

8. Konstrukciók, összeállítások modellezése

A gépészeti gyakorlatban a konstrukciók, összeállítások egy tervezett készülék vagy gyártmány egy részegységének vagy egészének összeszerelését jelenti az őt alkotó alkatrészekből. Mivel a konstrukció kifejezés tágabb értelmű, jelen esetben szabatosabb kifejezés az összeállítás vagy **szerelés**, ez utóbbi utal a kivitelezés technológiájára mint átfogó műveletre emiatt a továbbiakban ezt használjuk. (Szerelési technológia alatt értjük az összes oldható, oldhatatlan mechanikai kapcsolatot létesítő eljárást; pl csavar, szegecs kötés, csapágyazás, kényszerpálya, ragasztás, hegesztés stb.)

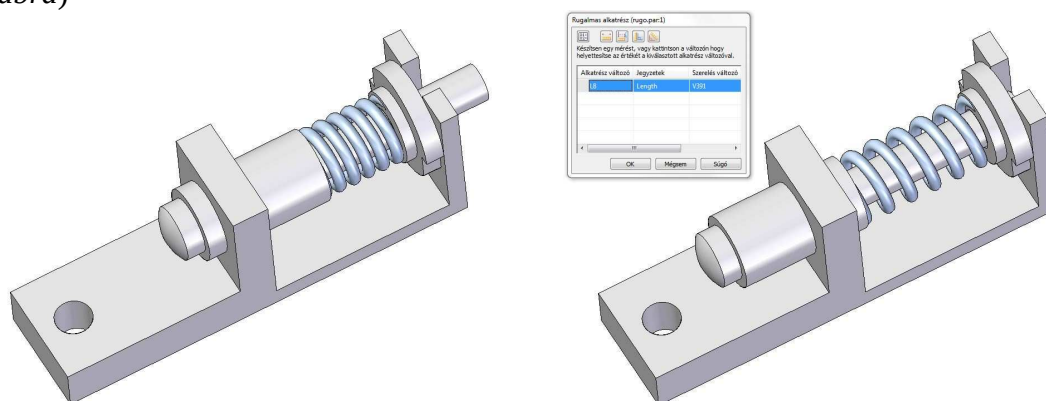
8.1. A szerelés definíciója, fajtái

A szerelés a szerelésben résztvevő alkatrészeket geometriailag egymáshoz rendeli, a térbeli szabad elmozdulásukat, a szabadságfokukat korlátozza, vagy elveszi kényszerek alkalmazásával. Jelen leírás tárgya a szilárdtest modellezést, emiatt érvényes az axióma, hogy egy adott alkatrész térbeli helyzetét 3 egymástól független pontja definiálja, 3 pont helyzete pedig 6 egymástól független mozgást tesz lehetővé. Ez azt jelenti, hogy kinematikai szempontból 6-os szabadságfoka van az alkatrésznek, a helyzete 6-os rendszámúan határozatlan, sőt ha az időben is vizsgálat tárgya az alkatrész pozíciója, akkor ez 7. (Az idő önmagában skálár, tehát nincs önálló iránya vagy perdülete.) A szerelés a kényszerek egymás utáni alkalmazásával a szabadságfokok elvétele, ezzel a határozatlanság megszüntetése. Egy-egy kényszer nem feltétlenül csak egy –egy szabadságfokot szüntet meg, az egy kényszer által határozottá tett szabadságfokok száma a kényszer rendszáma. (Egy adott kényszer matematikailag egy egyenlet, a kényszeregyenlet definiál és ebben több változó is szerepelhet.)

Ha csak geometriai pozíciókat vizsgálunk akkor reonom kényszerleírásról és passzív vagy geometriai kényszerekről, ha az időt is figyelembe kell venni, akkor szkleronom kényszerleírásokról és aktív vagy kinematikai kényszerekről beszélünk.

8.1.1. Topológiai és geometriai definíciók

A szerelés **manifold** (tehát sokoldalú de leképezhető) saját terére vonatkozólag, vagyis az alkatrészek elemei a szerelэшalmaznak. Ez a tény független attól, hogy egy-egy adott alkatrész manifold vagy non-manifold, ha a szerelésben résztvevő kényszerek olyan alkatelemekre vonatkoznak, amik teljesítik a szilárdtestmodell manifolditását. Emiatt bizonyos trükkökkel rugalmas, deformálható alkatrészek is lehetnek egy szerelésben, ilyenkor valójában ugyanazon alkatrész több szilárdtest reprezentációjáról van szó, ahol mindig csak az éppen aktuális látható és aktív. Ilyen például a sok tervezőrendszerben megjelenő rugómodellezés (8.1. ábra)

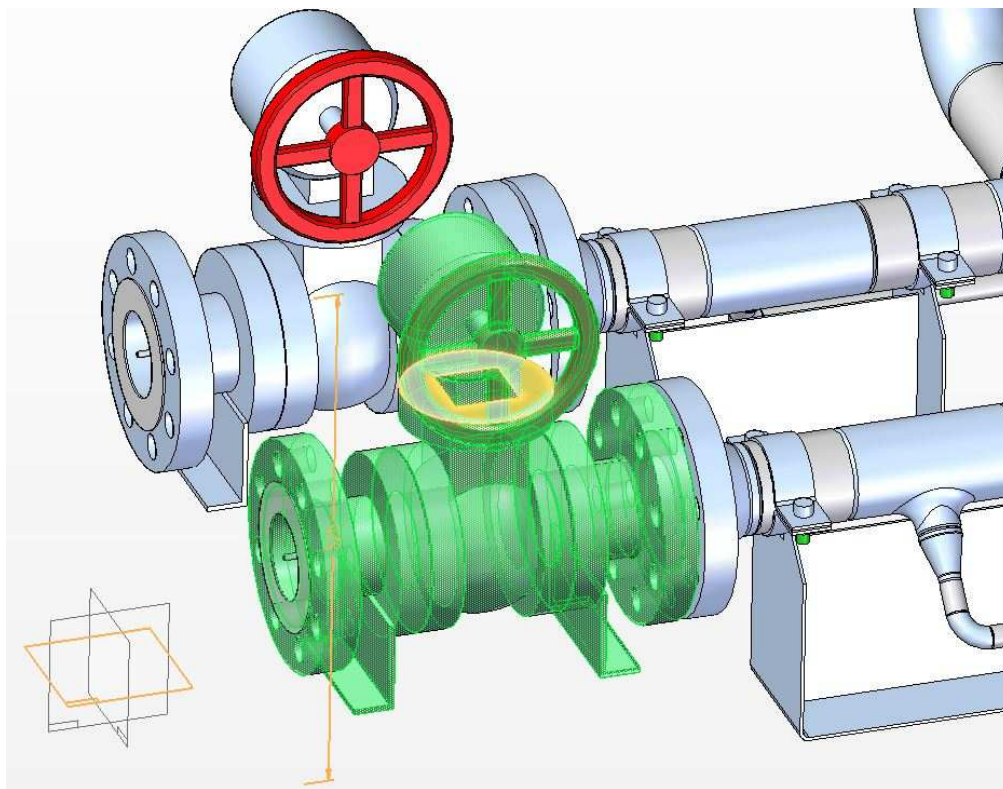


8.1. ábra. Egy rugó két működési helyzetében, szerelési változóval vezérelve.

A geometriai kényszerek esetében a kényszerkapcsolat háromféle lehet; pontszerű, vonal menti és felület menti. A felület menti kényszerkapcsolat olyan felület mentén képzelhető el, amelyik önmaga mentén elmozdítható, ilyenek a sík, gömb, henger, forgásfelület és csavarfelület (helicoid, catenoid) Ezek a kényszerek a bennük résztvevő alkatrészekre kommutatívak, vagyis indifferens, hogy milyen sorrendben választjuk ki az alkatrészeket. Ezeket a kényszereket alsórendű kényszereknek nevezzük.

A vonal menti és pontbeli kényszerkapcsolat esetében a kényszerben lévő alkatrészek kijelölése nem kommutatív, a kényszerkapcsolatot felsőrendűnek hívjuk. (Ez a tény egyben azt jelenti, hogy a szerelésben az ilyen kényszerek valószínűleg nem teljesítik az asszociativitást sem, tehát a kényszerek nem hozhatók létre tetszőleges sorrendben.)

Általánosságban az az ajánlott, hogy először a felsőrendű, majd az alsórendű kényszereket hozzuk létre. Ha a kényszerezés során előfordul az az eset, hogy az utolsónak alkalmazott kényszer túlhatározottá tenné a kényszeret – vagyis a kapcsolat szabadságfoka 0-nál kisebb lenne elméletileg – létrejöhet a **lebegő** határozottság. Ebben az esetben az alkalmazott kényszer több szabadságfokot tenne határozottá, de csak a felsőbbrendűt (-eket) definiálja, az alsóbbrendűt (-eket) pedig nem teljesíti. Ilyen például az alábbi alkatrész beszerelésben az utolsó síkra fektetési kényszer (8.2. ábra). Ebben az esetben az alsórendű kényszernek is megszűnik a kommutativitása, de asszociatív marad.



8.2. ábra. A kiválasztással zöldre színezett elzáró szerelvény először hengeres kényszerrel a cső nyomvonalához lett kötve, majd a kezelőszervi karima sík síkillesztési kényszerrel a a bal-alsó sarokban látható referenciasíkhhoz. A sík normálisát felvette a karimasík, de tőle egy „lebegő”, normálirányú távolságot kellett felvennie.

Általában a „lebegő” kényszer egyenes mentén (transzláció) elmozdulással létrejövő távolságméretet jelent, ugyanis a lekötendő szabadságfokokon belül is érvényesül a felsőbb-alsóbb rendűség, a rotáció pedig felsőbbrendű mint a transzláció. (A normálvektor rögzítése a hozzá tartozó felület másik két tengely körüli forgatását zárja ki.) Elvileg elképzelhető „lebegő” szögméret is, de a fenti okok miatt ezt nem szokás alkalmazni a modellező rendszerekben.

8.1.2. A szerelési módszerek történeti fejlődése

A szerelések összeállítási módszerei egyrészt a modellező mód által meghatározott lehetőségek szerint alakultak, másrészt a modell által tartalmazott adatok féleségének és kezelési módjának megfelelő adatbázis kezelési lehetőségek függvényei.

Történeti sorrendben a szerelések összeállítási technikája a következő lépésekben fejlődött:

- A szilárdtest modellező rendszerek eleinte többnyire a CSG reprezentációt használták, az alkatrészek pozícionálására az alsórendű kényszerek alkalmazása a jellemző. A kényszerek alkotta szerelési struktúra kezelése az esetek többségében halmazműveletekkel történik az alkatrész építés analógiájának megfelelően.
- A CSG reprezentációk mellett főleg a forgácsoló megmunkálások technológiai követelményei által ösztönözve megjelenik a BR, eleinte itt is az alsórendű kényszerek alkalmazásával, a szerelési struktúra pedig faszerkezetű a technológiai hierarchiának megfelelően.
- A BR módszer lehetővé teszi a parametrikus modellezést, ez a paraméterezhetőség megjelenik a szerelési kényszerek adatainak paraméterezhetőségében is. Az alkatrészek építési történetének analógiájára a szereléstörténet alkalmazása terjed.
- A szereléstörténet lehetővé teszi a nem kommutatív és nem asszociatív kényszerek alkalmazását is, egyre inkább megszokottá válik a különféle felsőrendű kényszerek használata.
- Időközben kialakul a modelltörténet független direkt modellezés (vagy explicit) eleinte ezen rendszerek szerelési funkcióiban jelentkezik az igény az idő mint változó önálló kezelésére. Ez a folyamat indukálja a passzív kényszerek mellett az aktív kényszerek megjelenését.
- Megjelennek a parametrikus rendszerekben is az aktív kényszerek, ezzel párhuzamosan elindul a deformálható alkatrészek valamilyen szintű kezelhetőségének igénye.
- Mind a parametrikus, mind a direkt rendszerekben megjelennek a deformálható alkatrészek egy-egy speciális csoportjának kezelhetősége, ezek a megoldások valójában a szilárdtest alkatrészmodell multiplikációi.
- A direkt és parametrikus modellezés integrációjával kialakul a szinkron technológia ez lehetővé teszi hogy a szerelésekben szereléstörténet nélkül is felsőrendű kényszerek legyenek alkalmazhatóak. (A direkt modellezési, szerelési módszerek a rendelkezésre álló aktuális geometria vizsgálatát is elvégzik, ezáltal a kényszerek geometriai peremfeltételei definiálják a lehetséges kényszer sorrendiséget a felsőrendű esetekben.)
- Jelenleg a deformálható szerelésekben történő alkatrészek korrekt kezelése (változó sűrűség), az aktív kényszerek folyamatos dinamikai elemzése és a kényszerek elhelyezésének minél teljesebb automatizálása a geometriai alakfelismerések alapján a cél.
- A jövő tervezőrendszereiben a szerelésekben várhatóan komplett mechanizmusok teljeskörű kinematikai elemzése is lehetséges lesz.

