

## 4. Alaksajátosságra alapozott geometriai modellezés

A sajátosság alapú modellezés elvi alapjait **M. Bunge** fektette le még az 1990-es évek közepén, aki szerint:

„A fizikai világ dolgokból áll, amelyeket tartalmuktól függetlenül **objektumoknak** tekintünk. Az objektumok sajátosságaikkal jellemezhetők. A **sajátosságok minőségi és mennyiségi jellemzők, illetve azok közötti összefüggések.**”

A tervezés vonatkozásában objektumként értelmezhetők a termékek és azok legkülönbözőbb részei, amíg sajátosságok az ezekhez kapcsolódó jellemzők. A jellemzők viszonyát összefüggések és megszorítások írják le, szabályozzák.

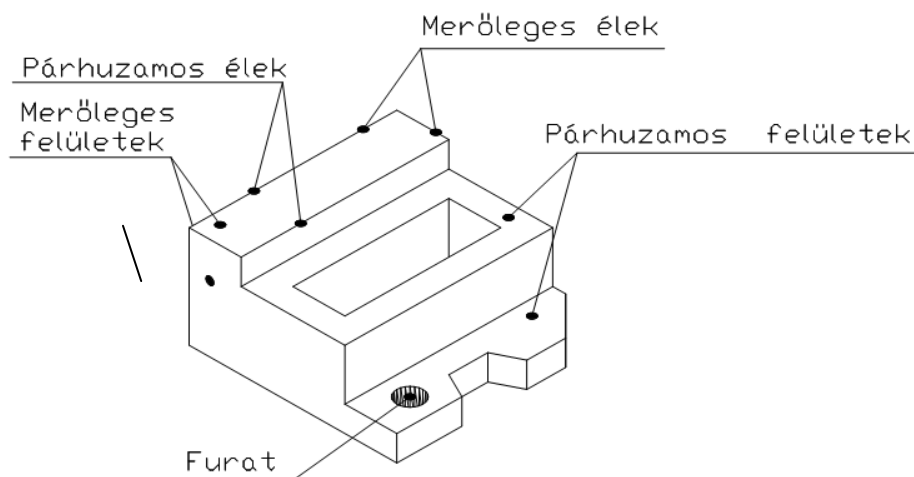
A gépészeti termékek vonatkozásában a geometriai alak az anyagi megvalósítás szempontjából elsődleges fontosságú, ezért természetesnek tűnik, hogy itt a sajátosságot a geometriából származtassuk. A geometriai alak által indukált sajátosságokat **alaksajátosságoknak** nevezzük.

A sajátosságok geometria alapján való származtatása korán sem az egyetlen lehetőség. A sajátosságok ugyanis levezethetők a termék működésének alapját adó természettudományos (fizikai, kémiai, biológiai stb.) jelenségekből is, ezeket **jelenségsajátosságoknak** nevezhetjük.

Az objektumokhoz hasonlóan a folyamatoknak is vannak minőségi és mennyiségi jellemzőik, ezek a **folyamatsajátosságok**. A gépészeti szerkezetek működésére vonatkozó jellemzőket **működéssajátosságokként** foglalhatjuk össze. A továbbiakban az alaksajátosság alapú modellezéssel foglalkozunk.

### 4.1. Az alaksajátosság értelmezése.

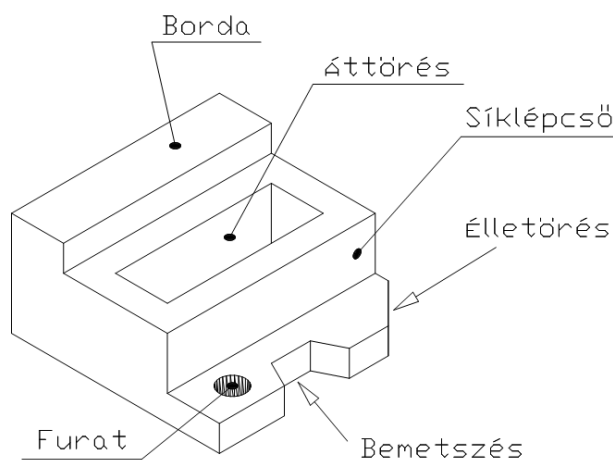
A hagyományos geometriai értelmezés szerint **az alaksajátosságok olyan információhalmaznak tekinthetők, amelyek az alkatrész pontjainak, élleinek, felületeinek logikai összerendelését tartalmazzák.** Erre mutat példát a *4.1. ábra*.



