés elvi menetét, majd gyakorlati példákon keresztül részletesen bemutatni egyszerű gépészeti alkatrészek modelljeinek építését a Creo CAD/CAM/CAE tervező szoftverben. A jegyzet feltételezi az olvasó előzetes jártasságát a CAX rendszerek terén, továbbá gyakorlati volta miatt nem célja ismertetni annak történelmi kialakulását, a geometriai modellezés alapjait és a témakörbe tartozó minden egyes fogalmat. Javasolt azonban azoknak, akik a parametrikus modellezés működési logikáját akarják megérteni, továbbá el szeretnék sajátítani az alap építőelemek létrehozásának gyakorlatát a fent említett szoftverben. A jegyzetet a szerzők a gépészmérnöki MSc képzés keretében résztvevő hallgatóknak ajánlják arra, hogy biztos alapokkal rendelkezzenek az Integrált tervezőrendszerek című kurzushoz.

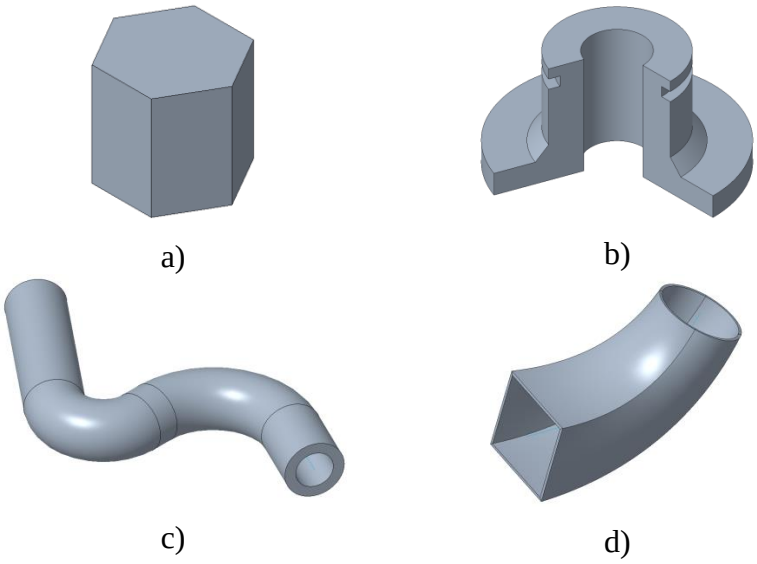
Első lépésként tisztázzuk mit is értünk általános értelemeben *3D-s parametrikus tervezőrendszeren*. Ehhez fontos tisztázni mit jelent a testmodell vagy felületmodell, milyen különbség van direkt és parametrikus modellezési módszer között, továbbá miként szolgálja a kétirányú asszociativitás a modellközpontú működési elvet.

Tetszőleges háromdimenziós objektumokat számítógépes grafikai eszközök segítségével ábrázolva *3D modellt* kapunk. Az elkészített 3D modell lehet testmodell vagy felületmodell. A testmodell számos fizikai jellemzővel rendelkezik, mint például tömeg vagy térfogat. A műszaki életben az alkatrészek és összeállítások általában ilyen testmodellekből készülnek el az alkalmazott szoftver virtuális környezetében. A tervező mérnöknek ezáltal a prototípus legyártása előtt van lehetősége a termék fizikai és mechanikai vizsgálatára, továbbá az elkészített koncepció értékelésére. A testmodellek összeállítása után lehetőség nyílik ütközésvizsgálatra, tűrések elemzésére, vagy akár egy mechanizmus kinematikai és dinamikai vizsgálatainak elvégzésére is. Egy komplex geometria modellezése geometriai primitívek (henger, hasáb, kúp, gömb, tórusz) egyesítésével, kivonásával, közösrész képzésével és a testek, vagy testrészek manipulálásával történhet. Ezek a testek matematikailag jól definiáltak, ebből adódóan méretpontosak és könnyedén létrehozhatók. Ezen módszerhez nagyon hasonló a CAD rendszerekben megtalálható építőelemeken, vagy úgynevezett alaksajátosságokon alapuló modellalkotás. Hátránya közé tartozik, hogy szabad felületekből álló testek, mint például szobrok testmodelljének létrehozása ezen rendszereken belül meglehetősen nehézkes. Ebben az esetben megoldást jelent a felületmodell alkalmazása mely az objektum határoló felületét reprezentálja a virtuális térben. Ennek jellemzője, hogy végtelen vékonysággal rendelkezik, így tömege nincs. A tervező rendszerekben lehetőség van a felületmodellek testmodellé alakítására, erre egy lehetséges megoldás a vastagság hozzáadása felülethez.

1.1 A gépészeti tervezőrendszerekben előforduló építőelemek

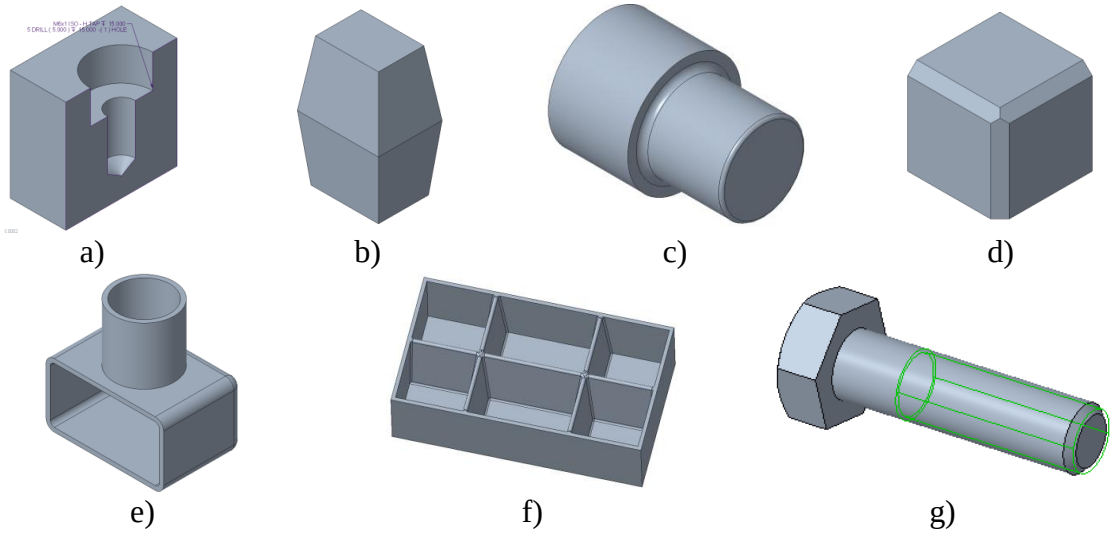
A manapság elérhető gépészeti tervezőrendszerek többségében a tervező mérnök építőelemek segítségével hozza létre a végső alkatrész geometriáját. Egy összetett felületekkel rendelkező test virtuális modelljének építése során törekedni kell az egyszerű geometriával rendelkező építőelemek alkalmazására. Megkülönböztetünk vázolt és direkt, vagy másnéven elhelyezett építőelemeket. Vázolt alaksajátossággal létrehozott térbeli geometriát minden esetben egy vagy több két dimenziós vázlatból származtatunk. Ide tartozik a *Kihúzás (Extrude)*, *Forgatás*

(Revolve), Söprés (Sweep), vagy az *Átmenet (Blend),* erre mutat példát az *1.1. ábra*. Egy új alkatrész modellezését kizárólag vázolt alaksajátossággal lehet megkezdeni [1].

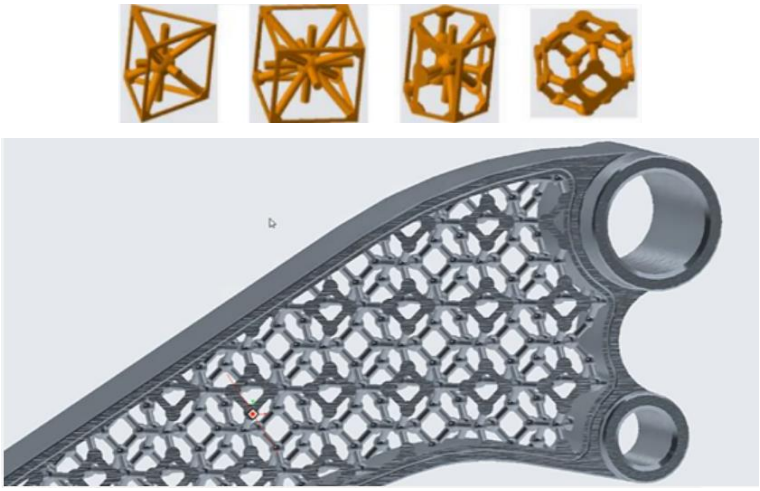


1.1. ábra Példák vázolt építőelemekre
a) Kihúzás, b) Forgatás, c) Söprés, d) Átmenet

Az elhelyezett alaksajátosságok neve onnan ered, hogy alkalmazásukhoz minden esetben szükség van egy vagy több építőelemmel már korábban létrehozott testmodellre. A legtöbb parancs esetén nincs szükség vázlatra, csak a helyzet kijelölésére szolgáló referenciára, valamint az alaksajátosságot leíró méretek megadására. Ide tartoznak a gépészetben sűrűn előforduló alakzatok, mint a *Furat (Hole), Oldalferdeség (Draft), Lekerekítés (Round), Letörés (Chamfer), Vékonyfal (Shell), Bordázat (Rib)* és a *Menet (Cosmetic thread*), ezekre rendre mutat példát a *1.2. ábra*. A Creo 4.0 verziótól kezdve rendelkezésre áll egy új alaksajátosság a *Rács (Lattice),* mely az additív gyártástechnológiával gyártandó alkatrészek tervezése során a tömör térfogatrészeket kitöltő rács alakzat modellezésére szolgál, erre látható példa a *1.3. ábrán*.



1.2. ábra Példák az elhelyezett építőelemekre
a) Furat, b) Oldalferdeség, c) Lekerekítés, d) Letörés, e) Vékonyfal, f) Bordázat, g) Menet



1.3. ábra Különböző rácsalaksajátosságok és egy alkalmazási példa [2]

Fontosnak tartjuk megemlíteni, hogy a modellezés alatt számos esetben szükség van segédelemek alkalmazására. Ezek közvetlenül nem részei a testmodellnek, de annak létrehozásában fontos szerepet játszanak. Ide tartozik a *Vázlat (Sketch)* is, amely nélkül a vázolt alaksajátosságokat nem lehetne elkészíteni, valamint a *Segédsík (Datum plane), Segédtengely (Datum axis), Segédpont (Datum point),* vagy a *Segéd koordináta rendszer (Datum coordinate system).* A jegyzet elsősorban a felsorolt elemek alkalmazásának menetét, egymásra helyezésének logikáját hivatott bemutatni a következő fejezetekben.

1.2 Modellezési módszerek ismertetése

Háromdimenziós testek modellezését végezhetjük direkt vagy parametrikus módszer szerint, valamint a két módszer előnyeit ötvöző szinkrontechnológiával.

A parametrikus modellezési technológia olyan tervezési feladatok során ideális választás, melyek pontos méreteket és magas gyártási kritériumokat követelnek meg. Termékcsaládok készítése során egy meglévő alapmodellből kiindulva kisebb változásokkal előállíthatóak az újabb termékek, ezek generálása jól megfogalmazott tervezői szándékok definiálásával egyszerűen - akár automatizáltan is - történhetnek, a változtatás érintheti a méreteket, vagy az alkatrészek és részegységek között kapcsolatokat is. Ilyen esetekben csakis parametrikus modellezést alkalmazhatunk, ahol tehát a tervezői szándék megvalósítását az építőelemek közötti kapcsolatok, valamint a geometriát leíró méretek és paraméterek alkotják. Az építőelemek egymásra épülését a modellfában követhetjük nyomon. Az építőelemek jelentős része vázlatokkal hozható létre, az ezekben megtalálható méreteket bármikor megváltoztathatjuk azon határok között ahol az azokat felépítő elemek el nem vesztik a tulajdonságaikat (vonal nem lehet nulla hosszúságú). A méret megváltoztatása egyben a ráépülő további építőelem automatikus módosulását is jelenti. Ezt a törvényszerűséget hívjük szülő-gyermek kapcsolatnak. Sok esetben ez a tény okozza a modell geometriájának újragenerálása során annak összeomlását. A parametrikus modellezési technológia azonban hátrányokat is tartalmaz. Koncepcionális tervezési fázisban túlságosan időigényessé és bonyolulttá teszi az ötletelés szintű tervezést, mely fázisban konkrét méretek legtöbbször még rendelkezésre sem állnak. További hátránya, hogy más tervező által készített modelltörténet fa átlátása nem mindig könnyű feladat, így sok idő lehet a termék geometriájának

módosítása. A tervező rendszer idegen fájlok kezelésének korlátoltsága is lehet probléma forrása.

A direkt vagy közvetlen tervezési módszer során a tervező közvetlenül geometriát hoz létre alaksajátosságok helyett, így nem létezik a modelltörténet fa és a paraméterek sem. Erre explicit modellező rendszerek jöttek létre, melyek az iparban csak korlátozott mértékben terjedtek el. A Creo is rendelkezik explicit modellező környezettel, de ennek megnyitása külön történik a parametrikus rendszertől, így a tervező döntheti el melyik környezetet preferálja az adott feladat elvégzése során. Egyértelmű előnye a rendszeridegen fájlok kezelésében van jelen.

A felsorolt okokból adódik, hogy igény lenne egy olyan rendszerre, amely képes egyesíteni a parametrikus és direkt módszer előnyeit önmagában, ez pedig nem más, mint a szinkronmodellezési technológia, mely a Solid Edge-ben és az NX-ben is elérhető. Ezen rendszerek jellemzője, hogy nincs modelltörténet, de a modellt paraméterek vezérlik. A legnagyobb előnye az importált modellekben van, de bizonyos esetekben a tervezési idő hosszát is lerövidíti, mivel nem kell a modellek javításával és újraépítésével foglalkozni, hiszen nincs szülő-gyermek kapcsolat sem.