8.1.3. Szerelések nem geometria tulajdonságai

A szerelésekre ugyanaz az alapaxióma igaz mint az alkatrészmodellre; a 3D-s modell tartalmazza lehetőleg az összes alkatrésze vonatkozó információt valamilyen módon, ezáltal biztosítsa az összes e modellt használó tervezőfunkció egységes és konzisztens adatforrását.

Itt általában szervezési és gyártási, nem geometriai adatokról van szó. Az előbbi körbe tartozik pl. az azonosító, rajkszám, projektazonosító stb. az utóbbi csoportba a műszaki és technológiai paraméterek, gyártásvezérlési és műveletvégzési, mérési adatok. Egy egyszerű gyakorlati példa látható alább (8.3. ábra)

Megnevezés	mkg	DN	ISO...	ISO_Boltt...	ISO_BO...	ISO_CLASS	ISO_BOL...	ISO_C...	ISO_CATEGORY
Tompahegesztendő acél könyök, 90o-os / butt welding steel...	0,000 kg					5		18	FABRICATION
Tompahegesztendő acél könyök, 90o-os / butt welding steel...	0,000 kg					5		18	FABRICATION
Hegtdatos acél karima, szádos / Welding neck, tongue Fa...	1,200 kg		4,000		70,00 mm	7	12,000	35	FABRICATION
Hegtdatos acél karima, hornyos / Welding neck, groove F...	1,200 kg		4,000		70,00 mm	7	12,000	35	FABRICATION
Hegtdatos acél karima, szádos / Welding neck, tongue Fa...	2,640 kg		4,000		90,00 mm	7	16,000	35	FABRICATION
Hegtdatos acél karima, szádos / Welding neck, tongue Fa...	6,380 kg		4,000		110,00 mm	7	24,000	35	FABRICATION
Hegtdatos acél karima, hornyos / Welding neck, groove F...	6,380 kg		4,000		110,00 mm	7	24,000	35	FABRICATION
Hegtdatos acél karima, szádos / Welding neck, tongue Fa...	10,300 kg		8,000		120,00 mm	7	24,000	35	FABRICATION
IBC lapostömítés / Flat Gasket, IBC-type_EN 1514-1	0,000 kg				55,00 mm	2	12,000	21	ERECTION
IBC lapostömítés / Flat Gasket, IBC-type_EN 1514-1	0,000 kg				65,00 mm	2	16,000	21	ERECTION
IBC lapostömítés / Flat Gasket, IBC-type_EN 1514-1	0,000 kg				75,00 mm	2	20,000	21	ERECTION
IBC lapostömítés / Flat Gasket, IBC-type_EN 1514-1	0,000 kg				80,00 mm	2	20,000	21	ERECTION
Csőszakasz címke (LABEL)-pont / ISO Label Branch						19			
Izometria osztópont / ISO Split Point						18			

8.3. ábra. A csővezetési modellrészlet egyéni jellemzőinek egy táblázatrészlete, amit az egyébként általános célú, volumetrikus modellezőrendszer az alkatrészekhez társítva implicit kezel.

Jól látható, hogy sok csőtervezés technológiai –ISO- paraméter és adat szerepel, vagyis a rendszer egyúttal gyártástámogató (kivitelezői) funkciókat is biztosít.

8.2. Kényszerek

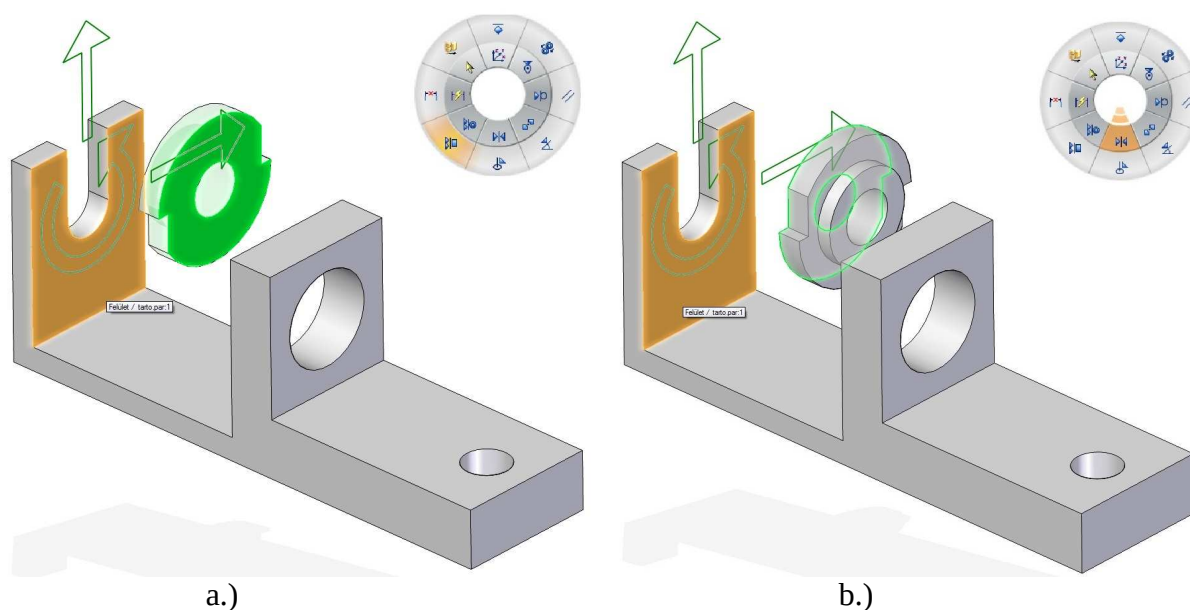
8.2.1. Geometriai, passzív kényszerek

A kényszerek a tervezőrendszerekben általában nem vegytiszta geometriai formula alakjában használhatóak, hanem a gyártás során is használható alkatrész szerelésbe pozicionálási analógiáknak megfelelőek. E szerint sokszor egy kényszer nem tisztán alsó vagy felsőrendű, homogén, hanem heterogén is lehet.

A pozicionálás az a folyamat, melynek során az adott alkatrészt alkalmazzuk a kényszereket, ezzel a határozatlansága (szabadságfoka) folyamatosan csökken, ha eléri a 0-át az alkatrész pozíciója (elhelyezkedése) teljesen határozott. Egy-egy kényszer egyszerre több szabadságfokot is megszüntet, ezáltal jöhet létre a túlhatározottság, melynek eredménye a már említett lebegő kényszer.

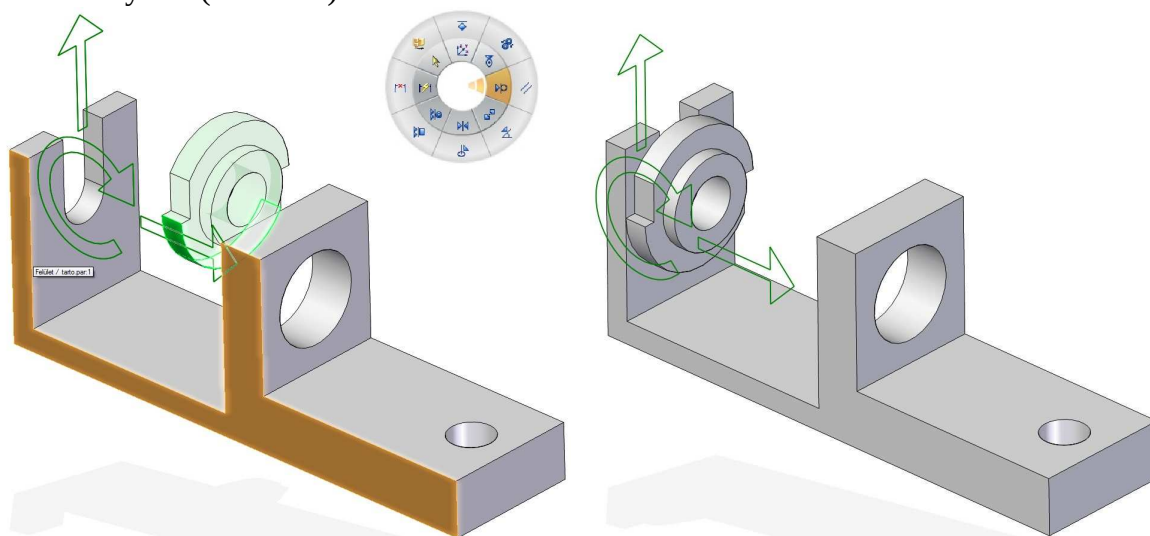
8.2.1. 1. Leggyakoribb homogén, passzív kényszerek

Alapvető alsórendű kényszer a síkra illesztés. Két variánsát szokás megkülönböztetni, az **illesztés** azonos irányú normálisok szerint pozicionál, a **fektetés** szembefordítja a normálisokat. (Az alkatrész határoló felületén a normális mindig az anyagból kifelé mutat.) A kényszer rendszáma 3 (8.4. ábra).



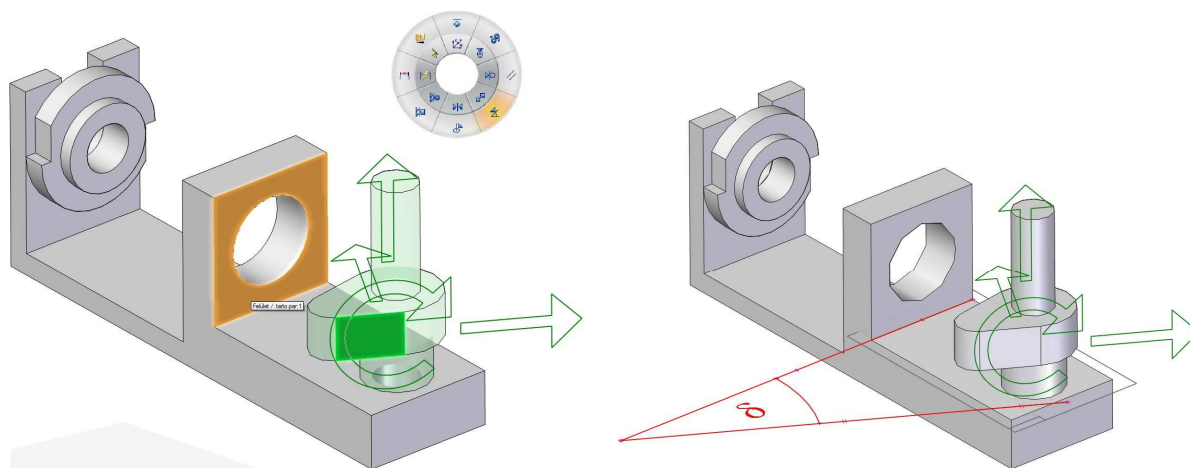
8.4. ábra. A nyilak a kényszer által szabadon hagyott mozgathatóságokat mutatják (szabadságfokok), a beszerelendő alkatrész kapcsolódó síkja zöld, a célalkatrészé narancs. Az a., eset a fektetés a b., eset a sík illesztés pozicionálását mutatja.

Az **érintő** (A felületek érintési pontjában a két alkatrész érintősíkjai vannak fektetve) kényszer matematikailag a sík fektetés kényszerre vezethető vissza, szintén 3 rendszámú alsórendű kényszer (8.5. ábra).