**4.1. ábra.** Az alaksajátosság hagyományos geometriai értelmezése.

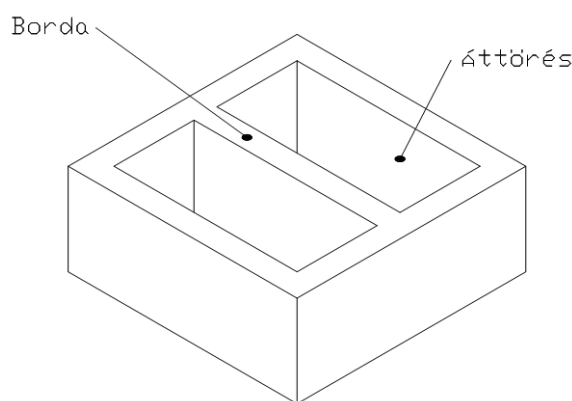
Az alaksajátosságok geometriai értelmezésének egy másik módja, amelyik az alkalmazási vonatkozásokat jobban figyelembe veszi. E szerint **az alaksajátosság olyan geometriai**

**alapegység, amelyik a modellezett objektum alakjának azon adott tartományát képezi, amelyik a termék megvalósítása szempontjából jelentőséggel bír (4.2. ábra).**



**4.2. ábra.** Az alaksajátosság geometriai értelmezése az alkalmazási vonatkozások figyelembe vételével.

Meg kell jegyezni, hogy az alaksajátosságok geometriából kiinduló megközelítése nem egyértelmű. A modell alaksajátosságra bontása ugyanis függ a modell felhasználásának céljától. A 4.3. ábrán példaképpen bemutatott alkatrésznél a konstruktőr számára az objektum egyik sajátossága a tervezési funkciót megvalósító borda. A gyártástechnológus számára viszont az eltávolítandó áttörés a fontos alaksajátosság. Mindkettőt beépítve a modellbe, az túlhatározottá válik. Természetesen két féle szemléletű alaksajátosság megfeleltethető egymásnak.



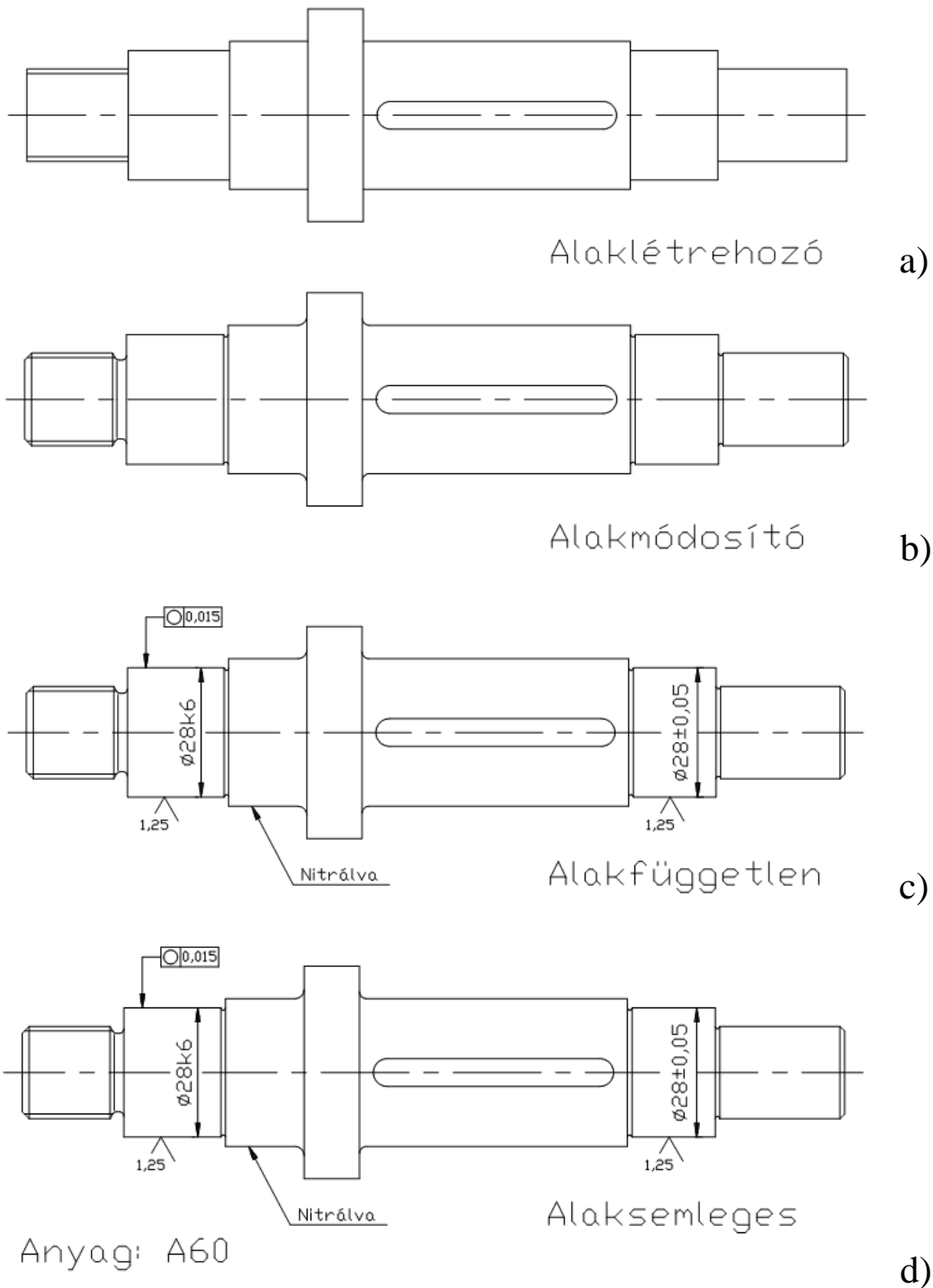
**4.3. ábra.** Példa az alaksajátosság geometriai értelmezésének problémájára.