1.3 A modellközpontú működési elv ismertetése

Manapság a mérnöki tervezőrendszerek nagy része modellközpontú működési elven működik. Ez alatt azt kell érteni, hogy az alkatrész test- vagy felületmodellje a központja a további leszármaztatásoknak. Ilyen leszármaztatás az alkatrész vetületi képeinek megjelenítése műhelyrajz készítésekor, végeselemes vizsgálat során a végeselemes háló generálása, szerszámpálya készítése, lemezalakító szerszám felületeinek képzése, vagy összeállítások felépítése.

A mérnöki tervezés folyamata legtöbb esetben iteratív eljárás, erre az egyik legáltalánosabb eset az, mikor a modellből származtatott végeselemes hálón futtatott analízis eredményei alapján az alkatrész geometriáját módosítani szükséges. Jelentős időt lehet ilyenkor megspórolni, ha a modell és a leszármaztatások összekapcsoltak (másnéven asszociatívak), hiszen ebben az esetben a modellen végzett módosítás létrejön a vele kapcsolatban lévő egyéb modulokban is automatikusan, vagy az újrafuttatást követően. Természetesen itt is értelmezhető a modulok közötti szülő-gyermek kapcsolat. Példaként, ha egy alaksajátosság megszüntetésre kerül a geometriában, akkor az ahhoz kapcsolódó technológiai művelet elveszti a referenciáját. Ha a geometria megváltoztatásához vissza kell térnünk a modellező környezetbe, akkor egyirányú asszociativitásról beszélünk, míg ellenkező esetben kétirányúról. Ez utóbbi azt jelenti, hogy a tervező rendszer bármely moduljában az objektumon végzett módosítás hatással lesz az összes kapcsolódó modulra. Példaként egy műhelyrajzban lévő méret módosítása kihatással van közvetlenül a testmodell méreteire, továbbá az esetlegesen hozzá kapcsolódó szerszámpálya útjára is. Összeállításon belül ez csak abban az esetben működik, ha az hivatkozik az összes benne szereplő elem fájljának elérhetőségére, ezért egy összeállítási rajz továbbítása csak a kapcsolódó fájlokkal együtt lehetséges.

Az integrált tervező rendszerek számos modult tartalmaznak, elterjedésüknek oka pontosan abból adódik, hogy az említett asszociatív és modellközpontú működés megvalósítása jóval egyszerűbb egy tervező rendszeren belül , továbbá a felhasználónak is elég egy környezettel megismerkednie, ebből adódóan jóval rövidebb a betanulási idő is.

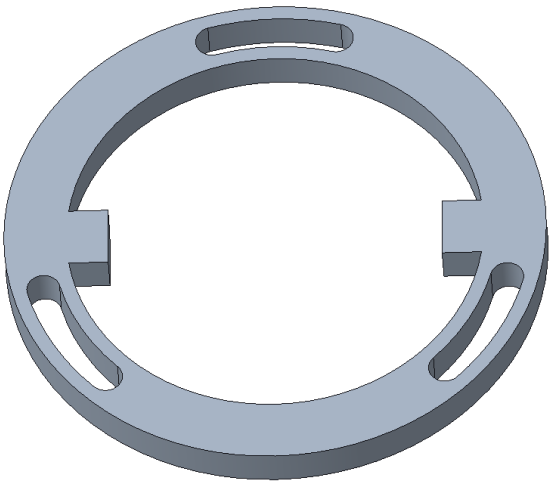
2. ALKATRÉSZMODELLEZÉS CREO-BAN

Ebben a fejezetben a *PTC Creo 4.0* tervező rendszeren belüli vázlatkészítést, parametrizálást és a modellezés logikai felépítését sajátíthatja el az olvasó gyakorlati gépészeti alkatrészek testmodelljének készítése során. Az alaksajátosságok közül kiemelten foglalkozik a kihúzás és forgatás használatával. Egyéni felkészülésre javasolt a [3]-as irodalom, amely számos szabványos gépelem méreteit tartalmazza, továbbá a műszaki ábrázolás szabályain kívül számos jól kitenyésztett geometriát találhatunk a [4]-es számú irodalomban is.

Manapság egy egyszerű regisztrációhoz kötve több gyártó is közkinccsé teszi az általa gyártott részegységek modelljeit a saját honlapján (INA-FAG, SKF, Scheneider Electric, Bosch Rexroth, Festo, stb.), melyek felkeresése és a letöltött modellek beépítése összeszerelési környezetbe egy jó gyakorlatszerzési lehetőség. A gyártó cégek CAD katalógusainak egy adatbázisban történő összegyűjtésének piaci lehetőségét több cég is felismerte. Használatukkal sokkal kényelmesebb felhasználás mellett és a kereséssel feleslegesen elpazarolt idő megspórolásának lehetőségével állnak a CAD tervezők rendelkezésére (*traceparts*, *partsolutions*). Elérhető több hobbi modellező és dizájner által készített modelleket gyűjtő weblap is (*Cults 3D*, *Thingiverse*, *GrabCAD*). A *Thingiverse* oldalán található alkotások .stl file kiterjesztésben érhetőek el, ami ideális a 3D nyomtatáshoz. A *GrabCAD* oldala a legnagyobb olyan adatbázis a hobbimodellezők körében, ahol csakis kifejezetten mérnöki területhez kapcsolódó rajzokat lehet elérni. Jelenleg körülbelül 27000 db modellt tartalmaz teljes mértékben ingyenes letöltéssel. Ezek nem szabványos alkatrészek, de nagyon hasznosak tudnak lenni, ha például egy ember modellre van szükség. Javasolt még az [5]-ös irodalom tanulmányozása, amely részletesen leírja a parametrikus tervezés szerepét a módszeres gépészeti tervezés folyamatában.

2.1 Reteszes állítótárcsa kétdimenziós vázlatának elkészítése és kihúzása

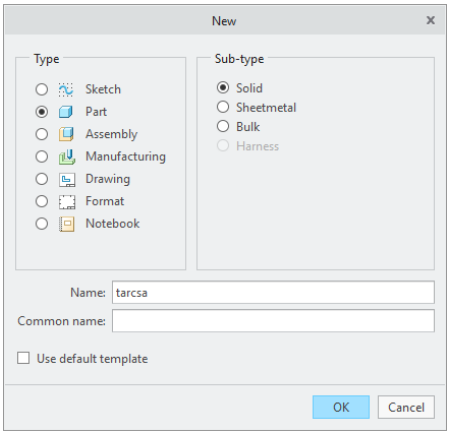
Ebben a leckében a célkitűzés az, hogy bemutatásra kerüljön a parametrikus modellezés során alkalmazott vázolási módszer. Ennek érdekében ismertetésre kerülnek a rajzoló elemek, vázlat eszközök, szerkesztő elemek, geometriai kényszerek alkalmazásának módszere és a méretezés menete. A lecke végén a *2.1. ábrának* megfelelő testmodellt kapja, mely szerkesztés helyességét a test térfogatának vizsgálatával egyszerűen ellenőrizheti ($V = 48402{,}4\ mm^3$).

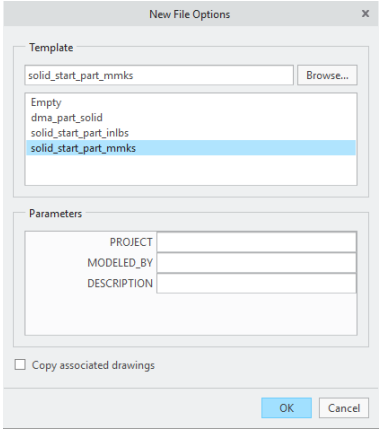


2.1. ábra A tervező rendszerben elkészült reteszes állítótárcsa testmodellje

Új alkatrész fájl létrehozása:

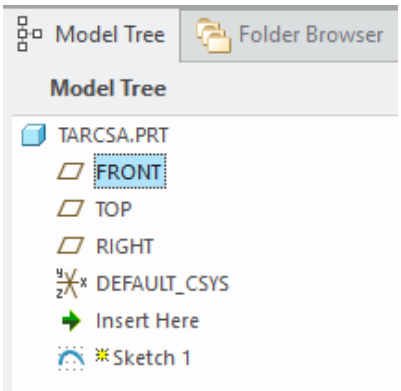
- *File, New*
- Válassza ki az új fájl létrehozása ablakban a *Type:Part, Sub-type: Solid, Name:tarcsa,* deaktiválja a *Use default template* opciót, majd *Ok.*
- Válassza ki az új fájl opciói ablakban a *solid_start_part_mmks* template-et és deaktiválja a *Copy associated drawings* opciót, majd *Ok.*

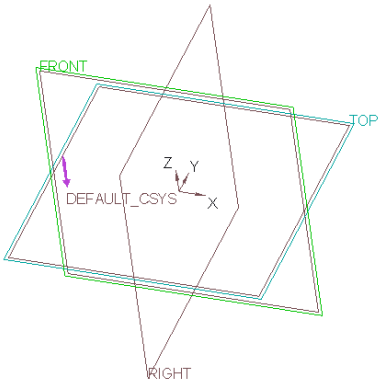


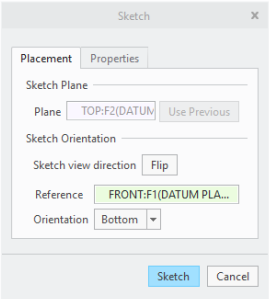


A tárcsa vázlatának elkészítése:

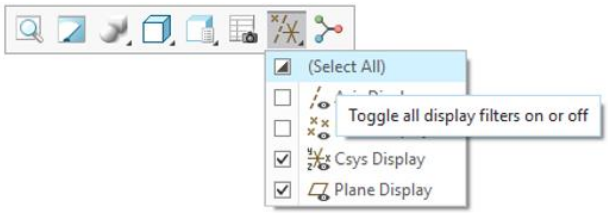
- A szalagsoron válassza a *Model* fület, majd a *Datum* csoporton belül klikkeljen a *Sketch*-re
- A vázlat síkjának kiválasztása a grafikus ablakban, vagy a modelltörténet fában lehetséges a *TOP* síkot kijelölve, majd *Sketch* gomb.





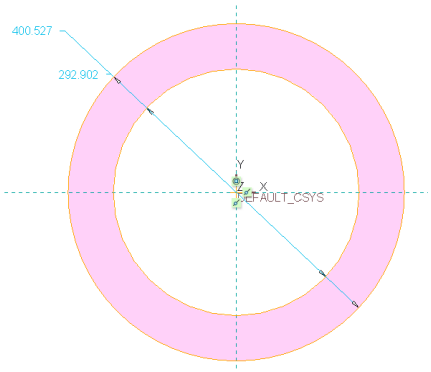


Megjegyzés: ha a bázis síkok nem látszanak akkor a megjelenítés eszköztáron kijelölendő a *Select all* opció



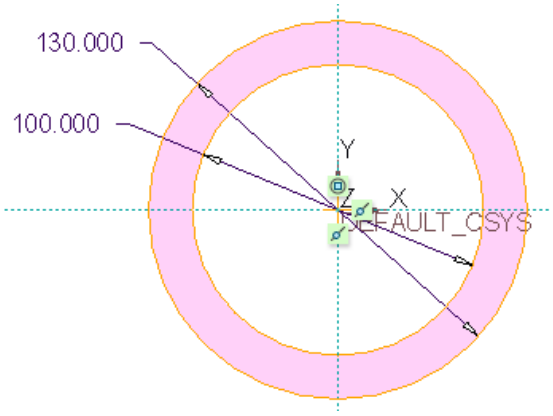
- A megjelenítés eszköztáron deaktiváljon minden segédelem megjelenítést

- Az eszköztár *Sketcher* csoportján belül válassza a *Center and Point* rajzelemet majd a koordináta rendszer középpontjába kattintva helyezze el a kör középpontját, majd az egeret elmozgatva *BEG* (bal egér gomb) a kör sugarának meghatározásához. Ismételje ezt meg még egyszer, majd a *KEG* (középső egér gomb) lenyomásával befejezheti a kör rajzolása parancsot és egyúttal visszatérhet a kiválasztás módba .

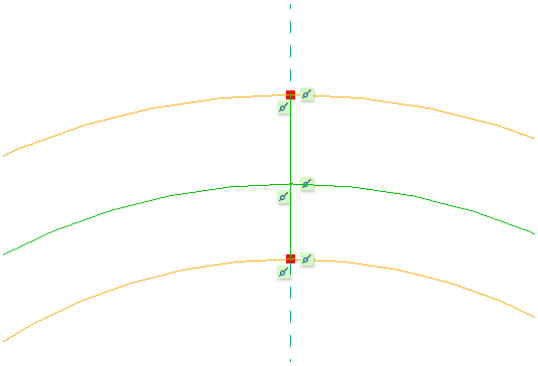


Megjegyzés: A következő lépésben a létrehozott körök méretezése kerül bemutatásra. Alapjában véve háromféle méret létezik Creo-n belül: gyenge, erős és zárolt. Mindaddig amíg egy méretet nem adunk meg, gyenge méretként világoskék színnel jelenik meg a grafikus ablakban. A megjelenő méretek száma mindig a geometria egyértelmű definiálásához szükséges mennyiségű. Ha egy gyenge méret értékét megadjuk, vagy új méretet helyezünk el, akkor az erős méretté módosul, amelyet a színe is jelöl. Zárolt méreteket általános esetben nem alkalmazunk, de ha szükséges akkor *JEG* (jobb egér gomb) a méreten és *Toggle lock.*

- Ellenőrizze le, hogy a *One-by-One* (kiválasztás) mód az aktív , ha igen dupla klikkeléssel a méret értékén lehetőség van annak megváltoztatására majd az enterrel az érték elfogadására. A *BEG* nyomva tartásával lehetőség van a méretvonal pozíciójának mozgatására. Az egérrel a grafikus ablak hátterébe klikkelve meg lehet szüntetni a kijelölést.