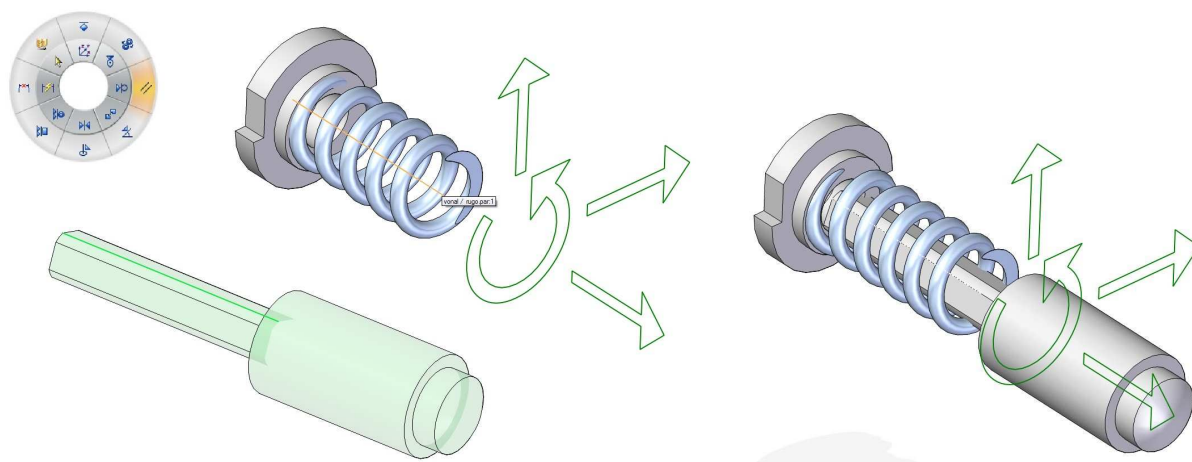
8.5. ábra. Baloldalt a pozicionálási fázis, jobboldalt az alkatrész behelyezett állapota látható. Itt hengerfelület érint síkfelületet.

A **szög** kényszer általában az alkatrészek sík felületei között értelmezhető, 2-es rendszámú, alsórendű kényszer (8.6. ábra).



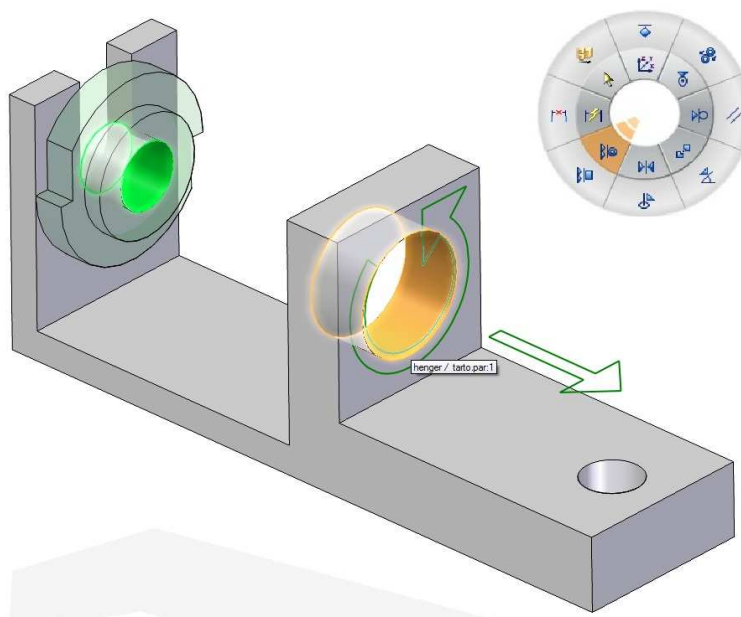
8.6. ábra. Baloldalt a pozicionálási fázis, jobboldalt az alkatrész behelyezett állapota látható. A pozicionáláskor kiválasztott, egymással szöget bezáró síkok a jobboldali ábrán látható- az előbbi két síkra merőleges- síkon méretezhetőek szögérték szerint.

A **párhuzamos** kényszer egyenes szakaszok vagy egyes szakasz és egyenes alkotójú felület között létesíthető, ahol az egyik egyenesre (tengely, alkatrész határoló éle) merőleges síkon bárhol lehet a másik egyenes döféspontja. Ennek megfelelően ez 2-es rendszámú, alsórendű kényszer (8.7. ábra). Egyes tervezőrendszerek esetében ez a kényszer a behelyezendő és a célalkatrész kiválasztott egyenseit egyúttal azonos egyenesbe kényszeríti, ekkor már felsőrendű, 4-es rendszámú kényszerként kell kezelni.



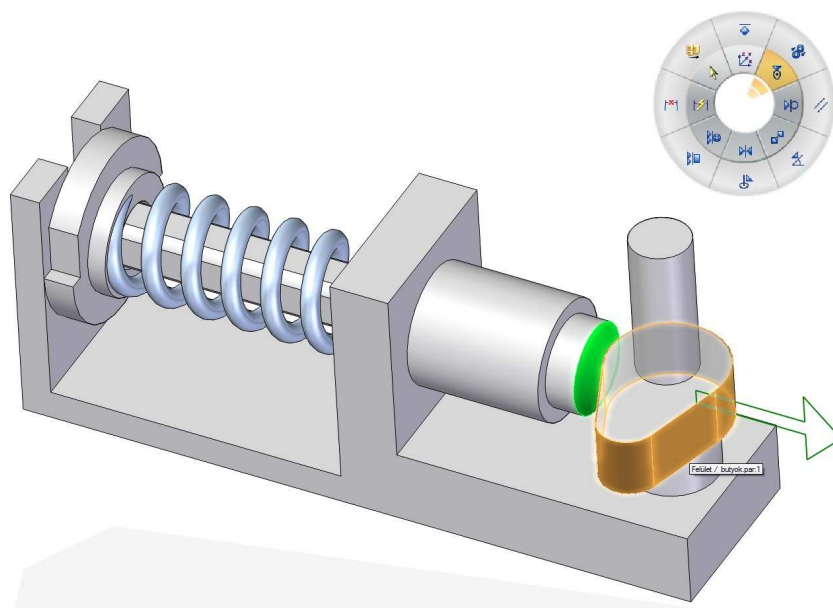
8.7. ábra. Baloldalt a pozicionálási fázis, mint látható a hengeres jellegű rugótengelyhez kell illeszteni a sokszögkeresztmetszetű hasábbal képviselt alkatrészt. Jobboldalt az alkatrész behelyezett állapota látható, nem centrikus, a hasáb alkotó éle párhuzamos a rugótengellyel, és az ezekre merőleges síkban az alkatrész még mozgatható.

A **hengeres illesztés**, bár nevében felületillesztés (koncentrikus hengerfelületek), valójában egy felsőrendű, a tengelyhez, mint vonalhoz való kényszerezést takar. A tengelyek itt a forgásfelületek tengelyvonalai. (Mivel forgásfelületről van szó, nem csupán henger, hanem kúpfelület esetében is működik.) A kényszer 4-es rendszámú (8.8. ábra).



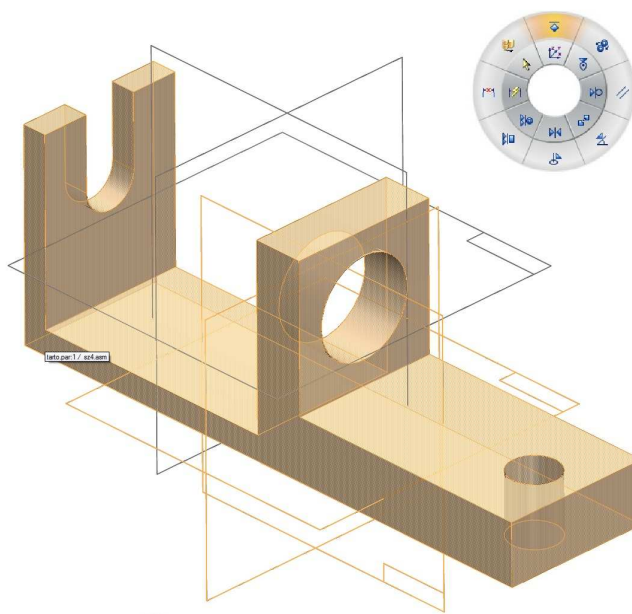
8.8. ábra. Hengeres kényszer, felfogható a párhuzamos kényszer egy olyan speciális esetének, ahol a kiválasztott tengelyek nem csupán párhuzamosak, hanem egybe is esnek.

Elterjedt még a **vezérpálya** kényszer, ez felsőrendű, 5-ös rendszámú (8.9. ábra). Ez a kinematikailag még szabadságfokot hagyó legmagasabb rendű, homogén kényszer, habár eredendő mozgások definiálása esetén használatos, esetenként statikusan is alkalmazható.



8.9. ábra. Klasszikus vezérpálya kényszer, a bűtykprofilos test palástfelülete vezérli a kényszerrel illesztett hengeres csap gömbfelületét. A felületek folyamatos érintőkényszerben vannak az idő változásával.

Totális, teljes határozottságot, adó kényszerek a **földhöz kötés** és a **koordinátarendszer illesztés**. Értelemszerűen mindkettő rendszáma 6, a koordinátarendszer illesztés egy megadott lokális koordinátarendszerhez kényszeríti az alkatrész, a földhöz kötés a globális koordinátarendszerhez kényszerít (8.10. ábra).

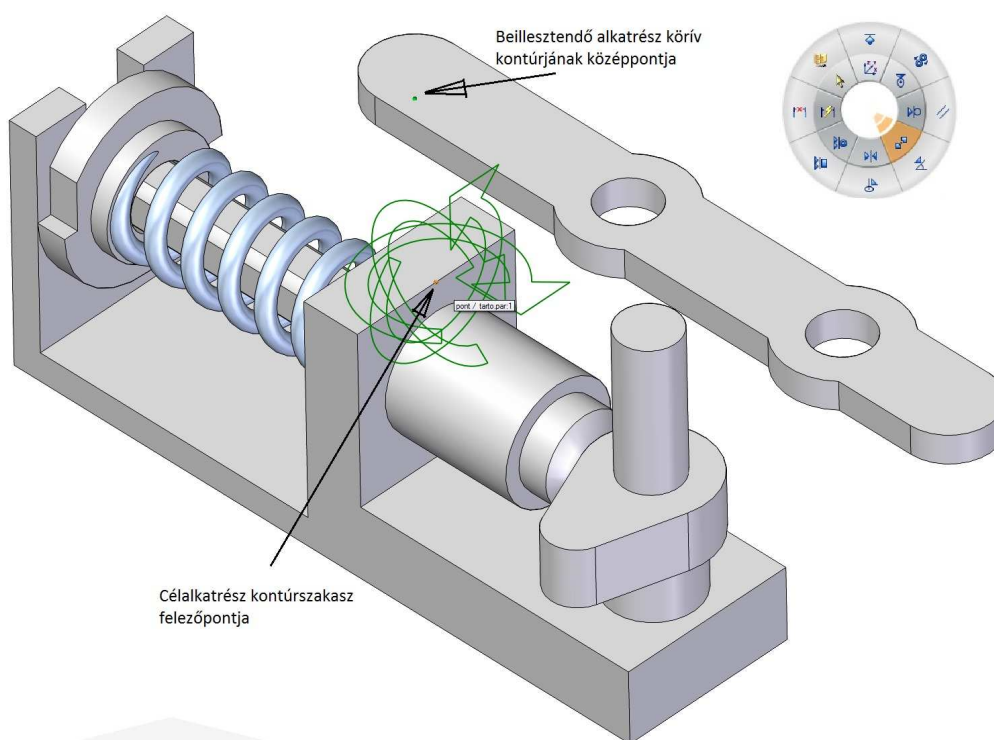


8.10. ábra. Fekete vonallal láthatóak a globális koordinátarendszer – föld – referenciasíkjai. A földhöz kötés az alkatrészt az aktuális állapotában rögzíti ebben a koordinátarendszerben.

8.2.1.2. Leggyakoribb heterogén, passzív kényszerek

Tipikus heterogén kényszer a **kapcsolódás**, a rendszáma is változó attól függően, hogy a kényszerben résztvevő alkatrészeknek milyen típusú sajátosságát szerepeltetjük (8.11. ábra). A lehetséges kapcsolatok;

Résztvevő sajátosságok (pl. megvalósítás)	Rendszám	Rendűség
pont-pont (gömbcsukló)	3	alsó
pont-vonal (gömbcsukló+csúszka)	2	alsó
pont-felület (gömbcsukló+csúszkapár)	1	alsó
vonala-vonal → párhuzamos (csukló+csúszka)	4	felső
vonala-felület → nem értelmezett		



8.11. ábra. Az ábrázolt eset egy pont-pont kapcsolódásra mutat példát. (Az egyszerűbb kezelhetőség miatt itt a beillesztendő alkatrész alsó oldalának síkfelülete már fektetve van a célalkatrész vállának felső síkfelületére, a gyakorlatban ennél a kényszerenél ez többségében ilyen sorrendben célszerű.)

A gépészeti gyakorlat egyik legelterjedtebb kényszere a **behelyez**. Ez is heterogén kényszer, nem más mint a hengeres illesztés és a sík fektetés kényszerek együttes alkalmazása, felsőrendű és a rendszáma 5. (A kényszeren belül a fektetés és a hengeres illesztés kommutatív.) Megjegyezendő, hogy a hengere és sík felületek kényszerben való kiválasztása egyébként is a legáltalánosabb, és a különféle tervezőrendszer specifikus gyorsillesztési, alakfelismerésen alapuló és szimmetriakényszerek mind a behelyez kényszer analógiájából kiinduló módszerekre alapulnak. Mindezek kialakítását az teszi lehetővé, hogy e két felület összeillesztése az esetek többségében bár geometriailag többféleképp is lehetséges, de gépészeti technológiailag csak egy értelmezhető eredményt ad, a "lebegő" távolságméretezés meg biztosítja a túlhatározottság feloldását.

8.2.2. Kinematikai, aktív kényszerek

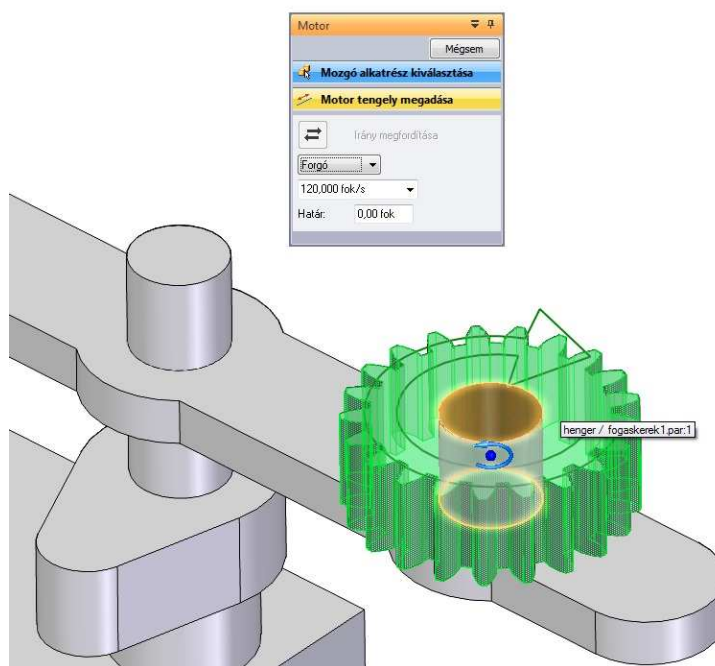
Minden szerelésre igaz, hogy statikusan vizsgálva vagy teljesen határozott, tehát alkatrészeinek a szabadságfoka egyenként 0, vagy rendelkezik 0-nál nagyobb szabadságfokkal (tehát alulhatározott) alkatrészekkel. Csak ez utóbbi esetben lehetséges a szabadságfokokkal rendelkező alkatrészek mozgatása, tehát lehetséges az idő függvényében meghatározni az alkatrész pozícióit, definiálhatóak aktív kényszerek. Az alkatrészek mozgásának kétféle oka lehetséges, vagy egy mozgást előidéző kényszer mozgatja közvetlenül, vagy egy másik, mozgó alkatrésszel van kényszerkapcsolatban tehát közvetett-kényszerített mozgást végez.

Sok esetben a tervezőrendszerekben a kinematikai elemzés egy önálló funkció, vagy opcionális alrendszer, ahol a kinematikai terminológia szerinti kényszerezéseket lehet definiálni. (Csukló, tengely, gömbcsukló, csúszka stb.) Ezek azonban mindig a már tárgyalt geometriai kényszerekre épülő, rendszeresen heterogén kényszercsoportok, ahol minimum 1 szabadságfoka marad a kényszerezés után a vizsgált alkatrésznek. A kinematikai vizsgálatok során pont a szereléskor megfogalmazott cél ellentéte a kíváncsi, ugyanis míg az előbbi esetben az alkatrész teljes körű pozicionálására törekszünk, utóbbi esetben a kinematikai kapcsolatok (kényszerek) által korlátozott módon, minél szabadabban mozgatni kívánjuk az alkatrészt. A mozgások során az alkatrészek egymásra hatása az **ütközés**, ebben az esetben tisztán geometriai feltételekkel definiált.

A dinamikai vizsgálatok mindig a már definiált kinematikai kapcsolatokra épülnek. Az alkatrészek dinamikai egymásra hatását **fizikai működés** terminológiával szokás illetni.

8.2.2.1. Direkt aktív (forrás) kényszerek

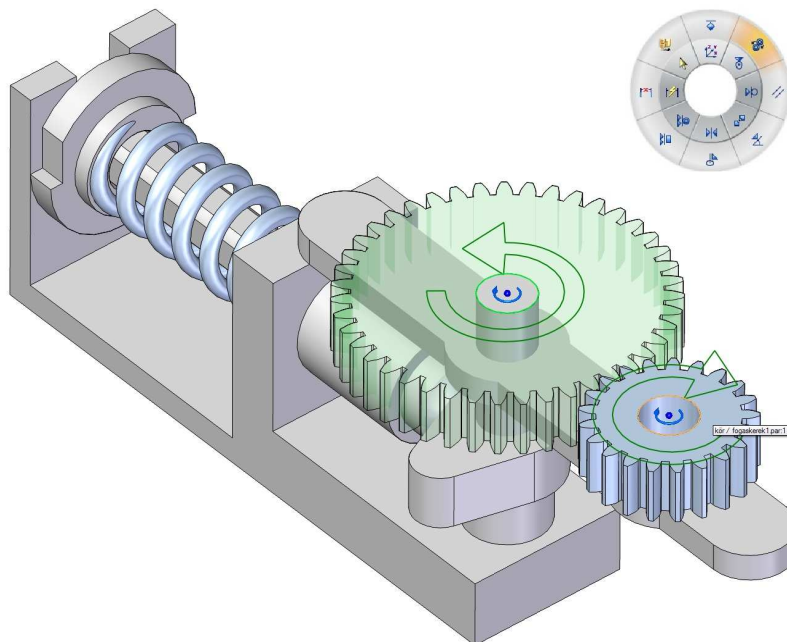
Közvetlenül az alkatrészek mozgatását **motor** kényszerek végzik. Forgó vagy haladó mozgáskényszer köthető az alkatrész egy kiválasztott geometriai sajátosságához, mint tengelyhez (8.12. ábra). Terminológiailag sok esetben nem kényszerként kezeli a motorokat több tervezőrendszer, holott ez a legalapvetőbb kinematikai kényszer.



8.12. ábra. A meghajtó motort egy fogaskerékhez rendeli a kényszer

8.2.2.2. Indirekt aktív (közvetítő) kényszerek

Forgatható alkatrészeket tartalmazó szerelések alapvető, alsórendű kényszere a **hajtás**. Ez egy speciális, a forgómozgás tengelyéhez kötött, felsőrendű kényszer, rendszáma 4. A kényszerezett alkatrészek forgástengelyei egymással térbeli szöget zárhatnak be, ez azonban állandó (8.13. ábra).



8.13. ábra. A hajtás kényszermindig forgó alkatrészek között létesíthető, melyek tengelyei kitérők és/vagy szöget bezáróak is lehetnek, (Jelen esetben párhuzamosak.)

Másik jellemző kényszer az esetenként passzívként is használatos **vezérpálya** kényszer, ezt az előző csoportban már tárgyaltuk.

8.2.3. Technológiai kényszerek

A szerelést geometriailag nem befolyásoló, a szerelések nem geometriai adataira is vonatkozhatnak kényszerek, amik részben vagy egészben meghatározzák a szerelés struktúráját. (pl. metrikus menetű csavarra nem tehető colos anya, saválló acélhoz nem hegeszthető széna-cél, alumínium öntvénybe nem hajtható facsavar stb.) Ezek a kényszerek a 8.1.3. pontban ismertetett adatcsoportban szerepelnek, mint műveletvezérlési adatok.

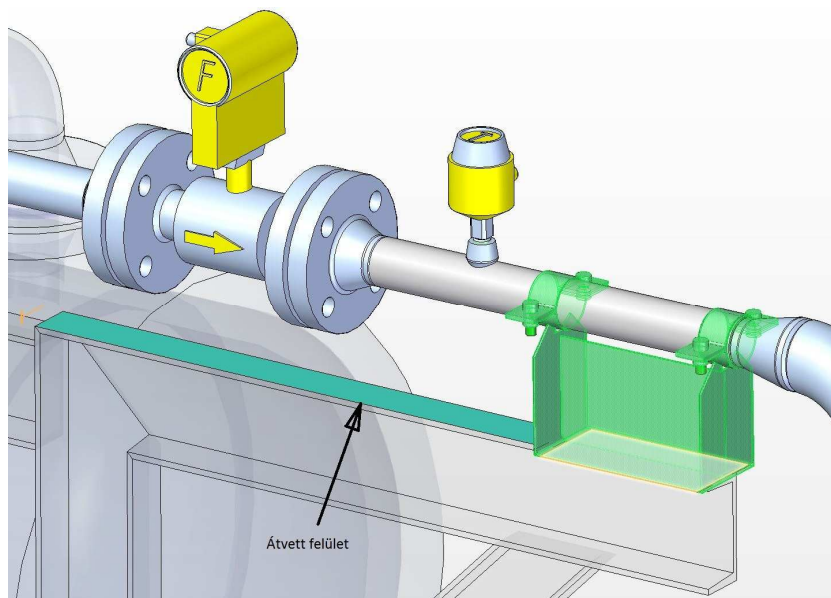
8.2.4. Struktúra kényszerek

Az elnevezés részben becsapós, mert ugyanazon kényszerekről van szó, amiket eddig is tárgyaltunk, de nem önállóan használhatók, hanem egy-egy szerelési funkcióhoz rendelt, speciális kényszercsoportot fed.

Ezen kényszerféleségek közös jellemzője, hogy jellemzően nem feltétlenül egy alkatrészhez kötöttek, hanem alkatrészek funkcionális csoportjához. A csoport azonban a szerelési pozicionálás szempontjából egy alkatrészként viselkedik.

8.2.4.1. Indirekt alszerelési kényszer

Ha nem alkatrész, hanem az alkatrésszel analóg módon egy szerelést – továbbiakban alszerelést – pozicionálunk be a szerelésbe, az alszerelés mint csoport úgy viselkedik mint egy szokásos térfogati modellel reprezentált alkatrész, a 8.2.1-2.2 megismert kényszerek érvényesíthetők. Az alszerelésen belül a viszonyokat szintén a már ismert kényszerek szabják meg. A szerelési szintek között nem működtethetünk kényszereket, ha mégis ilyen összefüggések érvényesítésére van szükség vagy az adott alkatrészt a szerelési struktúrában át kell mozgatni vagy egy asszociatív sajátoságmásolata segítségével közvetve kényszerezni. Az első esetben teljesen szokásos kényszerről beszélünk, a második esetben közvetett –indirekt- az alszerelés alkatrészére vonatkozó kényszer. (Maga a kényszer teljesen szokványos, csak indirekt, a z asszociatív másolaton keresztül hat az alkatrészsre.) (8.14. ábra)



8.14. ábra. A csőtartó talpa egy másik alszerelésben lévő tartószerkezet U-idomjának síkjához van fektetve. A kényszerítés elvégzéséhez acélfelület átvételre került az alkatrészmodellbe.