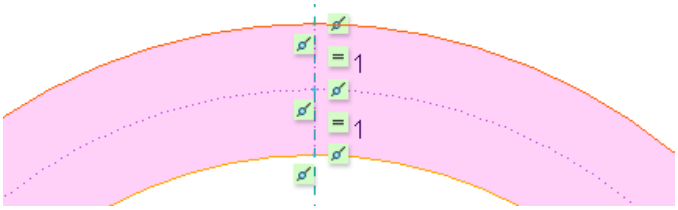
- Következő lépésben a hornyok fognak elkészülni, ehhez szükséges egy további kör felvétele, mely szerkesztő kör lesz, továbbá két szerkesztő egyenes is. A *Ctrl+G* billentyűket egyidejűleg lenyomva bekapcsolható a szerkesztő mód, majd a *Center and Point* rajzelemmel rajzolhatja meg a kört és ezt követően a *Line Chain* rajzelem segítségével a két egyenest, amely a két-két kör közé esik az ábrán zöld színnel jelölt módon. A konstrukciós vonalak pontokkal vannak jelölve, így az ábrától eltérően nehezen láthatóak.



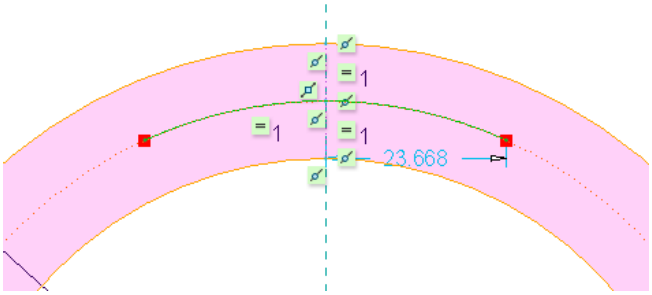
Geometriai kényszerek alkalmazása

Megjegyzés: A geometriai kényszerek fontos szerepet játszanak a vázlatok elkészítésében hiszen a tervezői szándék megfogalmazását teszik lehetővé. Alkalmazásukkal a gyenge méretek száma csökkenthető, hiszen határozottabbá teszi a meglévő vázlatot. A szalagsor *Constrain* csoportján belül találhatóak, az alábbi képen pedig a jelöléseik láthatóak, melyek rendre: *vertikális, érintő, szimmetria, horizontális, középpont, egyenlő, merőlegesség, egybeeső és párhuzamos kényszer.* Alkalmazásukat a következőkben gyakorlati szempontból is meglehet ismerni.

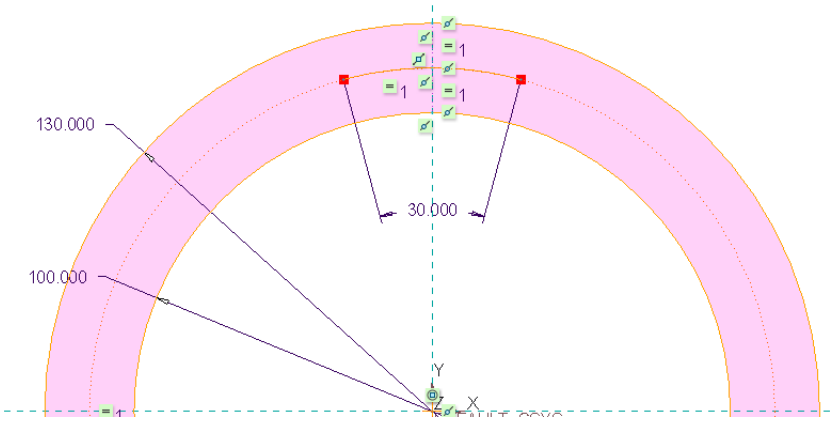
- Válassza ki az *egyenlő* geometriai kényszert majd klikkeljen a korábban létrehozott két vonalra. Figyelje meg, hogy a kényszer jele zöld négyzetben megjelent az elemek mellett. Innentől kezdve a szerkesztő kör minden körülmények között a karima közepén fog elhelyezkedni.



- A *Ctrl+G* billentyűkkel kapcsolja ki a szerkesztő módot, majd a *More* lenyíló menüjéből válassza az *Arc, Center and Ends* rajzelemet, majd helyezze el a körívet a definiált segédkörön az ábrán látható módon, úgy hogy a vertikális tengelyre szimmetrikusan helyezkedjen el a körív két vége.



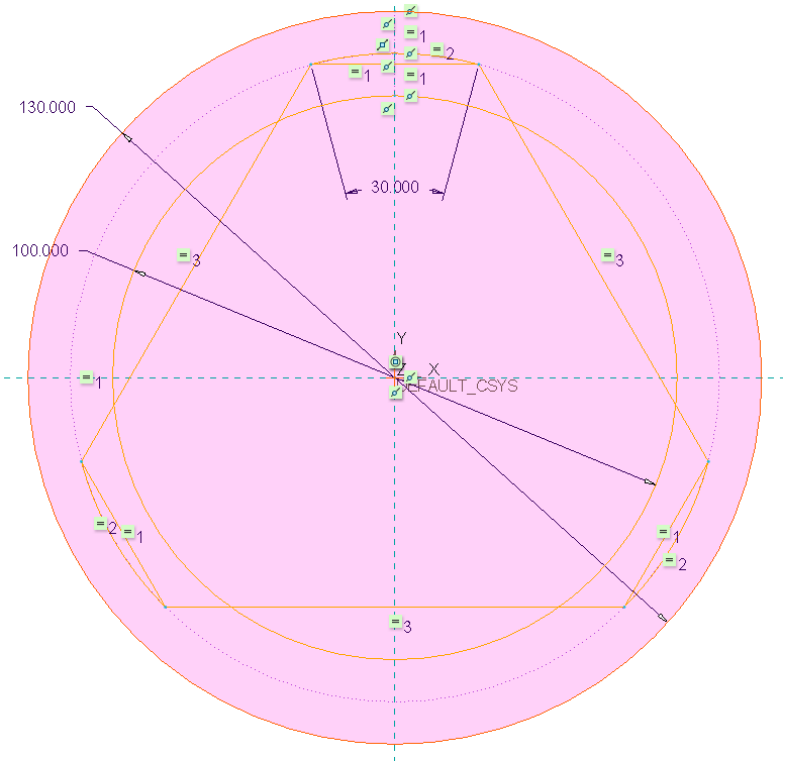
- Kattintson a *Sketcher* csoport *Dimension* elemére, majd a körív szögének megadásához kattintson *JEG*-al rendre a körív egyik végpontjára a kör középpontjára majd a másik végpontra, ezt követően a méret elhelyezésének kívánt helyén klikkeljen *KEG*-al. Most megadhatja a szög méretét, mely egyezzen a képen látható értékkel.



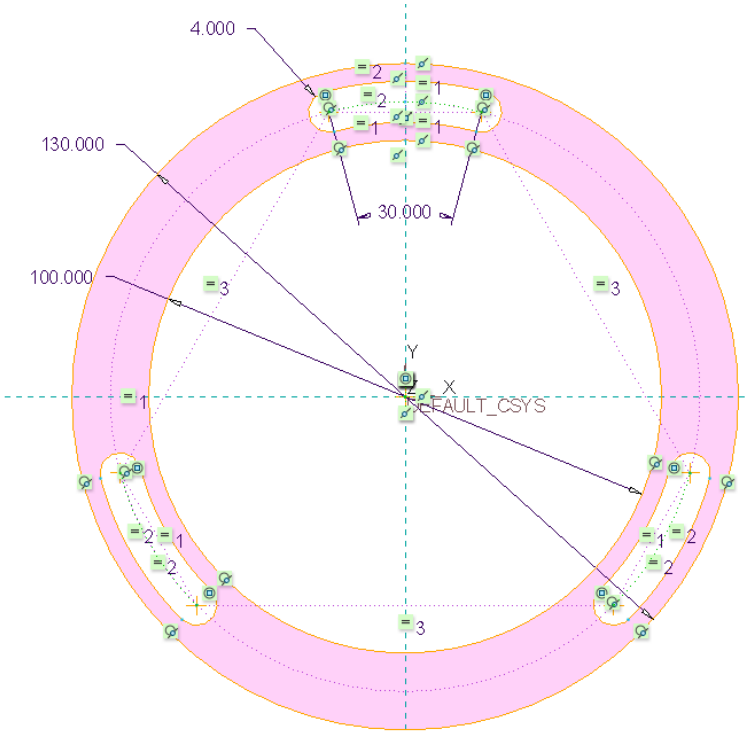
- Válassza az *Arc, Center and Ends* rajzelemet és hozzon létre a segédkörön még két körívet a további hornyok elkészítéséhez. A további hornyok megrajzolása helyett a valós

életben a kiosztás parancs alkalmazott, azonban most vázlat készítése miatt jó gyakorló példa ezt egyesével megrajzolni.

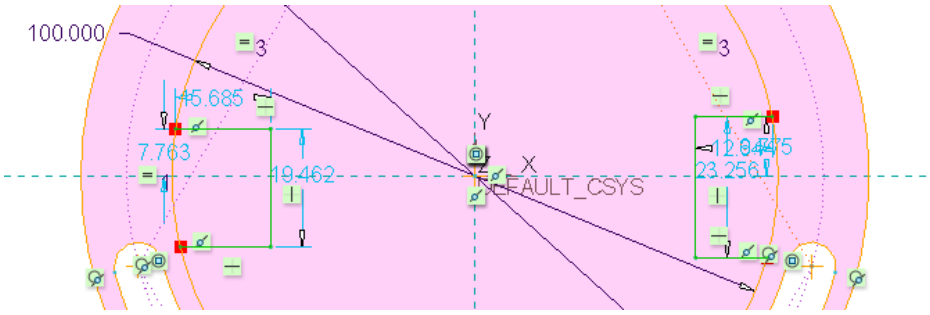
- A hornyok azonos nagysága és szabályos kiosztása segédvonalak egyenlővé tételével geometriai kényszerek útján definiálható. Hozzon létre vonalakat a körívek végpontjai között a *Line Chain* rajzelem segítségével. Majd külön-külön tegye egyenlővé a körívek végpontjai között és a körívek közötti szakaszokat az *egyenlő* geometriai kényszert alkalmazva.



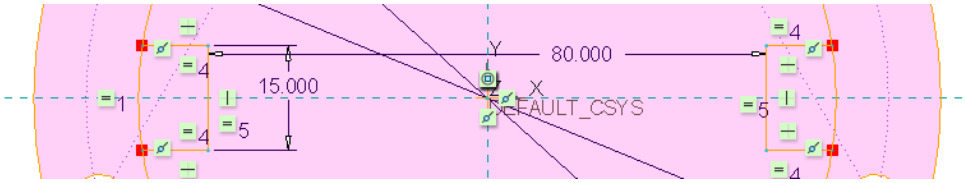
- Ellenőrizze, hogy a *One-by-One* (kiválasztás) mód az aktív , a *Ctrl* gomb nyomvatartása mellett a *BEG*-al jelölje ki a létrehozott vonalakat, majd engedje el a *Ctrl* gombot és vegye észre, hogy felugrik egy helyi menü, melyből válassza a kijelölt elemek átalakítását konstrukcióssá elemet .
- Szüntesse meg az elemek kijelölését, majd kattintson a *More, Thicken* eszközre. A felugró ablakban állítsa be *Select Thicken Edge: Single, End caps: Circular*, majd jelölje ki az egyik körívet. A felugró ablakban a vastagság értékének adjon meg 8 *mm*-t, majd *Enter* és a következő ablakba pedig írjon be 4*mm*-t és fogadja el *Enterrel*. Ismételje meg ezt a lépést a másik két körívre is, majd zárja be az ablakot. Vegye észre, hogy a körívek sem részei a vázlatnak csak segítik annak kialakítását, így tegye őket is konstrukcióssá. Ehhez jelölje ki a köríveket, majd használja a kijelölt elemek átalakítását konstrukcióssá elemet .



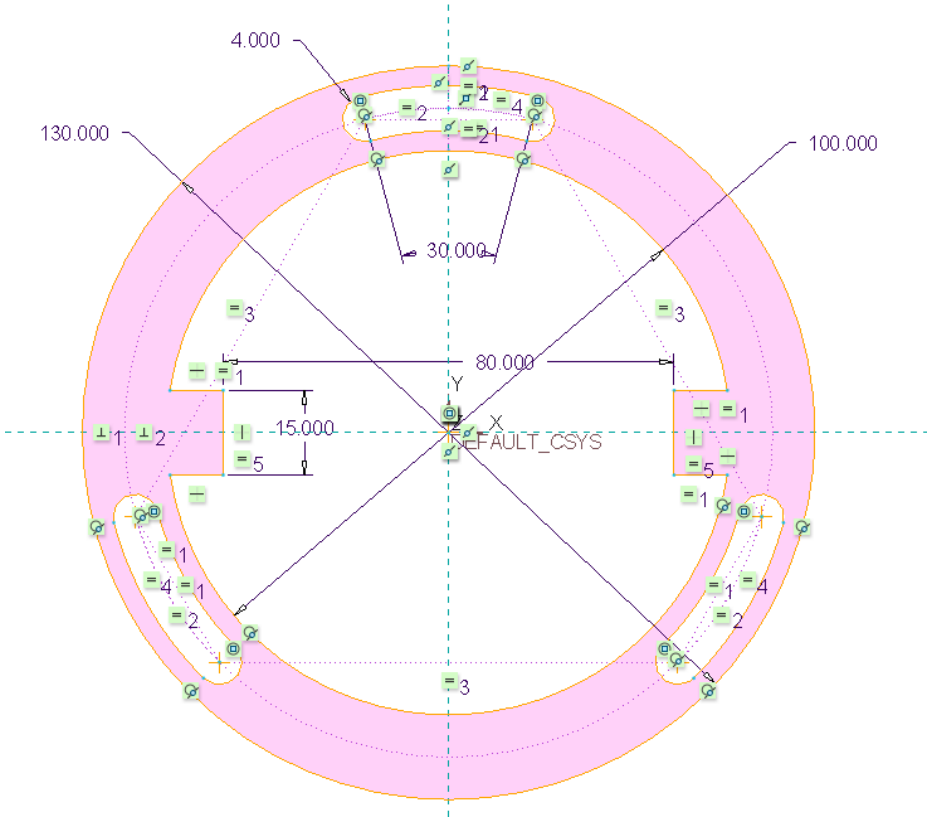
- Végezetül a két köröm kerül kialakításra, ehhez válassza a *Line Chain* rajzelemet, majd vázolja fel az ábrán látható módon.