8.2.4.2. Konstrukciós csoport

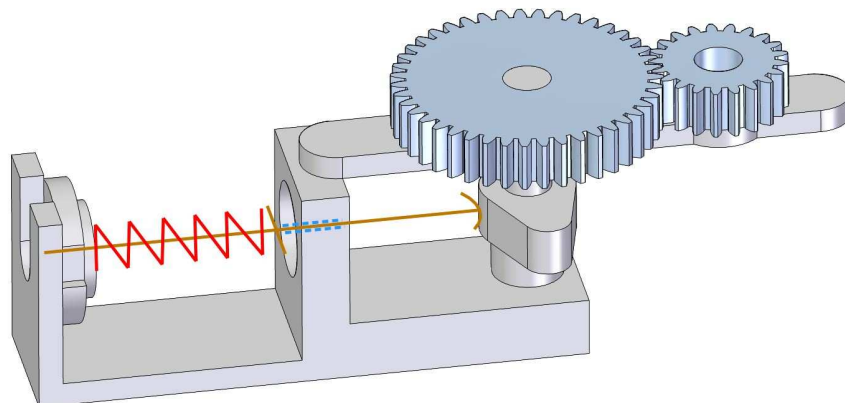
A szerelésben egy kijelölt alkatrészcsoporthoz önálló egységként kezelhetünk, az alszereléshez hasonlóan, de egyrészt ezek a beillesztés után a szerelés aktuális szintjén alkatrészként épülnek be, másrészt a célalkatrészen alaksajátosság műveletet is generálnak. A pozicionáláskor a csoport készítésekor betanított kényszereket érvényesíthetünk. Ezek a kényszerek a szokásos kényszerek, közös jellemzőjük, hogy a konstrukciós csoporthoz kötöttek előre definiálással.

8.2.4.3. Reassembled (újraszerelt) alkatrész

Bármely alkatrész szerelésbe illesztése után a pozicionálását szabályzó kényszerek kapcsolhatók hozzá és ezt az alkatrészt elmentve, újra beépítve a betanított kényszerek automatikusan érvényesülhetnek. (A tervezőrendszerekben használatos szabványos és tipizált alkatrésztárak elemei általában implicit ilyenek.)

8.2.4.4. Virtualizációs kényszer

Sok esetben a tervezés egy adott fázisában a szerelés még csak elvileg összeállítható, ugyanis a szükséges alkatrészek modellje nem áll még rendelkezésre. A teljes szerelés logikailag helyes értelmezhetősége azonban megköveteli, hogy valamiféle adatot szerepeltessünk a modell tervezett pozíciójában. (példáúé egy funkcionális vázlat, lásd 8.15 ábra) A modell térmanifold és reguláris tulajdonságainak biztosítására ezt az adatot úgy kell a szereléshez kapcsolni, hogy a struktúra kapcsolatrendszere ne sérüljön és globálisan teljes maradjon. Ez a csatolást biztosítja a virtuális kényszerezés.



8.15. ábra. A még nem modellezett rugószerelvényt egy tengelyvonalba eső síkban lévő vázlat – mint virtuális komponens - helyettesíti.

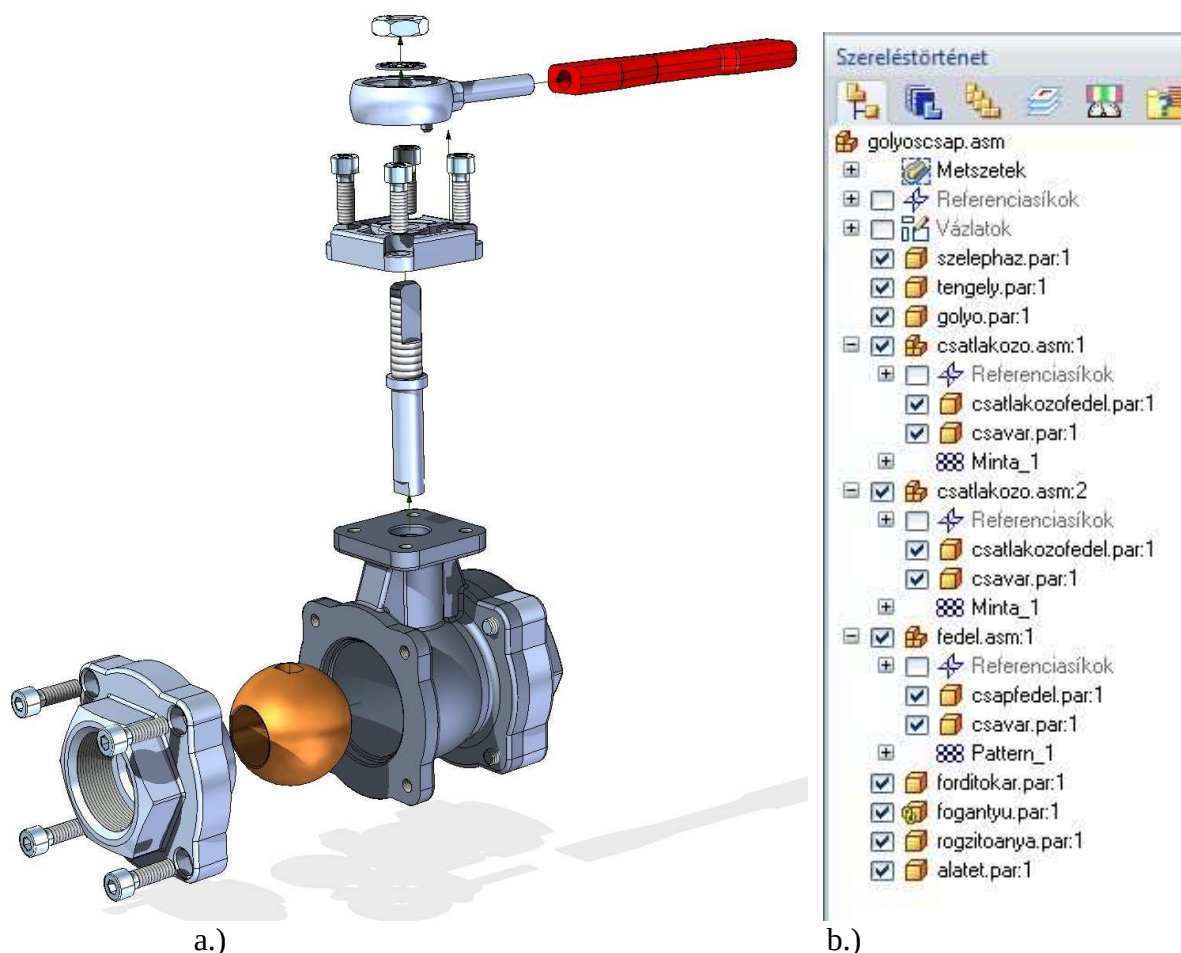
A virtuális, helyettesítő komponenseket általában 2 dimenziós vázlatok, fotók reprezentálják, emiatt általában a tervezőrendszerek a vázlatkészítéshez, 2D-s munkatérhez stb. kötik a pozicionálást.

8.3. Szerelésleírás, műveletek

8.3.1. Szerelési struktúra

A szerelés kialakítása során a szerelési szintek célszerűen követik a tervezendő konstrukció **funkcionális hierarchiáját**. A főösszeállítás tartalmazza a főbb alkotóelemeket, összefoglalóan **komponenseket**, amelyek lehetnek alkatrészek és szerelések egyaránt. Ez utóbbi esetben beszélünk alszerelésről, mely a szerelésből szemlélve az alkatrésszel azonos módon viselkedik, ugyanolyan kényszerek hatnak rá, ugyanazok a műveletek végezhetőek el vele. A szintek tagozódása lefelé – a tisztán alkatrészeket tartalmazó szintig – tetszőleges számú, és az egyes szintek nem jelentenek preferencia kijelölést. (Vagyis egy adott alszerelés egyenrangú egy másik alszereléssel, függetlenül attól, hogy pl. az 3 és 7 szinten vannak, mindaddig amíg nem áll fenn köztük apa-fiú kapcsolat.) E tulajdonság következménye, hogy a struktúra szerkeszthető, pl. egy alszerelés elemei átmozgathatók egy feljebb lévő szintre.

Egy alkatrész robbantott rajza (8.16.ábra) és a hozzá tartozó szereléstörténet jól mutatja a struktúra felépítését. Mint látható a főszerelés globális referenciapozíciójához kötődnek az alszerelések és alkatrészek lokális referenciái, vagyis koordináta-rendszerei. Ezek pozíciói a geometriai kényszerek következményei.



8.16. ábra. . Az a., képen látható a komplett szerelés robbantott kép, egy golyóscsap, ahol a csatlakozó-fedeleket a rögzítő csavarokkal, valamint a felső tengelyfedél a csavarjaival alszerelvényben helyezkedik el. A b., képen látható a szerelés tervezőrendszerbeli leírása, szereléstörténettel.

A példából is láthatóan a szerelési struktúra kötelezően tartalmazza a szerelés felépítését, a kényszereket (Ezek a megfelelő tételekhez csatolódnak) és nem kötelezően még egyéb elemeket is, mindazon leírásokat és opcionális modelleket amiket az adott tervezőrendszer megvalósít. Ez utóbbiakat összefoglalóan additív entitásoknak nevezzük és a későbbiekben még szó lesz róluk.

A kényszerekhez tartozó változók paramétertáblában (8.17. ábra) kezelhetők, a leírási mód általában megegyezik a parametrikus testmodellezés során alkalmazott alkatrész változó tábla formátumával. A szerelés során is megkülönböztethetünk parametrikus, direkt és szinkron technológiát, azonban a kényszerekhez tartozó paramétertábla egyaránt jellemző bármely technológiát alkalmazó rendszerre.

Típus	Név	Érték	Szabály	Kifejezés	Tartom...	Tulaj...	Tulajdonság...	Me
Var	Furat_1_Átmérő	2,00 mm	Határérték		(0,00 mm)	☐		
D...	V381	26,00 mm				☐		
D...	V494	0,00 mm				☐		
D...	V545	0,00 mm				☐		
D...	V677	0,00 mm				☐		
D...	V698	0,00 mm				☐		
D...	V708	0,00 mm				☐		

8.17. ábra. A példa golyóscsap paramétertáblájának egy részlete

8.3.2. Szerelési környezetben végzett műveletek

A szerelések legfontosabb és meghatározó művelete maga az összeszerelés, ami a kényszertípusok kiválasztásából, a pozicionálásból és a lehetséges paraméterek megadásából áll. A szerelés további kezelését a módosítási, szerkesztő, additív, vizsgálati és applikációs műveletek jelentik.

8.3.2.1. Módosítási műveletek

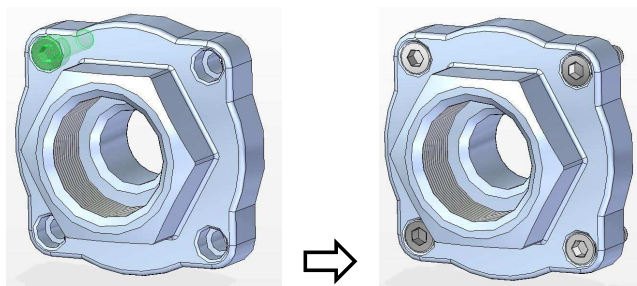
A módosításoknak két csoportja lehetséges, a struktúrakezelések és a geometriai módosítások.

A struktúrakezelés a szerelési hierarchiában végzett műveleteket jelenti, pl. alkatrészcsere, feljebb léptetés a szerelési szintben, alszerelés készítése kiválasztott alkatrészcsoportból, szerelési csoportkészítés és szerelések közötti alkatrészttranszferek.

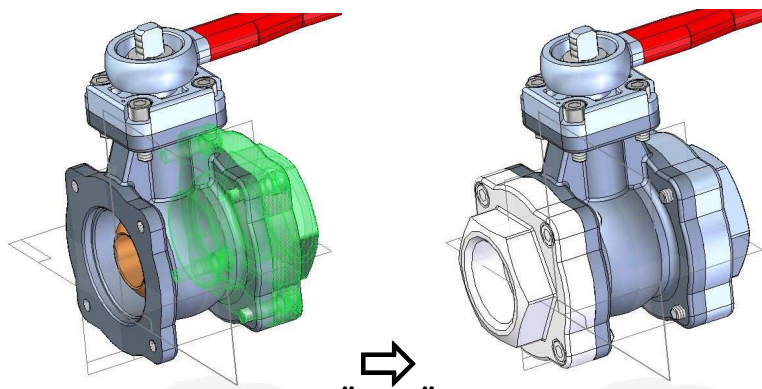
A geometriai módosítások a komponensek átpozicionálását jelentik, ezek geometriai transzformációk, egyenes vonalú mozgatás, forgatás (transzláció, rotáció) és ezek tetszőleges kombinációja.

8.3.2.2. Szerkesztő műveletek

Itt az összeszerelés alaplépéseinek különböző szintű és összetételű összevonásáról van szó. A szerelésben résztvevő komponensek valamilyen – általában geometriai- tulajdonságát kihasználva bizonyos műveletsorokat automatizáltan, csoportosan hajt végre a tervezőrendszer. Tipikus példa erre az alkatrészek tükrözése (8.18. ábra) és mintába (8.19. ábra) kiosztása.



8.18. ábra. Egy alkatrész (csavar) kör, furatmintába kiosztása

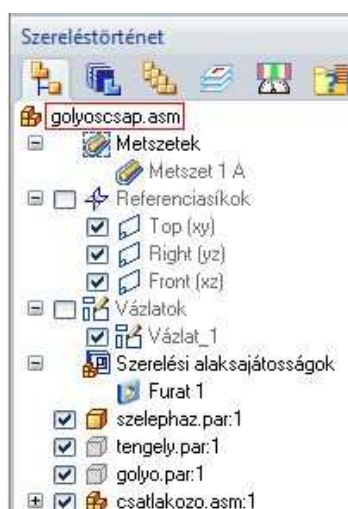


8.19. ábra. Egy alszerelés(csatlakozófedél a rögzítőcsavarjaival) tükrözése

8.3.2.3. Additív műveletek

A 8.3.1. pontban már említett módon a szerelés nem csupán a tervezett alkatrészek és az azokból készült szerelések geometriai modelljét és nem geometriai adatait tartalmazza, hanem ugyanennek az objektumnak további, párhuzamosan létező, modelljei, részletmodelljei is vannak. Ezek lehetnek valódi 3D-s modellek, de 2D-s reprezentációk is.

Ilyenek pl. a szereléshez kapcsolt vázlatok, gyártási, szerelési méretmegadások, szerelési modellnézetek, egyszerűsített modellreprezentáció, csak a szerelésben jelenlévő komponens, alaksajátosság. Ezek természetesen részei a szerelési fának (8.20.ábra)



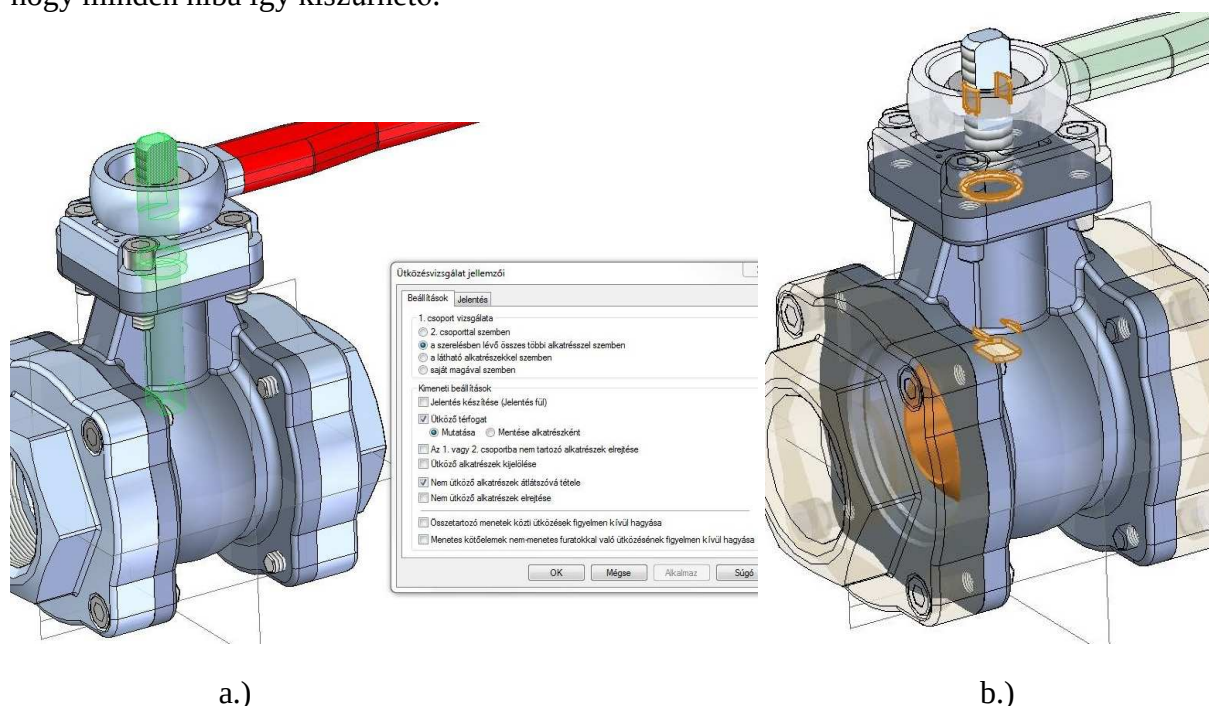
8.20. ábra. A "szelepház" nevű komponens az első tervezett modellkomponens, a felette lévő tételek a referenciasíkok kivételével az additív adatleírások részei.

8.3.2.4. Vizsgálati műveletek

A vizsgálati műveletek a szerelés valamilyen szempontból történő elemzését, tulajdonágainak rendezését, átszámítását, célirányos szélsőérték keresését jelenti. A vizsgálati műveletek kétféleképp is osztályozhatók; egyrészt az időbeli lefolyást tekintve **statikus** és **dinamikus**, a kezelt adatfészeségeket tekintve **geometriai** (szokás emlegetni analitikai-nak), **kinematikai**, **fizikai** és **statisztikai**.

Sok esetben egy vizsgálatfajta esetenként lehet statikus (pl egy ütközésvizsgálat a szerelés elemzésekor) és máskor dinamikus (pl. ütközésvizsgálat a komponens mozgásakor.) A jelenlegi fejlesztési tendenciák szerint már a szerelések létrehozásakor célszerű az alapvető vizsgálatokat automatikusan és valós időben elvégezni, és ezek megfelelő paraméterezésére és kezelésére szolgálnak a **szenzorok** (érzékelők)

A geometriai vizsgálatok közül a legalapvetőbb és a leggyakrabban használt az ütközésvizsgálat, ez a vizsgált alkatrész vagy szerelés geometriai áthatását -boole-algebrai viszonyát- vizsgálja a célalkatrésszel vagy szereléssel. (Egyúttal történeti magyarázat is az ütközésvizsgálat általánossá válására, ugyanis úgy is feltehetjük a kérdést; van e közös része A komponensnek B komponenssel. És mint ismeretes a CSG modellek voltak az úttörők a testmodellezésben, ez a kérdés meg már akkor könnyen értelmezhető volt.) Hogy az egyszerű szerelések esetében is hasznos, arra egy példa (8.21.ábra) a már ismert golyóscsap tengelyének egy kis elmozdítása milyen ütközéseket okoz. Egyszerű szemrevételezésnél nem biztos, hogy minden hiba így kiszűrhető.



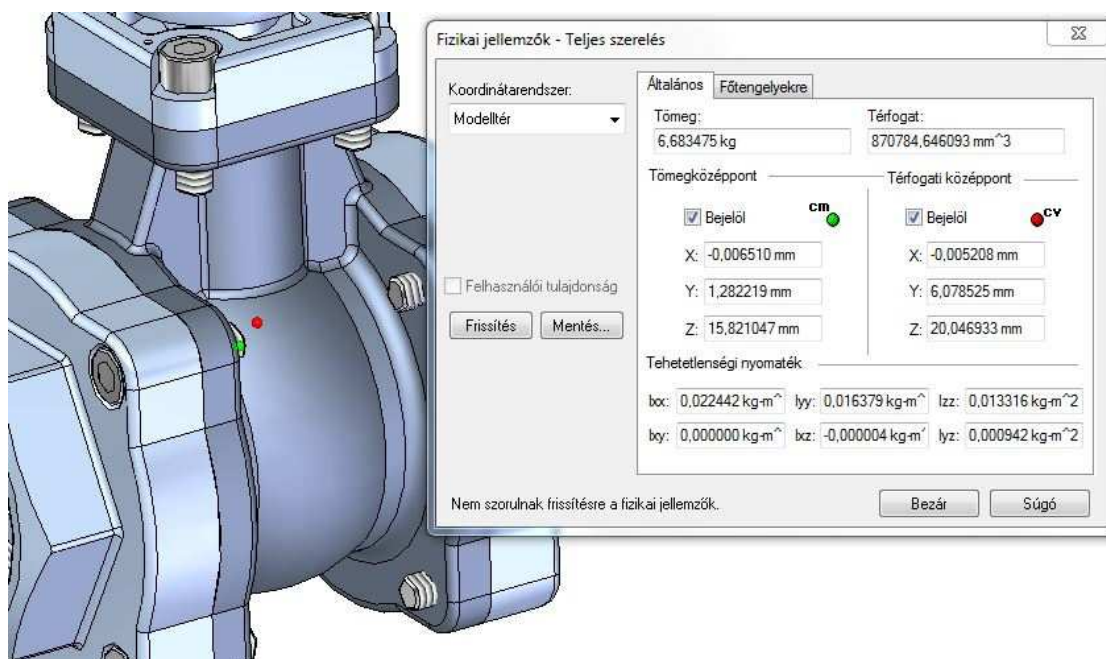
8.21. ábra. Az a., ábrán látható, hogy a tengelykijelölt ütközésvizsgálatra, az összes többi alkatrésszel szemben, a b., képen pedig az eredmény látható. A nem ütköző alkatrészek átlátszóak, az ütközési térfogat pedig narancsszínnel kiemelt.

Geometriai műveletek körébe tartoznak a különböző mérések, távolságlekérdezések, 2D-s és 3D-s információlekérdezések. Ezek módjai nagyrészt a modellezési technika függvényei, illetve a felhasználói felület kialakításának következményei.

Kinematikai műveletek az alkatrészek mozgásával kapcsolatos elemzések. Itt általában három szintet különböztethetünk meg:

- A komponensek mozgatása egy adott szerelési szinten. A mozgatások a motor kényszerrel paraméterezhetők és animációs megoldásokkal lehet a hatásokat elemezni. A mozgatások során lehetőség van geometriai és fizikai elemzésre, vagy eleve ennek megfelelő szenzorok alkalmazására.
- A komponenseket több szerelési szinten keresztül kell végrehajtani, ekkor az alszerelések nem viselkedhetnek merev testként, tehát nem normál komponensek. A modell manifolditásával és regularizáltságának megtartására a **beállítható szerelés** fogalmát vezették be, itt valójában a beállított alszerelésnek több belső modellje van, az eljárás a rugalmas alkatrészek kezeléséhez hasonlatos.
- Teljeskörű kinematikai analízis. Ebben az esetben a teljes szerelésnek egy önálló, párhuzamos kényszerkapcsolati fája keletkezik, amiben az összes elem azonos hierarchiába kerül a mozgatási koordináta-rendszerben. A vizsgálat ebben a kinematikai fában történik meg és az eredmények visszairódnak a megfelelő modellstruktúrába.