- A szimmetria biztosításához tegye egyenlővé a vízszintes vonalakat, majd ezt követően külön a függőleges vonalakat is az *egyenlő* geometriai kényszert alkalmazva. Térjen vissza a *Kiválasztás* módba a *KEG* lenyomásával, majd módosítsa a függőleges vonal méretét. Kattintson a *Sketcher* csoport *Dimension* elemére, hogy elhelyezzen egy új méretet, kattintson a két függőleges vonalra, majd a két vonal között a *KEG*-al, hogy elhelyezze a méretet, ezt követően adja meg a méret értékét.

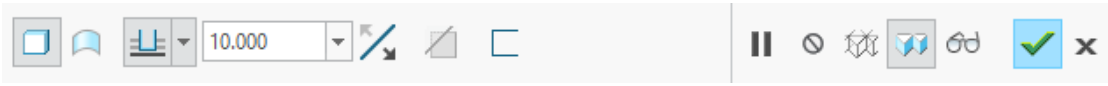


- Vegye észre a fenti ábrán, hogy a piros négyzetek nyílt végeket jelölnek, azonban a későbbiekben alkalmazandó kihúzás alaksajátosság csak záródó vázlattal működőképes. Ennek megszüntetéséhez az *Editing* csoport *Delete Segment* elemét alkalmazva egyszerűen csak kikell választani a törlendő szakaszokat a grafikus ablakban.
- Ellenőrizze le, hogy az alább látható ábrával egyező vázlatot kapott-e, ha igen, befejezheti a vázlat készítését, amihez kattintsunk az OK gombra. Szánjon időt mindig a képernyő bal oldalán található modelltörténet fára (*Model Tree)*, mely jelenleg éppen most bővült a *Sketch 1* elemmel.

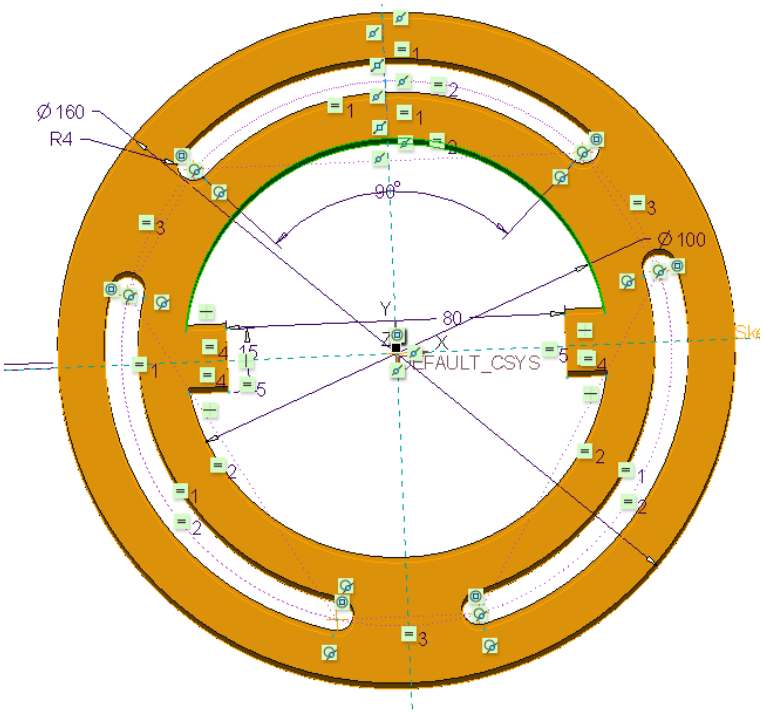


Testmodell készítése az elkészített vázlat kihúzásával

- Kattintson a háttérbe, hogy minden kijelölést megszüntessen, majd a *Model* fül *Shapes* csoportján belül kattintson az *Extrude* alakelemre. Ezt követően válassza ki az elkészített vázlatot. A vázlat síkjára merőlegesen megtörtént a kihúzás a *KEG* nyomva tartásával lehetséges a modell térben való forgatása.
- Vegye észre, hogy a szalagsor megváltozott és a kihúzáshoz tartozó opciókat tartalmazza. Állítsa be a kiterjedés mértékét a képnek megfelelően. Ezt követően fejezze be a parancsot a *KEG* lenyomásával.

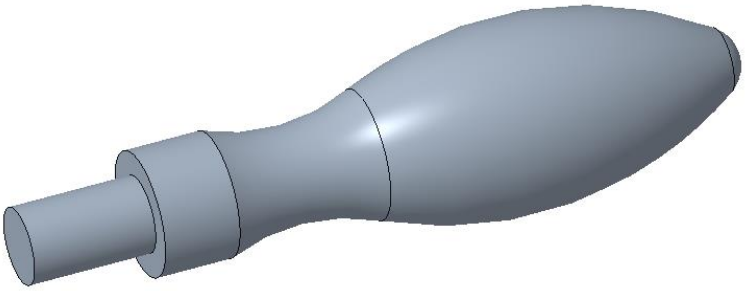


- A térfogat ellenőrzését az *Analysis* fül *Measure* csoport legördülő menüjében található *Volume* paranccsal érheti el ($V = 48402{,}4\ mm^3$).
- Kattintson a háttérbe, hogy minden kijelölést megszüntessen, majd kattintson duplán a testmodellen, melynek hatására a modellhez rögzített méretek láthatóvá vállnak. Ezen méreteket kijelölve lehetőség van az értékük módosítására, próbálja ki a képnek megfelelően. A méretek módosítása közben figyelje meg, hogy a geometriai kényszereknek köszönhetően a testmodell alakja követi a tervező előzetesen megfogalmazott elvárásait a geometriával kapcsolatban.



2.2 Gömbfogantyú kétdimenziós vázlatának elkészítése és forgatása

Ebben a leckében a célkitűzés az, hogy egy forgásszimmetrikus testhez készítsen vázlatot. Az előző feladatban megismert vázlatkészítési alapokat ismertnek vesszük, így a modellépítés menete csak a fontosabb és új lépések részletezését tartalmazza. A lecke végén a *2.2. ábrának* megfelelő DIN 39-es szabványban meghatározott méretekkel rendelkező gömbfogantyút kapja [3], a szerkesztések helyességét a test térfogatának vizsgálatával egyszerűen megteheti ($V = 11937{,}7\ mm^3$).



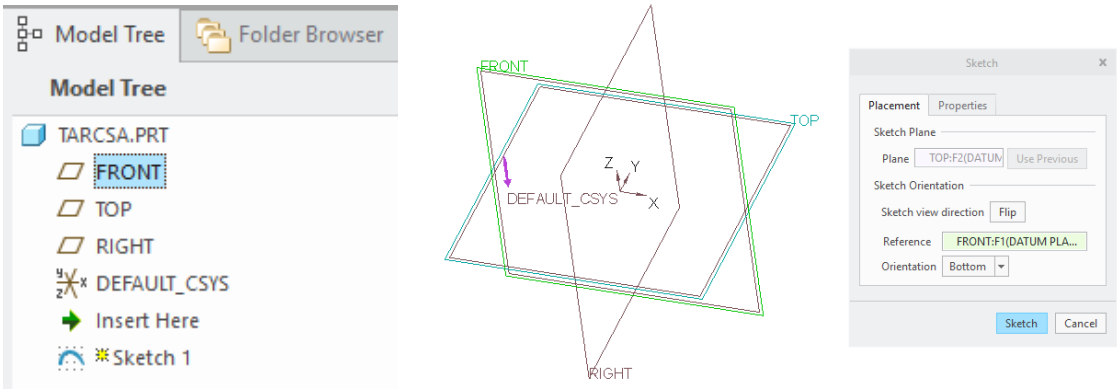
2.2. ábra A tervező rendszerben elkészült gömbfogantyú testmodellje

Új alkatrész fájl létrehozása:

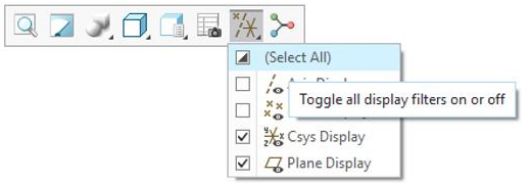
- *File, New*
- Válassza ki az új fájl létrehozása ablakban a *Type:Part, Sub-type: Solid, Name:fogantyu,* deaktiválja a *Use default template* opciót, majd *Ok*.
- Válassza ki az új fájl opciói ablakban a *solid_start_part_mmks* template-et és deaktiválja a *Copy associated drawings* opciót, majd *Ok*.

A gömbfogantyú vázlatának elkészítése:

- A szalagsoron válassza a *Model* fület, majd a *Datum* csoporton belül klikkeljen a *Sketch*-re
- A vázlat síkjának kiválasztása a grafikus ablakban, vagy a modelltörténet fában lehetséges a *TOP* síkot kijelölve, majd *Sketch* gomb.

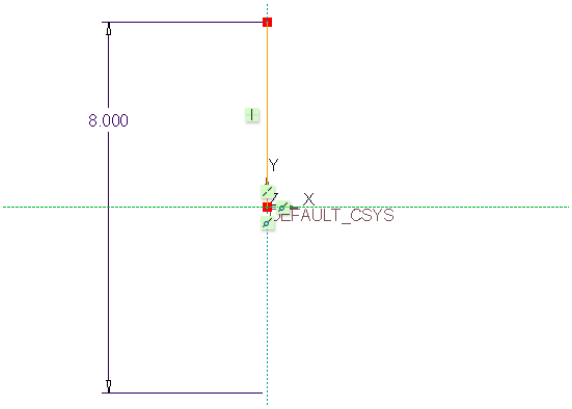


Megjegyzés: Ha a bázis síkok nem látszanak akkor a megjelenítés eszköztáron kijelölendő a *Select all* opció

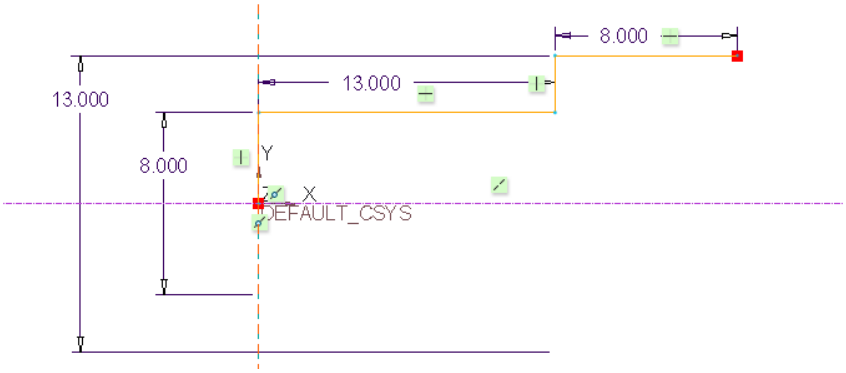


- A megjelenítés eszköztáron deaktiváljon minden segédelem megjelenítést

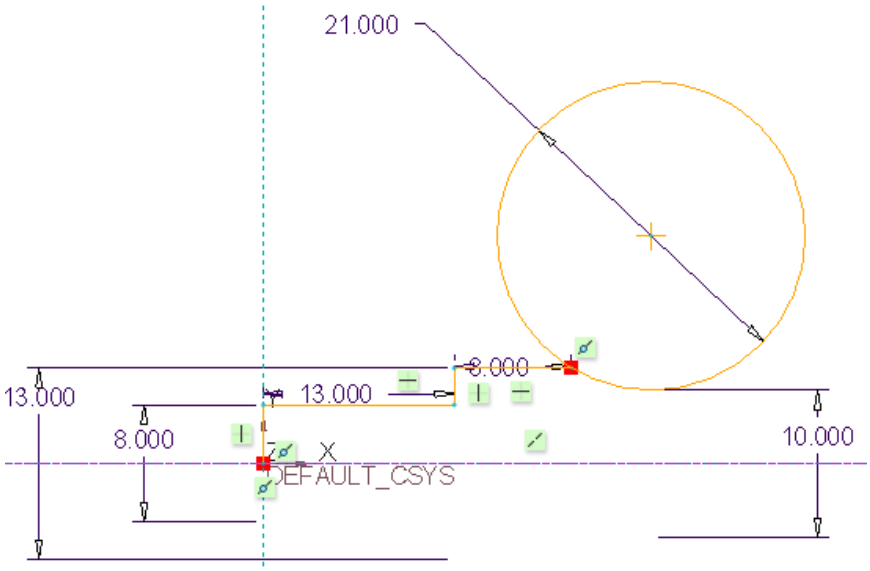
- Mivel a test forgásszimmetrikus ezért a forgatás alakelemhez elég annak meridián metszetét vázolni.
- Az eszköztár *Sketcher* csoportján belül válassza a *Line Chain* rajzelemet, majd vázolja fel az ábrán látható módon. Átmérő méret definiálásához első lépésként definiálni kell a forgástengelyt, ehhez a *Sketcher* csoport *Centerline* rajzelemét választva a horizontális síkon helyezze el a tengely két végpontját. Ez a tengely egyben a forgatás alakelem forgástengelyeként is szolgál.
- Kattintson a *Sketcher* csoport *Dimension* elemére, hogy elhelyezzen egy új méretet. Szimmetrikus méret megadáshoz válassza ki a vonal méretezendő végpontját, majd a szimmetria tengelyt és újra az elsőnek kiválasztott végpontot, végezetül helyezze el az új méretet a *KEG*-al.