Fizikai vizsgálatok a fizikai jellemzőkre vonatkoznak, ilyen statikus adatok láthatóak az alábbi ábrán (8.22. ábra)



e

8.22. ábra. Mint látható a skalár adatokon túlmenően a geometriához rendelt fizikai jellemzők is rendelkezésre állnak. (pl tömegközéppont)

Statisztikai adatok a szerelés struktúrára vonatkoznak (8.23. ábra)

Statistika a szerelésről

Szerelés fájl neve: golyoscsap.asm

Összes alkatrész:	22	Összes alszerelés:	4
Különböző alkatrészek:	10	Különböző alszerelések:	3
Egyszerűsített alkatrészek:	0	Egyszerűsített alszerelések:	0
Összes szint:	2	Összes idegen dokumentum:	0
		Dokumentum teljes mérete:	7,78MB

Dokumentum név	Típus	Betöltött...	Fájl méret	Darab
alatet.par	Alkatrész	Inaktív	372,00KB	1
csapfedel.par	Alkatrész	Aktív	1,08MB	1
csatlakozo.asm	Szerelés	Aktív	124,50KB	2
csatlakozo_tkrztt.asm	Szerelés	Aktív	112,50KB	1
csatlakozofedel.par	Alkatrész	Inaktív	791,00KB	2
csavar.par	Alkatrész	Aktív	267,50KB	12
fedel.asm	Szerelés	Aktív	125,00KB	1
fogantyü.par	Alkatrész	Aktív	491,00KB	1
forditokar.par	Alkatrész	Aktív	658,00KB	1
golyo.par	Alkatrész	Inaktív	243,00KB	1
rogzitoanya.par	Alkatrész	Aktív	299,00KB	1
szelephaz.par	Alkatrész	Aktív	2,91MB	1
tengely.par	Alkatrész	Inaktív	212,00KB	1

8.23. ábra. A fentiekben például szolgáló golyóscsap szerelési statisztikája

8.3.2.5. Applikációs műveletek

A szerelésen belül kialakultak tipikus, felhasználói terület által jól definiált eljárások, ezek a területen érvényesülő szabályok széleskörű alkalmazásával a szerelési folyamatot erőteljesen tudják automatizálni, illetve a makró technikával analóg eljárásokat definiálva a szerelés lépéseit drasztikusan lerövidítik. Ezek egy-egy önálló funkcióként, **applikáció**ként szerepelnek a tervezőrendszerekben és a velük elvégezhető műveletek specializáltak.

8.3.3. Additív entitások

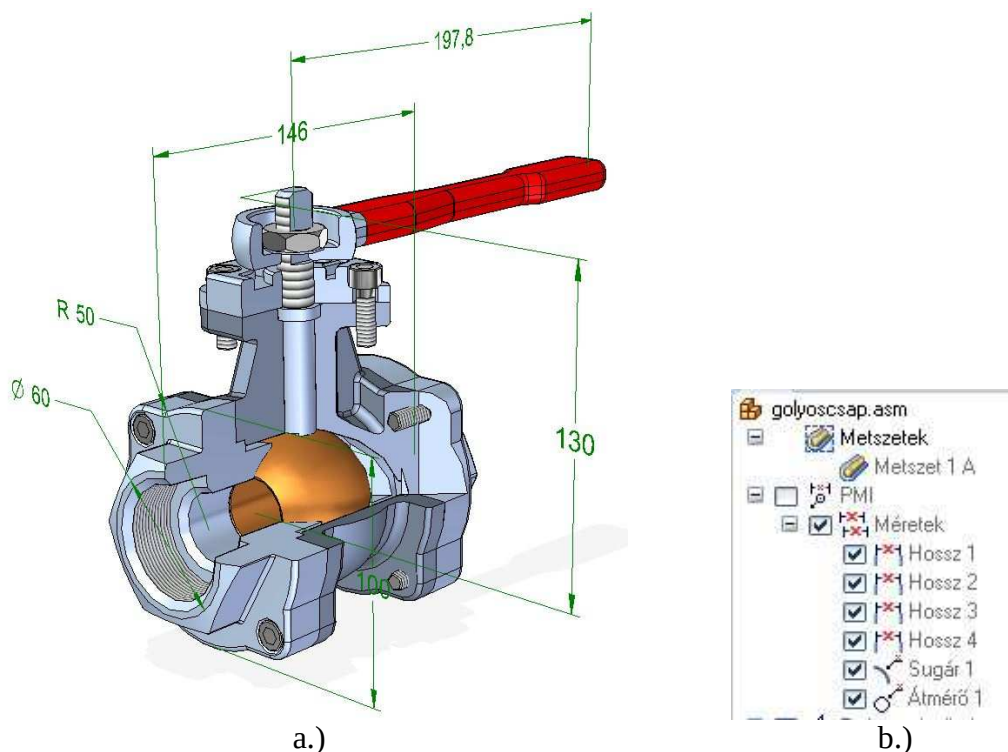
A 8.3.2.3. pontban már szó volt az additív műveletekről, az ott leírt műveleteket az additív entitásokon hajthatjuk végre. Elvileg végtelen számoságú és féleségű additív elem csatlakoztatható a geometriai modellhez, a gyakorlatban azonban a következő komponensek a meghatározóan fontosak egy szerelés esetén.

8.3.3.1. Szerelési vázlatok

Az összeszerelés elvégzéséhez, a mozgatások megtervezéséhez, a kényszerkapcsolatok összeláncolásához, az egyes szerelések közötti elemek átvételéhez 2D-s segédletként használhatók vázlatok, amelyek csak az adott szerelési környezetben érvényesíthetők, vagy átmásolhatók más szerelésekbe. Paraméteres modellezésnél kevésbé, a direkt módszerekénél erőteljesebben használatosak.

8.3.3.2. Szerelési-gyártási modellnézetek

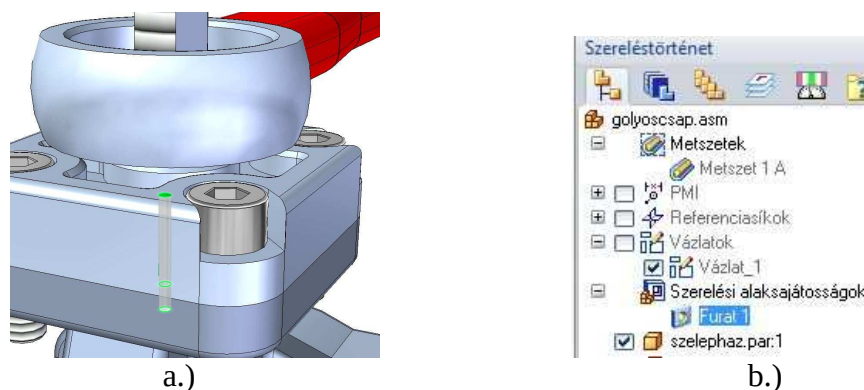
A tervezett szerelvény legyártásához szükség lehet magyarázó metszetekre, nézetekre is, amelyet nem a műhelyrajz készítés során kell elkészíteni, mert egyrészt az a kívánatos, ha a modell minden az alkatrészek elkészítéséhez szükséges adatot tartalmaz, másrészt lehet, hogy a gyártó nem is használ műhelyrajzot, hanem a modell alapján készíti az legyártási technológiát és programokat. A modellnézet egy önálló 3D reprezentáció és a hozzá kapcsolt 2D-s nézeti elemek (8.24. ábra). A gyártási modellnézethez a megmunkálási - angol rövidítéssel PMI (Product Manufacturing Information)- adatok kapcsolódnak



8.24. ábra. Az a., ábrán látható egy szerelési 3D-s metszet, a b., ábra a hozzá tartozó szereléstörténeti részletet mutatja

8.3.3.3. Szerelési alaksajátosságok

A szerelés technológiájához tartozhat, hogy olyan alakrész alaksajátosságot létrehozó, vagy módosító műveletet végzünk ami az alkatrész gyártásakor nem elvégezhető, ennél fogva a modelljében sem jelentkezhethet. (pl. két alkatrész összefűrése a szerelés folyamán). (8.25. ábra)



8.25. ábra. Az a., képen a fedél és a szelepház szerelési összefűrásának kijelölése látható, a b., ábra a hozzá tartozó szereléstörténeti részletet mutatja

Szerelési alaksajátosságok általában az alkatrész modellezésnél is használatos kivágások, forgás kivágások és lokális anyageltávolító műveletek, tehát az un. regularizált testalkotó eljárások és azok közül is az anyagot eltávolító eljárások. Általában nem használhatók a nem kanonikus alakban leírható függvényekkel vezérelt testmódosító eljárások (pl. szabadfelületek kiterjesztése). Másrészt van egy tipikus, új komponens generáló alaksajátosság művelet, ami csak szerelésekben értelmezhető, a hegesztés. A hegesztési modellezés anyagot ad hozzá a szereléshez, kvázi új komponenssel bővíti a szerelést. A manifoldivitás megtartása érdekében itt is az additív entitáskezelés jelenti a megoldást. (Sok esetben a hegesztési modellezést egy önálló hegesztési környezetben kezelik, de a kialakult gyakorlatnak a normál szerelési környezetben alkalmazott additív komponens megalkotása jobban megfelel.)

8.3.3.4. Egyszerűsített modell

A nagyméretű, sok elemszámú szerelések kezelésénél gyakori probléma a méretek miatti lassú modellkezelés, nehézkes megjelenítés, nagy számítástechnikai teljesítményigény. A teljes szerelés konstrukciójának vizsgálatkor pedig nincs is szükség az alkatrészek összes apró részletének kezelésére, sok olyan elemet tartalmazhat a modell ami a szerelés közben valójában nem hordoz hasznos információt. A probléma kezelésére sokféle módszer alakult ki, pl;

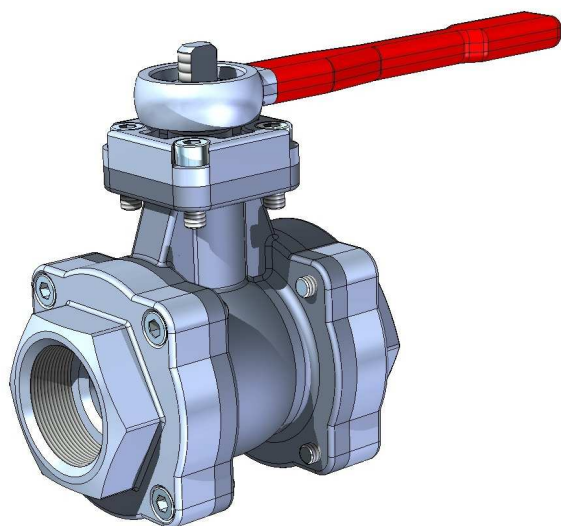
- megkülönböztethetők aktív és inaktív komponensek, ahol az inaktívak adatainak egy nagy része nem vesz részt a számításokban, vagy be sem töltődik a modellkezeléshez a számítógép memóriába,
- vagy régiókra lehet bontani a szerelési munkateret és mindig csak az aktuális régióban lévő komponensek vesznek részt a számításokban,
- vagy a szerelésfában csak az aktuális logikai ágat kezeli a rendszer stb.

Sajnos mindegyik módszer esetében előfordulhatnak olyan struktúrák, melyek esetében a módszerek nem segítenek, mert megfogalmazható egy-egy olyan probléma ami túlmutat a felállított axiómákkal definiált rendszeren (Cauchy-csoport teória)

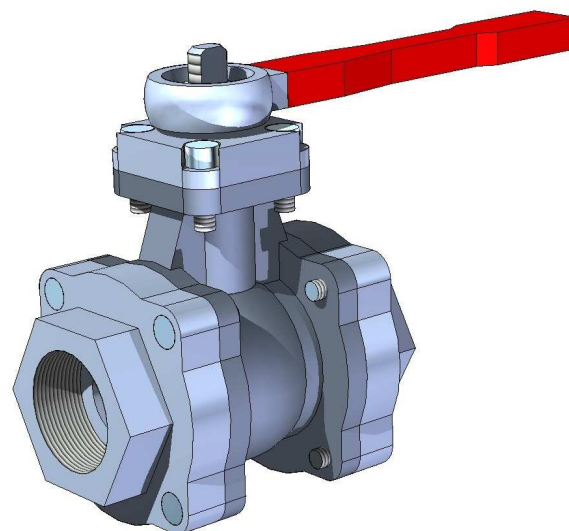
Korrekt megoldást az adja, ha az eredeti, **tervezett** vagy **originál** modellel párhuzamosan létezik egy célszerűen egyszerűsített modell is. Az egyszerűsítés nem a kapcsolatokra, és kényszerekre hat, hanem a komponensek maguk léteznek egy egyszerűsített formában. (Tehát léteznek egyszerűsített alkatrészek és egyszerűsített szerelések.) Az alkatrészek egyszerűsített reprezentációja az alkatrész modellezésnél ismertetett, itt csak a az egyszerűsített szerelést tárgyaljuk.

A szerelés egyszerűsítése a benne lévő komponensek törlésével történik. A törlés egy kiválasztás alapján történik méret, típus vagy felhasználói definíció alapján. A szerelés regularitásának megőrzése érdekében olyan alkatrészek nem törölhetők amelyek az adott szerelés felsőbb szintű szerelésbe illesztéséhez egy kényszer részvevői.

Az egyszerűsített szerelésábrázolás funkcionálisan egyenértékű a tervezett szereléssel (8.26. ábra)



a.)



b.)