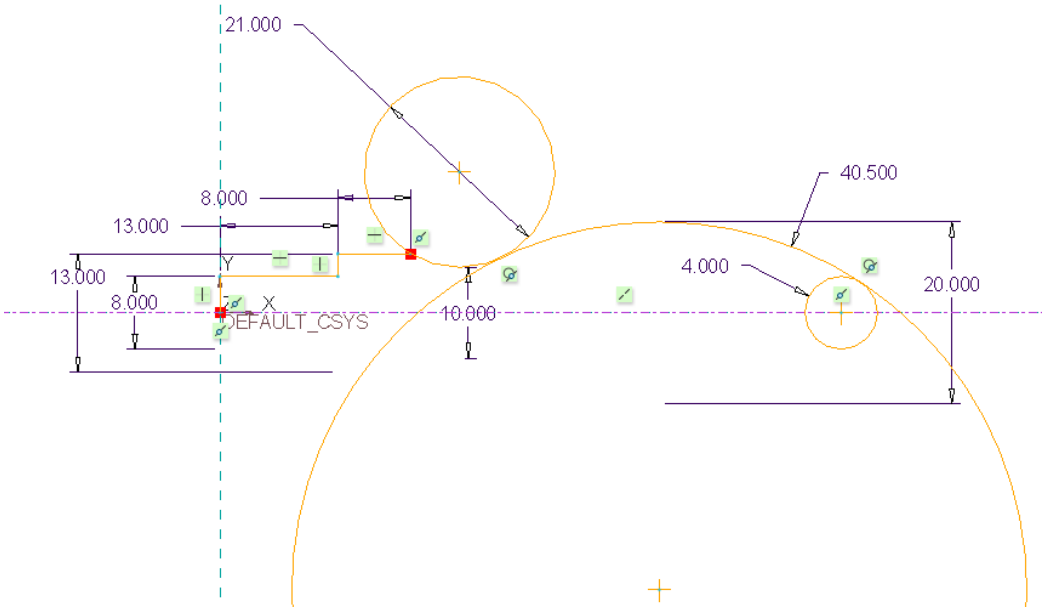
- A *Sketcher*, *Line Chain* és *Dimension* elemekkel készítse el az alábbi ábrán látható vázlatot.



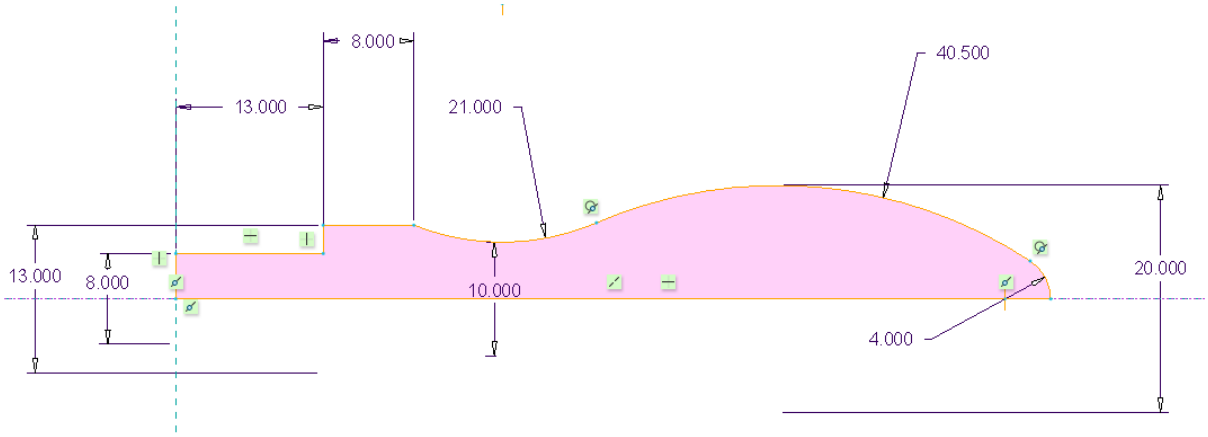
- A *Sketcher, Center and Point* rajzelem és *Dimension* elemekkel készítse el az alábbi ábrán látható vázlatot.



- A *Sketcher, Center and Point* rajzelem és *Dimension* elemekkel készítse el az alábbi ábrán látható vázlatot, ügyeljen arra, hogy a körök között az érintő geometriai kényszer létrejöjjön.



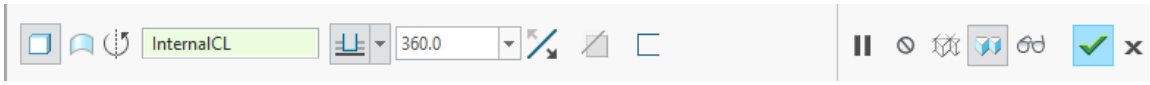
- A *Sketcher*, *Line Chain* rajzelemmel zárja be a vázlatot és az *Editing* csoport *Delete Segment* elemével törölje a felesleges szakaszokat a vázlatból.



- Ellenőrizzük le, hogy a fentebb látható ábrával egyező vázlatot kapott-e ha igen befejezheti a vázlat készítését, ehhez kattintson az OK gombra. Vizsgálja meg a képernyő bal oldalán található modelltörténet fát (*Model Tree)*, mely így bővült a *Sketch 1* elemmel.

Testmodell készítése az elkészített vázlat forgatásával

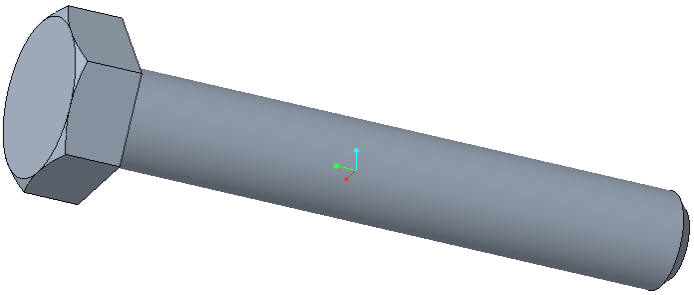
- Kattintson a háttérbe, hogy minden kijelölést megszüntessen, majd a *Model* fül *Shapes* csoportján belül kattintson a *Revolve* azaz forgatás alakelemre. Ezt követően válassza ki az elkészített vázlatot. A vázlatban megtalálható szimmetria tengely körül megtörténik a vázlat forgatása 360°-ban, a *KEG* nyomva tartásával lehetséges a modell térben való forgatása.
- Vegyük észre hogy a szalagsor megváltozott és a forgatáshoz tartozó opciókat tartalmazza. Állítsa be a forgatás mértékét a képnek megfelelően, ezt követően fejezzük be a parancsot a *KEG* lenyomásával.



- A térfogat ellenőrzését az *Analysis* fül *Measure* csoport legördülő menüjében található *Volume* paranccsal érheti el ($V = 11937{,}7\ mm^3$).

2.3 Gépészeti alaksajátosságok egy hatlapfejű csavar rajzolásakor

Az előző példák során megismerkedhetett a vázlatkészítésen túl a kihúzás és a forgatás alaksajátosságokkal. Ebben a leckében a célkitűzés az, hogy a már ismert parancsok mellett bemutatásra kerüljenek a letörésre és menet definiálásra alkalmas gépészeti alaksajátosságok is. Érdemes megfigyelni, hogy ez a lecke jóval egyszerűbb vázlatokat fog majd használni mint az eddigiek, a rájuk épülő ajaksajátosságok pedig egyesítésre és kivonásra fognak kerülni. Az egyszerű vázlat jelen esetben a geometria egyszerűségéből is adódik, azonban bonyolultabb geometriák készítése esetén is ennek kell lennie az irányadónak. A lecke végén a *2.3. ábrának* megfelelő $ISO\ 4016 - M8x50$-es hatlapfejű csavart kapjuk, a szabványban meghatározott méretek adottak a következő irodalomban is [3], az elvégzett szerkesztés helyességét a test térfogatának vizsgálatával egyszerűen ellenőrizheti ($V = 3275{,}09\ mm^3$).



2.3. ábra A tervező rendszerben elkészült hatlapfejű csavar testmodellje

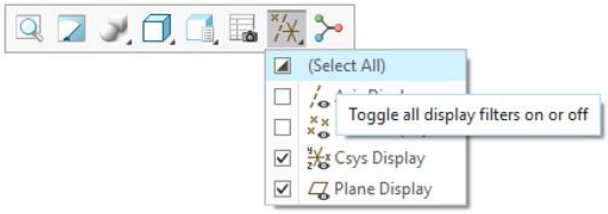
Új alkatrész fájl létrehozása:

- *File, New*
- Válassza ki az új fájl létrehozása ablakban a *Type:Part, Sub-type: Solid, Name: hlf_M8x50,* deaktiválja a *Use default template* opciót, majd *Ok.*
- Válassza ki az új fájl opciói ablakban a *solid_start_part_mmks* templatetet és deaktiválja a *Copy associated drawings* opciót, majd *Ok.*

A csavarfej modellezése:

- A szalagsoron válassza a *Model* fület, majd *Shapes* csoporton belül klikkeljen a *Extrude* alakelemre.

Megjegyzés: ha a bázis síkok nem látszanak akkor a megjelenítés eszköztáron kijelölendő a *Select all* opció.



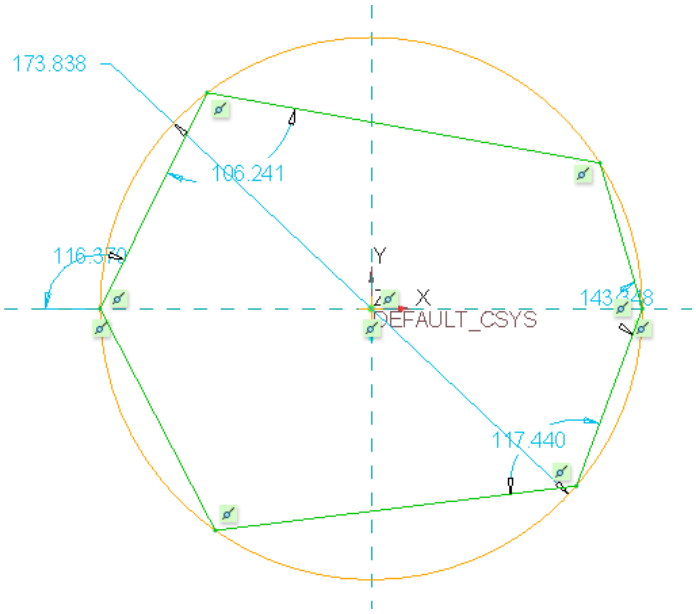
- Vegye észre, hogy a szalagsoron található *Placement* fül pirosan jelzi, hogy az alaksajátosságnak szüksége van egy vázlatra. Vázlat előzetesen nem készült, azonban ez

megtehető a kihúzás parancson belül is. Ehhez az elkészítendő vázlat síkjának kiválasztása szükséges, amely megtehető a grafikus ablakban, vagy a modelltörténet fában. Válassza a *TOP* síkot, majd vegye észre, hogy a szalagsor megváltozott és a *Sketch* parancs az aktív.

- A megjelenítés eszköztáron deaktiváljon minden segédelem megjelenítést

Megjegyzés: Mivel a csavar testmodelljét nem lehetséges egy alakelemből előállítani, így elsőként a fejrész kerül megrajzolásra

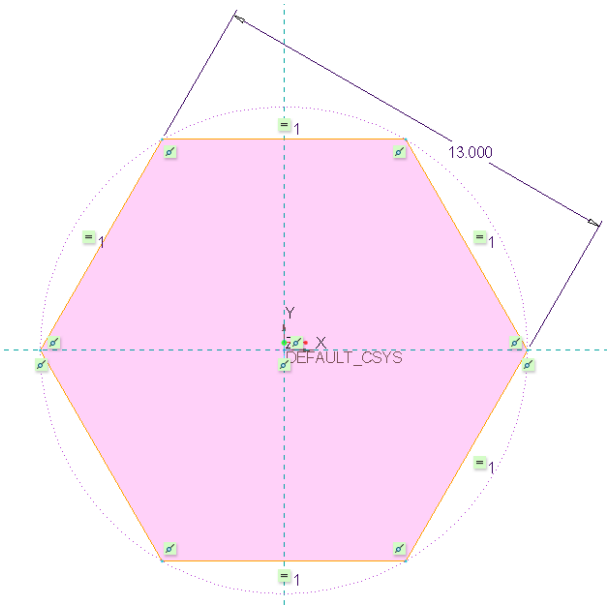
- Az eszköztár *Sketcher* csoportján belül válassza a *Center and Point* rajzelemet, majd a koordináta rendszer középpontjába kattintva helyezze el a kör középpontját. Ezt követően az egeret elmozgatva *BEG* a kör sugarának meghatározásához. A *KEG* lenyomásával befejezheti a kör rajzolása parancsot és egyúttal visszatér kiválasztás módba.
- Az eszköztár *Sketcher* csoportján belül válassza a *Line Chain* rajzelemet, majd vázolja fel az alábbi ábrán látható hat vonalból álló vonalláncot.



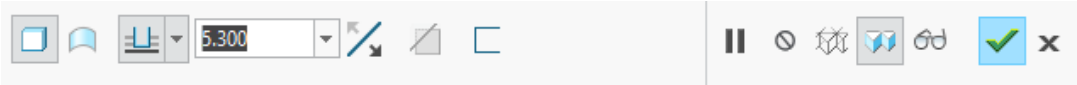
- Válassza ki a *Constrain* csoportból az *egyenlő* geometriai kényszert, majd klikkeljen a korábban létrehozott vonallánc elemeire, hogy egyenlővé tegye őket. Figyelje meg, hogy a körön belül így egy szabályos hatszöget kapott.
- Vegye észre, hogy a külső kör nem része a vázlatnak csak segítik annak kialakítását, így tegye azt konstrukcióssá. Ehhez jelölje ki a kört majd a felugró helyi menüből használja a kijelölt elemek átalakítását konstrukcióssá elemet .
- A metrikus 8-as menettel ellátott csavar feje 13-as villáskulccsal fogható, definiálja ezt a méretet. Kattintson a *Sketcher* csoport *Dimension* elemére, majd válassza ki a

hatszög két oldallapját az alábbi képnek megfelelően és mozgassa az egeret a két oldallap közé, majd helyezze el az új méretet a *KEG*-al.

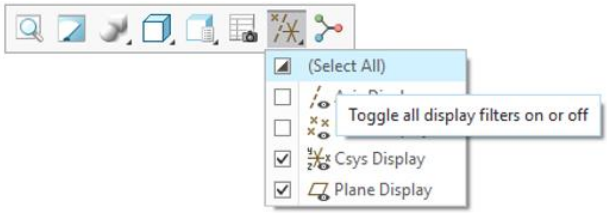
- Ellenőrizzük le, hogy az alább látható ábrával egyező vázlatot kapott-e, ha igen, befejezheti a vázlat készítését, ehhez kattintson az OK gombra.



- Vegye észre, hogy a szoftver visszatért a kihúzás parancsba és a szalagsor az ehhez tartozó opciókat tartalmazza. Állítsuk be a kiterjedés mértékét a képnek megfelelően. Ezt követően fejezzük be a parancsot a *KEG* lenyomásával.

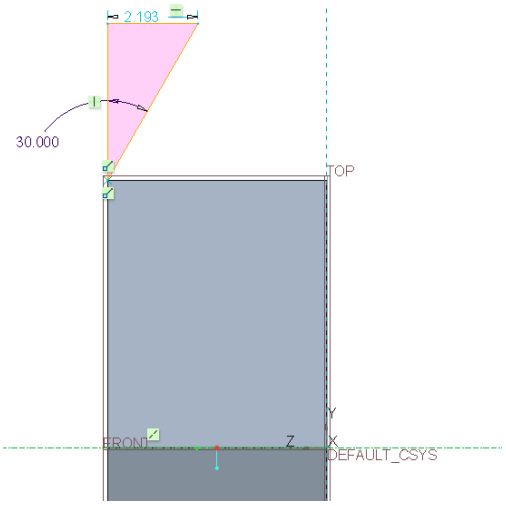


- A megjelenítés eszköztáron aktiváljon minden segédelemet a *Select all* opcióval.

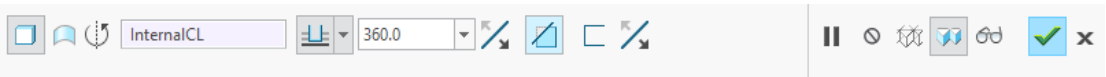


- Kattintson a háttérbe, hogy minden kijelölést megszüntessen, majd a *Model* fül *Shapes* csoportján belül kattintsunk a *Revolve* , azaz forgatás alakelemre.
- Vegye észre, hogy a szalagsoron található *Placement* fül a kihúzás parancshoz hasonlóan pirosan jelzi, hogy az alaksajátosságnak szüksége van egy vázlatra. Vázlat előzetesen most sem készült, hanem a forgatás parancson belül kerül létrehozásra. Ehhez az elkészítendő vázlat síkjának kiválasztása szükséges, amelyet megtehet grafikus ablakban, vagy a modelltörténet fában. Válassza a *RIGHT* síkot, majd vegye észre, hogy a szalagsor megváltozott és a *Sketch* parancs az aktív.

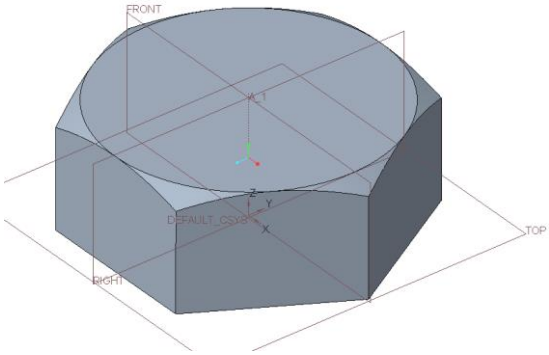
- Az eszköztár *Sketcher* csoportján belül válassza a *Line Chain* rajzelemet, majd vázolja fel az alábbi ábrán látható három vonalból álló vonalláncot.
- Kattintson a *Sketcher* csoport *Dimension* elemére, majd válassza ki a háromszög két oldalát az alábbi képnek megfelelően és mozgassa az egeret a két oldalél közé, majd helyezze el az új méretet a *KEG*-al. Az így létrejött szögméretet módosítsa 30 °-ra.
- A *Sketcher* csoport *Centerline* rajzelemét választva a horizontális síkon helyezze el a tengely két végpontját, mely a forgatás alakelem forgástengelyeként fog szolgálni.



- Ellenőrizze le, hogy a fentebb látható ábrával egyező vázlatot kapott-e, ha igen, befejezheti a vázlat készítését, ehhez kattintson az OK gombra.
- Vegye észre, hogy a szoftver visszatért a forgatás parancsba és a szalagsor az ehhez tartozó opciókat tartalmazza. Állítsa be a kiterjedés mértékét a képnek megfelelően továbbá aktiválja, hogy anyag elvételt végezzen az alaksajátosság. Ezt követően fejezze be a parancsot a *KEG* lenyomásával.

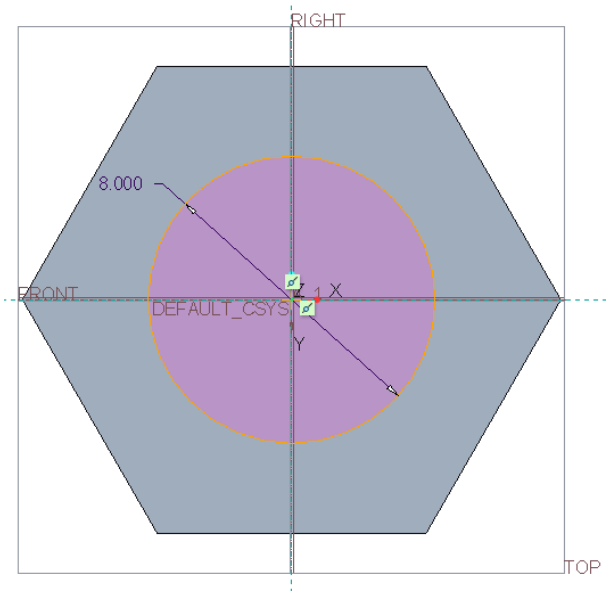


- Ezzel az alábbi ábrán is láthatóan elkészült a csavarfej testmodelljével.

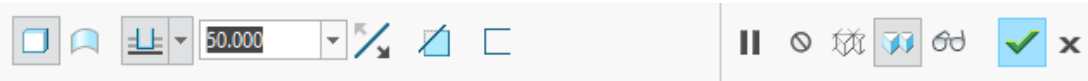


A csavar szárának modellezése:

- A szalagsoron válassza a *Model* fület majd a *Shapes* csoporton belül klikkeljen az *Extrude* alakelemre.
- Válassza a *TOP* síkot vagy a csavarfej alsó oldallapját, majd vegye észre, hogy a szalagsor megváltozott és a *Sketch* parancs az aktív.
- Az eszköztár *Sketcher* csoportján belül válassza a *Center and Point* rajzelemet, majd a koordináta rendszer középpontjába kattintva helyezze el a kör középpontját. Ezt követően az egeret elmozgatva *BEG* a kör sugarának meghatározásához. A *KEG* lenyomásával befejezheti a kör rajzolása parancsot és egyúttal visszatérhet kiválasztás módba. Módosítsa a méretet a képen látható értékre.



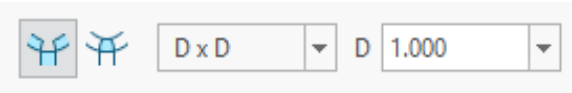
- A vázlat készítés befejezéséhez kattintson az OK gombra.
- A szoftver visszatér a kihúzás parancsba és a szalagsor az ehhez tartozó opciókat tartalmazza. Állítsa be a kiterjedés mértékét a képnek megfelelően. Ezt követően fejezze be a parancsot a *KEG* lenyomásával.

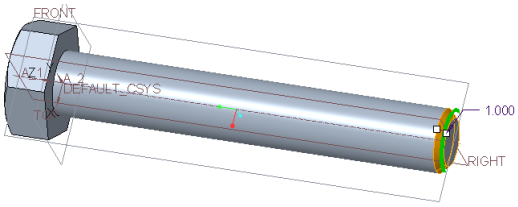


- Vizsgálja meg a képernyő bal oldalán található modelltörténet fát (*Model Tree)*, mely jelenleg már három építőelemet is tartalmaz.
- Következő lépésként a csavar szárán lévő letörés kerül kialakításra. A szalagsoron válassza a *Model* fület, majd az *Engineering* csoporton belül klikkeljen a *Chamfer* alakelemre.
- Vegye észre, hogy a szalagsoron található *Sets* fülön további adatok megadása szükséges.

Megjegyzés: Itt lehetőség van több szettet, azaz olyan csoportot létrehozni mely azon éleket tartalmazza, melyek azonos mértékben kerülnek letörésre, valamint egy csoportban kívánt kezelni. Egy csoporthoz több élet a *Ctrl* gomb lenyomása melletti kijelöléssel lehet hozzáadni, új csoportot a *New Set*-el lehetséges létrehozni.

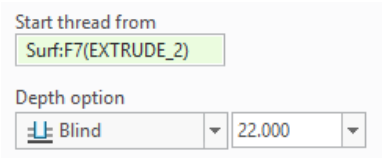
- Jelölje ki a csavar szárának végén lévő élt majd a szalagsoron adja meg a letörés értékét. Ezt követően fejezze be a parancsot a *KEG* lenyomásával.

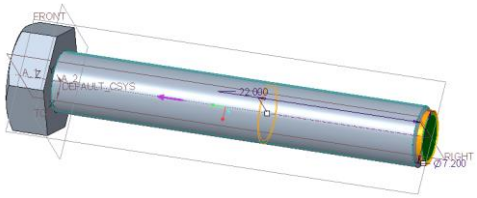




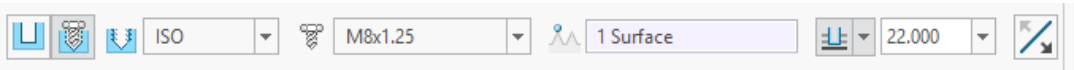
Megjegyzés: Utolsó lépésként a menet kerül kialakításra, mely egy meglehetősen komplex alakzat, ha a valóságos testmodelljének létrehozása a kívánalom. Erre megoldást a *Helical Sweep*, azaz csavarvonal menti söprés jelent, mely eredménye a testmodellen számos új él és felület keletkezése, melyeknek gépészeti modellalkotás szempontjából nincs jelentősége. Kellő információt jelent, ha ismert melyik hengeres felület menetes, milyen hosszan és milyen menetjellemzőkkel bír. Erre való a *Cosmetic Thread* parancs, amely egy felületet hoz létre a magátmérő mentén, szemben az előző opcióval. Ennek eredménye egy jóval egyszerűbb modell, amit ezáltal sokkal hamarabb lehetséges betölteni és gyorsabb kezelni is, így jelentős időt megspórolva, főleg egy több ezer alkatrészt tartalmazó összeállítás esetében.

- A szalagsoron válassza a *Model* fület majd az *Engineering* csoporton belül nyissa le a menüt és válassza ki *Cosmetic Thread* parancsot.
- Vegye észre, hogy a szalagsoron számos fül piros, azaz további adatok megadása szükséges.
- Válassza a *Placement* fület ahol látható, hogy a menetes felület kijelölése szükséges, jelölje ki hozzá a csavar szárának hengeres felületét.
- Válasza a *Depth* fület ahol két dolog is megadható. Elsőként jelölje ki a csavar szárának a végét, hogy definiálja a menet kezdetét. Ezt követően a kiterjedés hosszát állítsa *22 mm*-re.

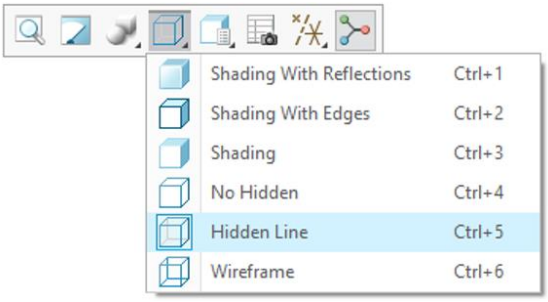




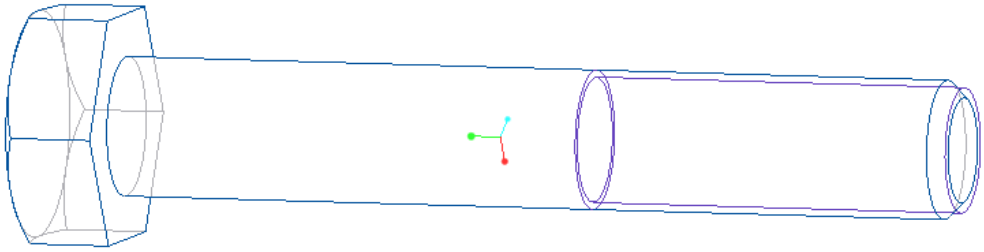
- Figyelje meg, hogy a szalagsoron is megjelent az alább kiválasztott felület és a megadott érték. Aktiválja a szabványos menet megadása gombot , majd a legördülő menüből válassza ki az *ISO* szerinti *M8x1,25*-ös metrikus menetet. Ezt követően fejezze be a parancsot a *KEG* lenyomásával.