8.26. ábra. Az a., képen a tervezett a b., képen az egyszerűsített szerelési reprezentáció

8.4. Modellalkotási módszerek hatása a szerelésre

A szerelésben szereplő komponensek bár különbözőek (alkatrész, alszerelés és additív entitás) végső soron mind a testmodellező által készített alkatrészmodellek. Így kezelhetőségük annyiban függ a modellezési eljárástól, amennyire az megszabja a szerelési kényszerekben használatos elemek kiválaszthatóságát és paraméterezhetőségét.

8.4.1. CSG szerelési modell

Ma már a hagyományos értelmezésben nem használatos módszer, a szereléseket mint alkatrészhalmozatot kezeli, és tisztán a boole műveletekkel kapcsolja egymáshoz az alkatrészeket.

8.4.2. Parametrikus, vagy hagyományos szerelés

A szerelvények konstrukcióját követi az eddig leírtaknak megfelelően, az összeszerelési műveletek során a kényszerek paraméterezése a modell változók paraméterezésével ekvivalens módon történik. Ebből eredően szerelési történetben ábrázolt a hierarchia, és a szerelés módosítása mindig a szereléstörténet újraszámítását vonja maga után a konkrét módosítástól kezdve az aktuális állapotig. Ebből eredően bármely paraméter amit felhasználtunk a szerelés felépítésekor módosítható, de a szerelési kényszerek korlátozhatják a műveletek végrehajtását (kikapcsolhatóak, de ez felhasználói beavatkozásra történik), a szerelési történet végigszámítása hosszadalmas lehet és gondot okozhat a modell történettel nem rendelkező (pl. idegen rendszerből kapott) alkatrészek módosítása.

A szerelésen belül az alkatrészek kapcsolatrendszer olyan hierarchikus fát alkot, amelyben a nem apa-fia kapcsolatban álló, másik alszerelésben lévő alkatrészekről **átvet, csatolt** adatok miatt hálós struktúra is kialakult. A csatolások számának növekedésével a számítási idő permutatív módon nő, a kezelési lehetőségek azonban szinte korlátlanok. A rendszer **időben abszolút** vagyis a szerelésmodell bármely előző fázisa kezelhető, újraépíthető.

A gyakorlati tapasztalatok alapján az prognosztizálható, hogy a feladatok 50-70 %-ában ezzel a módszerrel kezelhető a legjobban az adott tervezési feladat.

8.4.3. Direkt, vagy explicit szerelés

A nagy elemszámok kezelésére kialakított módszer, lényege, hogy nincs tekintettel a szerelés kialakulásának folyamatára, hanem minden lépésben csak az aktuális helyzetet tekinti mérvadónak. Bár a hierarchikus fa megvan – hisz ott vannak a megfelelő szinteken a komponensek –, de a szerelésen végzett műveletek során csak a hálós alkatrész kapcsolati mátrixot használja. Ebből eredően a szerelés módosítása gyors, a változtatás által nem érintett régiók nem is kerülnek újraszámításra, de természetesen nem is paraméterezhetünk át régebben megadott változókat. A módszer alkalmazásával gyorsan és könnyedén hajthatók végre geometriai pozícióváltások, a kényszerek automatikusan felülíródnak és az idegen alkatrészek implicit ugyanúgy kezelhetők mint a saját modellezésűek.

A hálós alkatrész kapcsolati struktúra a túl sok csatolás miatt leronthatja a teljesítményt és a kezelési lehetőségek más tervezői hozzáállást kívánnak, ugyanis a rendszer **időben relatív**, az előző tervfázisok elvesznek, visszalépni mindig csak egy lépést lehet.

A gyakorlati ismeretek szerint várhatóan a tervezési feladatok 30-50 %-a esetén ez a módszer a jobb választás. (Az egyre nagyobb modellek elterjedésével várható, hogy a jelenlegi ~30% nőhetne akár ~50% közelébe. Hogy ez mégsem a direkt modellezők terjedését eredményezi a 8.4.4.pontban leírtak okozzák.)

8.4.4. Szinkron, vagy hibrid szerelés

A parametrikus és a direkt módszer előnyeit egyesíti a szinkron technológia, melynek a lényege az, hogy mindkét modellépítési módszert egyidőben használni képes. Kezdeti formájában a két modell prioritási sorrendben van egymáshoz képest és a modellkonvertálás csak egyszer végrehajtható. (pl. hagyományos modellezéssel indul a tervezés és szinkronnal folytatódik, de visszatérés már nem lehetséges). A valódi szinkron technológiában – mint ahogy azt a neve is mutatja – oda-vissza lehetséges a tervezési módszer választása, mindig az éppen aktuális feladatnak megfelelően. Természetesen egy szinkron szerelésben vegyesen lehetnek parametrikus és direkt módon készült alkatrészek, tehát hibrid a modell, és a módosítások során mindkét módszer adatleírása kialakul mindkét alkatrész modelljére. (Kvázi a módosítások hatására az alkatrészmodellek is hibriddé válnak.)

Természetes, hogy a duplikált modellstruktúra miatt a számítási időigény nagyobb mint a tisztán direkt modell esetében, de kisebb a parametrikusnál és rendelkezik ez utóbbi összes lehetőségével.

A tervezés kezdetén a parametrikus vagy a direkt eljárás kiválasztásával egy irreverzibilis folyamat veszi kezdetét, amennyiben a választott módon kell végig kidolgozni a szerelvény felépítését, akkor is ha időközben a tervező rájön, hogy más megközelítéseket kellett volna használni. A szinkron technológia lehetővé teszi, hogy a tervezési folyamatot menet közben is optimalizálhassuk az időközben felmerült új igények, vagy aktuálisan felfedett problémák szerint.

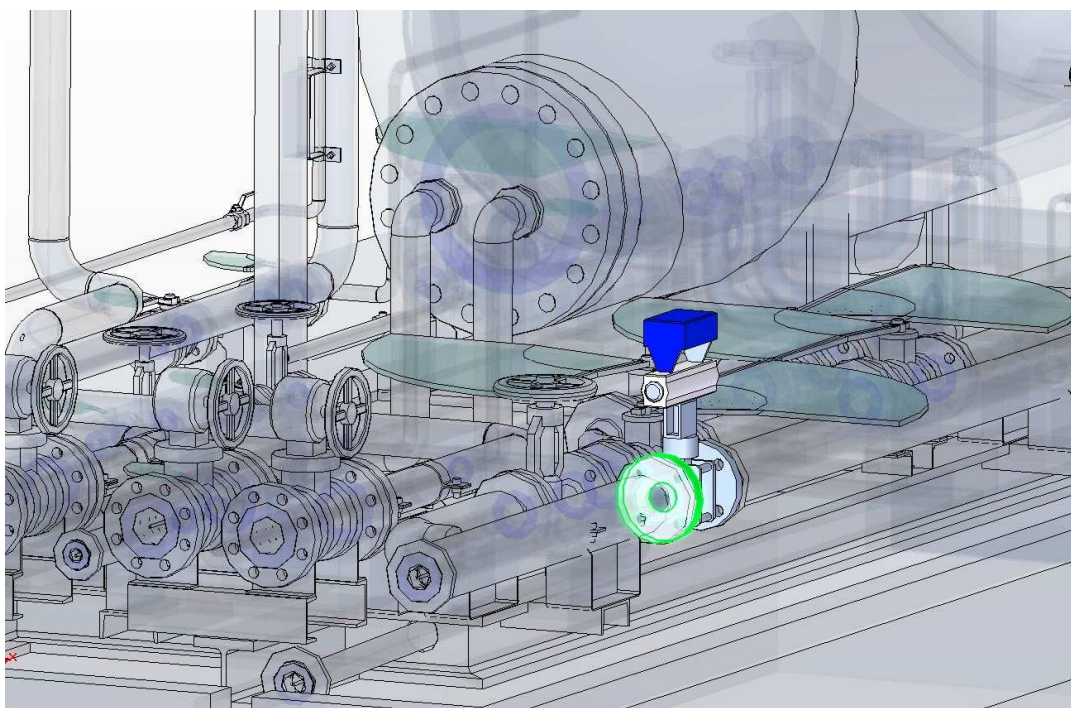
8.5. Alkatrészkezelés a szerelésen belül

Hagyományosan a szerelést meglévő alkatrészekből lehet összeállítani. Természetesen az alkatrész módosulása esetén az a hivatkozott modell megváltozásaként jelentkezik a szerelésben, és ha más alkatrészekkel is csatolásban áll a módosult alkatrészmodell ezen csatolások frissítése szükséges.

Ez a metodika a hagyományos **alulról –felfelé tervezés**. Sok esetben azonban egy már meglévő környezetbe kell illeszteni a tervezendő alkatrészt és nem hatékony módszer a meglévő környezet peremfeltételeit kimásolni az alkatrész tervezési környezetbe és ott megépíteni az alkatrészmodell és annak elkészültével azt a szerelésbe illeszteni. A probléma kiküszöbölését a **felülről-lefelé tervezés** adja, vagyis az alkatrész modelljét a szerelésen belül hozzuk létre. A módszerhez több segéd eljárás jött létre, ezek közül a szerelésen belüli modell létrehozás és a virtuális komponensalkotás a legfontosabb, de valójában ide tartozik a szerelési alaksajátosságok alkalmazásánál már tárgyalt anyaghozzáadással járó alaksajátosság készítés, nevezetesen a hegesztési varrat modellezése is.

8.5.1. Szerelésen belüli modellalkotás

A szerelésbe a komponenseket nem meglévő fájlokból beemeljük, hanem a szerelés munkateréhez kötve az alkatrész modellezési környezetet alkalmazva definiálható egy lokális, alkatrész munkatér és ebben az alkatrész modellezésénél használatos műveletekkel felépíthető a modell. Lényeges különbség azonban, hogy a modellalkotás geometriai input elemei itt nem kötelezően önállóan és függetlenül definiált vonal, vagy felületelemek, hanem ezek egy része vagy egésze a szerelésben már meglévő komponensekből átvehető. A módszer a **szerelésen belüli szerkesztés**, az elemek átvétele a **csatolás**. Különösen a funkcionálisan meghatározó kapcsolódásokkal rendelkező alkatrészek esetében jól használható ez a módszer (8.27. ábra)



8.27. ábra. Csővezetékbe kerül beépítésre egyedi kialakítású szabályószelep. A meglévő karimához történő csatlakozófelület kihúzása látható.

Természetesen nem csak alkatrész, hanem szerelés is létrehozható szerelésen belül, vagyis a szerelést alkotó két fő komponens bármelyike, azonos módon.

8.5.2. Virtuális komponensek alkotása

A 8.2.4.4 pontban már tárgyaltuk a virtuális komponensek kényszerét, amivel ilyen elem a szereléshez köthető. Valójában e felülről-lefelé tervezés metodikáját támogató, több lépésből álló módszerről van szó. A folyamat a következő;

- Virtuális komponensek definiálása. A szerelési struktúrában geometriai modellel és fizikai jellemzőkkel sem rendelkező elemet kell a hierarchia fába beilleszteni.
- Meglévő dokumentumok csatolása a virtuális fába. A virtuális komponens lehet virtuális szerelés is, de ekkor előfordulhat hogy ennek a még geometriailag nem létező szerelésnek már van létező alkatrész eleme.
- 2D-s geometria hozzárendelése a virtuális komponensekhez. A virtuális szerelés kezeléséhez, a funkció felismeréséhez, a tervezési feladat megértéséhez vázlatok, leírások, fotók adhatnak támpontot, egy-egy virtuális alkatrészt egy-egy ilyen 2D-s vázlat tud reprezentálni.
- Virtuális komponensek pozicionálása. A már tárgyalt virtuális komponenskényszerrel egy adott síkon elhelyezhetők a 2D-s vázlatok a szerelési modellben és ezáltal vizuálisan is értelmezhetővé válik a szerelés felépítése, illetve a geometria megszabja a tervezendő 3D-s modell helyét.
- Virtuális komponensek érvényesítése. (publikálás) A virtuális elemeket is tartalmazó modellt megjeleníthetővé kell tenni a különböző tervezési környezetekben és funkciókban, pl a műhelyrajzon.
- A valódi alkatrészmodell elkészülte után a virtuális komponenst a valódi komponensre kell lecserélni, ez a hivatkozás alapján automatikusan történik, ha létrejön a valódi modell.