- Ezzel el is készült a hatlapfejű csavar testmodellje, az viszont megjegyzendő, hogy a menetes rész nem látható vizuálisan, azonban a modellfában megjelenik mint alaksajátosság, kijelölve a modelltérben is kijelöltté válik a menetes felület.
- További lehetőség a menetes részek vizualizálására, ha az eszköztáron módosítja a modell megjelenítését *No Hidden, Hidden Line* vagy a *Wireframe* opcióra.



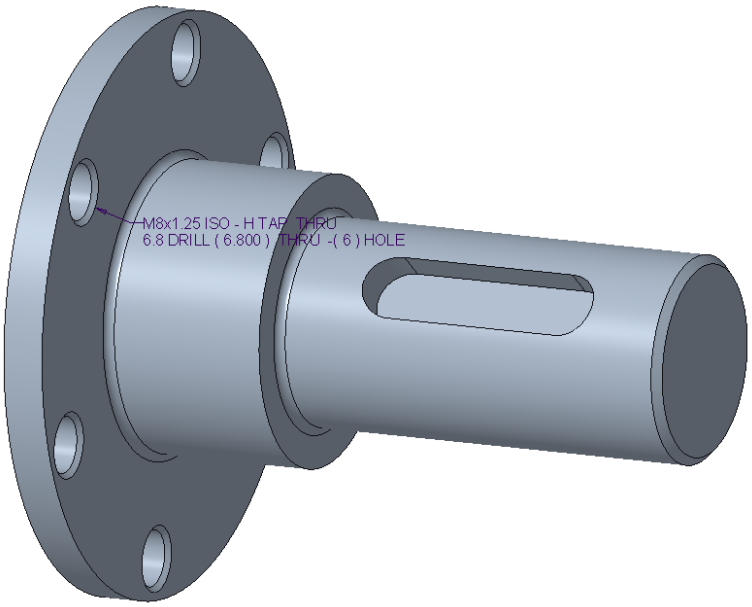
- Figyelje meg az alábbi képet és vegye észre, hogy a menetes felület körvonalai láthatóvá vállnak és az élek színe eltérő a test éleinek színétől.



- A térfogat ellenőrzését az *Analysis* fül *Measure* csoport legördülő menüjében található *Volume* paranccsal érheti el ($V = 3275{,}09\ mm^3$).

2.4 Gépészeti alaksajátosságok egy tengely rajzolásakor

Az előző példák során ismertetésre került a vázlatkészítésen túl a kihúzás és forgatás alaksajátosság, majd bemutatásra került a letörés és a menetes felület létrehozásának parancsai is. Ebben a leckében a célkitűzés az, hogy a már ismert parancsok mellett bemutatásra kerüljön a segédsík alkalmazása, a lekerekítés és a furat parancs. A lecke végén a *2.4. ábrának* megfelelő tengelyt kapja, az elvégzett szerkesztés helyességét a test térfogatának vizsgálatával egyszerűen ellenőrizheti ($V = 60807{,}6\ mm^3$).



2.4. ábra A tervező rendszerben elkészült tengely testmodellje

Új alkatrész fájl létrehozása:

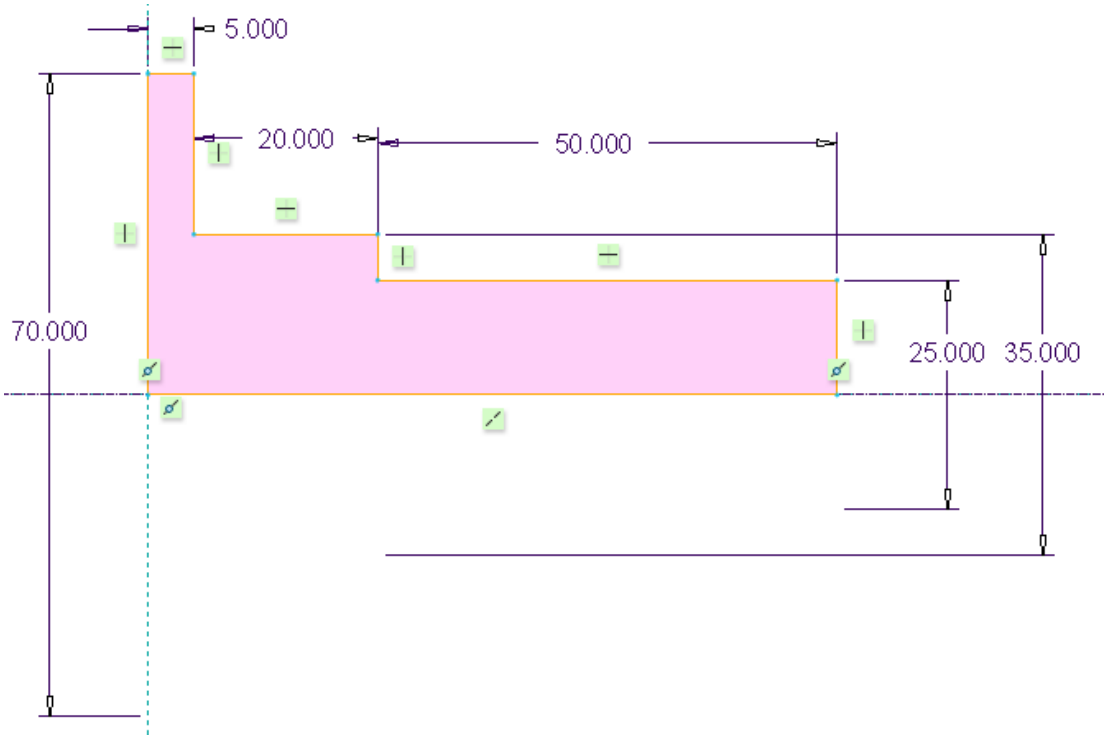
- *File, New*
- Válassza ki az új fájl létrehozása ablakban a *Type:Part, Sub-type: Solid, Name: tengely,* deaktiválja a *Use default template* opciót, majd *Ok*.
- Válassza ki az új fájl opciói ablakban a *solid_start_part_mmks* templatetet és deaktiválja a *Copy associated drawings* opciót, majd *Ok*.

A tengely előgyártmányának modellezése:

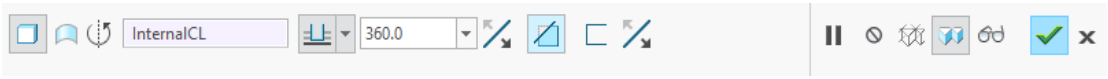
- A szalagsoron válassza a *Model* fület, majd a *Shapes* csoporton belül klikkeljen a *Revolve* , azaz forgatás alakelemre.
- Válassza a *FRONT* síkot, majd vegye észre, hogy a szalagsor megváltozott és a *Sketch* parancs az aktív.
- A megjelenítés eszköztáron deaktiváljon minden segédelem megjelenítést

Megjegyzés: Mivel a tengely forgásszimmetrikus, így a forgatás alakelemhez elég annak meridián metszetét vázolni.

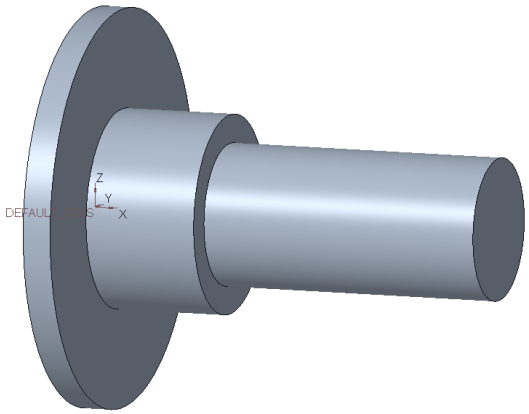
- Az eszköztár *Sketcher* csoportján belül válassza a *Line Chain* rajzelemet, majd vázolja fel az ábrán látható zárt vonalláncot. Átmérő méret definiálásához első lépésként definiálni kell a forgástengelyt, ehhez a *Sketcher* csoport *Centerline* rajzelemét választva a horizontális síkon helyezze el a tengely két végpontját. Ez a tengely egyben a forgatás alakelem forgástengelyeként is fog szolgálni.
- Kattintson a *Sketcher* csoport *Dimension* elemére, hogy elhelyezzen egy új méretet. Szimmetrikus méret megadásához válassza ki a vonal méretezendő végpontját, majd a szimmetria tengelyt és újra az elsőnek kiválasztott végpontot, majd helyezze el az új méretet a *KEG*-al.
- A *Sketcher*, *Line Chain* és *Dimension* elemekkel készítse el az alábbi ábrán látható vázlatot.



- Ellenőrizzük le, hogy a fentebb látható ábrával egyező vázlatot kapott-e, ha igen befejezheti a vázlat készítését, ehhez kattintson az OK gombra.
- Vegye észre, hogy a szoftver visszatért a forgatás parancsba és a szalagsor az ehhez tartozó opciókat tartalmazza. Állítsa be a kiterjedés mértékét a képnek megfelelően, ezt követően fejezze be a parancsot a *KEG* lenyomásával.



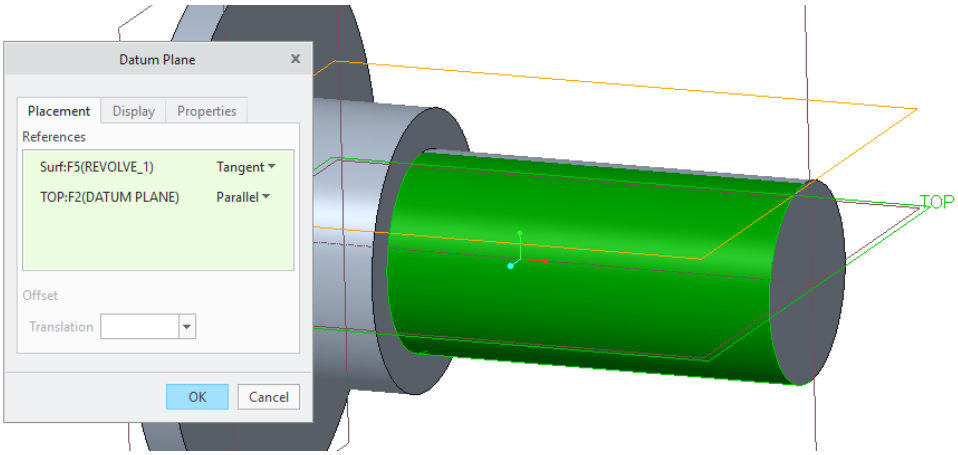
- Ezzel az alábbi ábrán is láthatóan elkészült a tengely előgyártmányának testmodellje.



A reteszhorony modellezése:

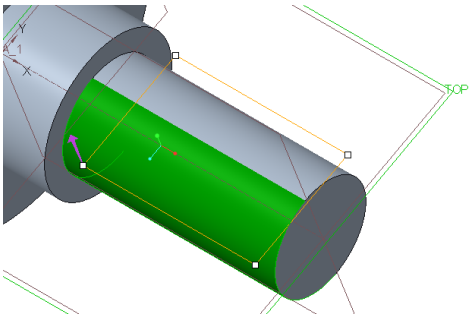
Megjegyzés: A reteszhorony anyageltávolítással hozható létre a szoftverben, mint ahogy a valós életben is. Ehhez a kihúzás alaksajátosság használatos, azonban a kihúzandó vázlat síkja nem áll rendelkezésre ezért segédsík alkalmazására van szükség. A létrehozandó segédsíknak érintőlegesnek kell lennie a tengely hengeres felületével, továbbá a tengely körüli orientációja a *TOP* síkkal párhuzamos kényszerrel köthető le. Az alaksajátosságok egymásra épülése biztosítja, hogy a tervező szándéka, azaz, hogy a reteszhorony a hengeres felülettől mérve adott mélységben készüljön el a tengely átmérőjének változtatása ellenére is meg fog valósulni.

- A szalagsoron válassza a *Model* fület, majd a *Datum* csoporton belül klikkeljen a *Plane* , azaz segédsík elemére.
- A felugró *Datum Plane* ablakban adja meg a segédsík referenciáit, ehhez a *Ctrl* gomb nyomva tartása mellett jelölje ki a tengely hengeres felületét és tegye a viszonyt érintőlegessé a legördülő menüből, valamint válassza ki a *TOP* síkot, amelyhez képest a viszony pedig legyen párhuzamos.

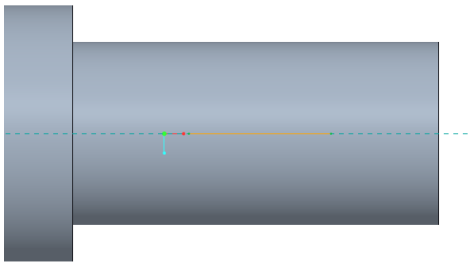


- A *Datum Plane* ablakon belül a *Display* fülön lehetőség van a sík méretének megváltoztatására. Ehhez aktiválja az *Adjust outline* opciót majd a grafikus ablakban a

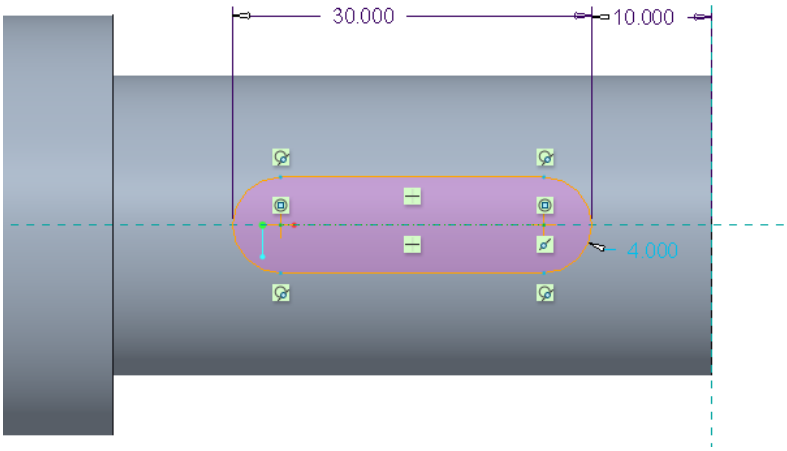
síkon lévő fogópontok segítségével változtassa meg a sík méretét az alábbi képnek megfelelően. Végezetül kattintson az *OK* gombra.



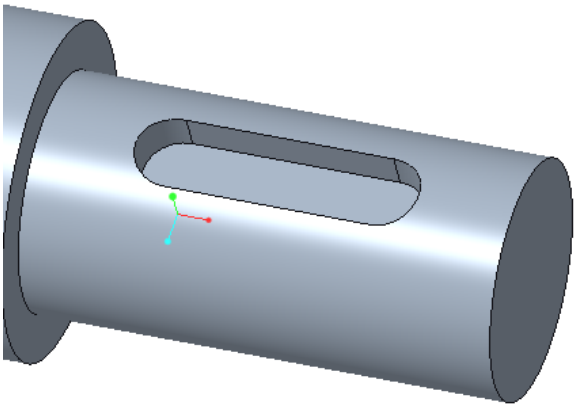
- Vegye észre, hogy a *DTM1* sík ki van jelölve, ha az *Extrude* parancsra kattint azonnal a vázlatkészítés környezetbe kerül, ha nem, jelölje ki a *DTM1* síkot.
- Az eszköztár *Sketcher* csoportján belül válassza a *Line Chain* rajzelemet, majd vázolja fel az ábrán látható vonalat a test forgástengelyére.



- Szüntesse meg az elem kijelölését, majd kattintson a *More, Thicken* eszközre. A felugró ablakban állítsa be *Select Thicken Edge: Single, End caps: Circular*, majd jelölje ki a létrehozott vonalat. A felugró ablakban a vastagság értékének adjon meg 8 mm-t, majd *Enter* és a következő ablakba pedig írjon be 4mm-t és fogadja el *Enterrel*. Végezetül zárja be az ablakot.
- Kattintson a *Sketcher* csoport *Dimension* elemére, majd méretezze be az alábbi ábrának megfelelően a vázlatot. A vonal nem része a vázlatnak csak segíti annak kialakítását, ezért tegye azt konstrukcióssá. Ehhez jelölje ki az elemet majd a felugró menüből válassza a kijelölt elem átalakítását konstrukcióssá opciót.



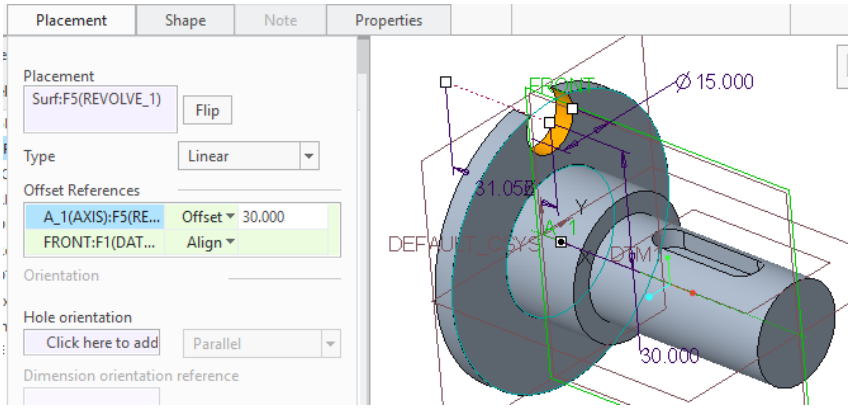
- Ellenőrizzük le, hogy a fentebb látható ábrával egyező vázlatot kapott-e, ha igen befejezheti a vázlat készítését, ehhez kattintson az OK gombra.
- Vegye észre, hogy a szoftver visszatért a kihúzás parancsba és a szalagsor az ehhez tartozó opciókat tartalmazza. Állítsa be a kiterjedés mértékét a képnek megfelelően, aktiválja, hogy anyag elvételt végezzen az alaksajátosság, továbbá ha szükséges változtassa meg a kivágás irányát a szalagsoron található ikonnal , vagy a grafikus ablakon található nyíl segítségével. Végezetül fejezze be a parancsot a *KEG* lenyomásával.



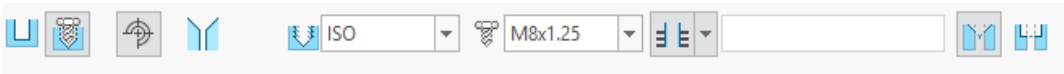
A menetes furatok modellezése:

Megjegyzés: Ha a testmodellen egyszerű vagy menetes furatot kíván elhelyezni, minden esetben a Hole furat alaksajátosságot kell alkalmazni. Ez azért fontos, mert ez az alakelem magában hordozza a megmunkáláshoz szükséges információkat. Például CAM megmunkálás tervezésekor ezen alakelemet a szoftver automatikusan felismeri és hozzárendeli menetkészítés esetén a magmérethez és menetfúráshoz szükséges szerszámokat és műveleteket. Mindemellett a modelltörténet fában csoportosítva jelennek meg a furatok, ezáltal egyben kezelhetők vagy vonhatók vissza, ha például egy későbbi végeselemes vizsgálat miatt ez célszerűvé válna.

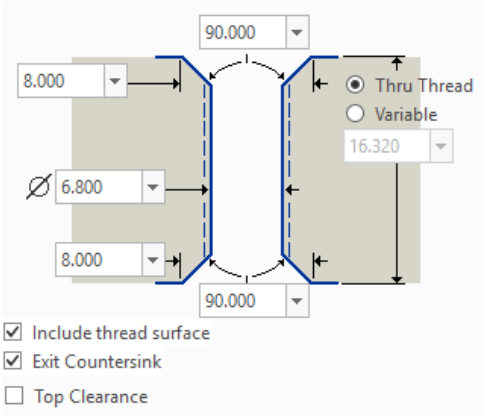
- A szalagsoron válassza a *Model* fület, majd az *Engineering* csoporton belül klikkeljen a *Hole* , azaz furat elemére.
- Kattintson a *Placement* fülre mely pirosan jelzi, hogy meg kell adni azt a felületet, ahonnan a furatot kívánja készíteni. Jelölje ki az alábbi ábrán láthatóan a tárcsa felületét.
- Jelenítse meg a segédelemeket, amennyiben azok nem láthatók. Ezt követően szükséges a sík mentén pozícionálni a furatot, amit a zöld fogópontok referencia elemre mozgatásával lehet megtenni. Az alábbi ábrának megfelelően mozgassa a fogópontot a tengelyre, amelytől a távolság legyen $30mm$, majd a másik fogópontot a *FRONT* síkra, amellyel legyen egybeeső a furat.

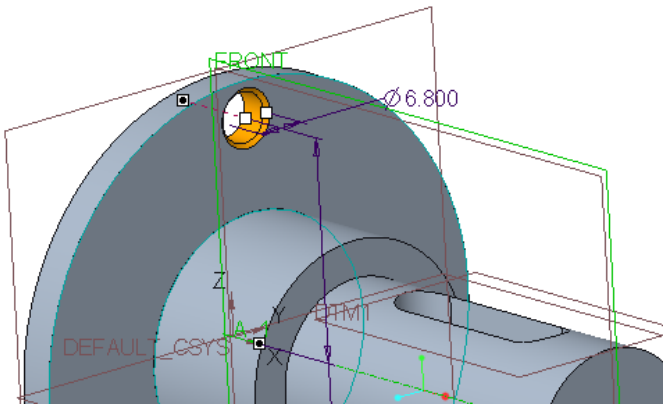


- A következő lépésekben a furat alakjának definiálása lesz bemutatva. Első lépésként válassza ki a szalagsoron, hogy szabványos furatot szeretne készíteni és ellenőrizze, hogy a menet hozzáadása opció aktív , majd a legördülő menüből válassza ki az *ISO* szerinti *M8x1,25*-ös metrikus menetet. Állítsa be, hogy a furat kiterjedése menjen keresztül minden felületen és rendelkezzen a bemenő felületen süllyesztéssel . Ellenőrizze le a szalagsort, hogy a hasonlót látja.

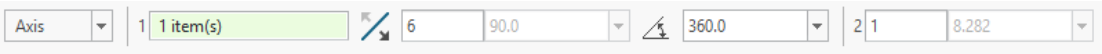


- Jelölje ki a *Shape* fület, majd az alábbi ábrának megfelelő értékeket és opciókat válassza ki.





- Ellenőrizze le, hogy a fentebbi ábrának megfelelő furatot kapta, majd a furat parancs befejezéséhez *KEG*.
- A tárcsán hat darab furat található, elkészítésük a kiosztás, vagy úgynevezett minta készítése paranccsal célszerű. A szalagsoron válassza az *Editing* csoporton belül a *Pattern* , azaz minta készítése elemet. Az elem mindaddig nem aktív, amíg ki nem választotta a modelltörténet fában azt az elemet amit ki szeretne osztani, jelen esetben a furatot.
- A minta készítése szalagsoron a legördülő menüből válassza ki az *Axis* opciót azaz, hogy egy tengely körül szeretne kiosztást készíteni. Ezt követően jelölje ki a grafikus ablakban az alkatrész forgástengelyét. A minta számának adjon meg hatot, majd válassza ki, hogy 360° tartományban 360.0 történjen meg a kiosztás. Ellenőrizze le, hogy az alábbi ábrával azonos beállításokat tartalmaz-e a szalagsor, majd *KEG* a parancs befejezéséhez.



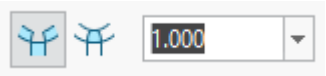
A lekerekítések és letörések modellezése:

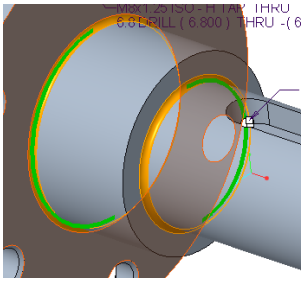
Megjegyzés: Utolsó lépésként a tengelyen lévő lekerekítések és letörések kerülnek kialakításra.

- A szalagsoron válassza a *Model* fület, majd az *Engineering* csoporton belül klikkeljen a *Round* , azaz lekerekítés alakelemre.
- Vegye észre, hogy a szalagsoron található *Sets* fülön további adatok megadása szükséges.

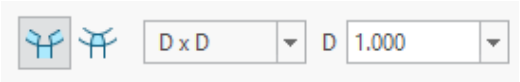
Megjegyzés: Itt lehetőség van több szettet, azaz olyan csoportokat létrehozni, melyek azon éleket tartalmazzák, amelyek azonos mértékben kerülnek lekerekítésre, valamint egy csoportban kívánatos a kezelésük. Egy csoportba több élt a *Ctrl* gomb lenyomása melletti kijelöléssel lehetséges hozzáadni, új csoport a *New Set*-el hozható létre.

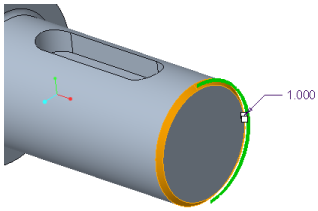
- Jelölje ki a *Ctrl* gomb nyomva tartása mellett az ábrán látható lekerekítendő éleket, majd a szalagsoron adja meg a lekerekítés értékét. Ezt követően *KEG* a parancs befejezéséhez.





- A szalagsoron válassza a *Model* fület, majd az *Engineering* csoporton belül klikkeljen a *Chamfer* alakelemre.
- Vegye észre, hogy a szalagsoron található *Sets* fülön további adatok megadása szükséges.
- Jelölje ki a tengely végén lévő élet, majd a szalagsoron adja meg a letörés értékét. Ezt követően fejezzük be a parancsot a *KEG* lenyomásával.





- Ezzel elkészült a tengely testmodellje, a térfogat ellenőrzését az *Analysis* fül *Measure* csoport legördülő menüjében található *Volume* paranccsal érheti el ($V = 60807{,}6\ mm^3$).

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1.1. ábra Példák vázolt építőelemekre a) Kihúzás, b) Forgatás, c) Söprés, d) Átmenet 5

1.2. ábra Példák az elhelyezett építőelemekre a) Furat, b) Oldalferdeség, c) Lekerekítés, d) Letörés, e) Vékonyfal, f) Bordázat, g) Menet 5

1.3. ábra Különböző rácsalaksajátosságok és egy alkalmazási példa (sajátot készíteni) [2] 6

2.1. ábra A tervező rendszerben elkészült reteszes állítótárcsa testmodellje 9

2.2. ábra A tervező rendszerben elkészült gömbfogantyú testmodellje 17

2.3. ábra A tervező rendszerben elkészült hatlapfejű csavar testmodellje 21

2.4. ábra A tervező rendszerben elkészült tengely testmodellje 28

FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM

[1] HERVAY Péter, HORVÁTH Richárd, KÁTAI László, MADARÁSZ István, MIKÓ Balázs, MOLNÁR László, NAGY István, OLDAL István, PAPP Olivér, PIROS Attila, RABB László, SZABÓ István, TÓTH G. Nóra, VÁRADI Károly: *CAD Tankönyv*, Typotex Kiadó, ISBN 978-963-279-534-8, 2012. (elektronikus jegyzet)

[2] https://www.ptc.com

[3] Adolf FRISCHHERZ, Wilhelm DAX, Klaus GUNDELFINGER, Werner HäFFNER, Helmut ITSCHNER, Günter KOTSCH, Martin STANICZEK: *Fémtechnológiai táblázatok,* B+V Lap- és Könyvkiadó Kft., 1997

[4] OCSKÓ Gyula, SERES Ferenc: *Gépipari Szakrajz,* 12. kiadás SKANDI-WALD Könyvkiadó, Budapest, 2010

[5] CZÉGÉ Levente, HURI Dávid, HAJDU Sándor: *Géptervezési Ismeretek*, Debreceni Egyetem, 2018