A geometriai szemléletű alaksajátosság kezelése esetében olyan adatsémákra van szükség, amelyek az alaksajátosságokat önálló alapegységként értelmezik, és lehetővé teszik a geometriai alapegységek összerendelését. Tekintettel arra, hogy a gépészeti alkatrészek geometriája – kevés kivételtől eltekintve (pl. rugó) – állandó, a statikus szemléltetést biztosító geometriai szemléletű alaksajátosság modellezés általánosságban elfogadható.

A geometriai alaksajátosságok modellezésének fejlettebb formái már lehetőséget adnak az alak mellett az attributív információk kezelésére is, ami az első lépés a szemantika-orientáltság felé. Az alaksajátosságok **szemantikai értelmezése** szerint megkülönböztetünk alak-

létrehozó, alakmódosító, alakfüggetlen és alaksemleges típusú alaksajátosságokat. A 4.4. ábrán egy tengely példáján keresztül mutatjuk be az alaksajátosságok szemantikai értelmezését.

Az **alaklétrehozó alaksajátosság** valamely működés teljesítéséhez szükséges zárt alakzatot jelenti. Ezt hordozó alakzatnak is nevezik. A 4.4a ábrán valamennyi tengelyszakasz valamilyen funkciót teljesít. Így például balról jobbra haladva: menetes tengelyvég a csapágyanya elhelyezésére; a mellette lévő tengelyszakasz a csapágy támasztására szolgál; majd a tömítés alatti tengelyszakasz következik. A tengelyváll a jobbról szerelt fogaskereket támasztja, a reteszpálya a nyomaték átvitelére szolgál, stb.



4.4. ábra. Az alaksajátosságok szemantikai értelmezése.

Az **alakmódosító alaksajátosságok** gyárthatóság, szerelhetőség, szilárdsági szempontok stb. alapján módosítják a hordozó sajátosságokat (4.4b ábra). Így a bal oldali menet elején a letörés a csapágyanya szerelését könnyíti meg, a végén a beszúrás a menet gyártását teszi lehetővé. A tengelycsapok végén a beszúrások a köszörűkő kifutását biztosítják, a tengelyvállnál kialakított lekerekítések a tengely szilárdsági viselkedést teszik kedvezőbbé.

Az **alakfüggetlen alaksajátosságok** hozzákapcsolódnak a névleges alakhoz, de annak csak másodlagos módosulását okozzák. Alakfüggetlen alaksajátosságok például a méret- és alaktűrések, felület érdességek és felület kezelések, stb. (4.4c ábra). Ezek az alaksajátosságok felületekhez, felület-csoportokhoz vagy alaksajátosságokhoz rendelvek.

Az **alaksemleges alaksajátosságoknak** nincs közvetlen kapcsolata a geometriával. Ebbe a csoportba sorolható például a modell anyaga (és valamennyi az anyaghoz rendelhető anyagtulajdonság), vagy a hőkezelési előírások, stb. (4.4d ábra). Az alaksemleges alaksajátosságok alkatrészekhez vagy alkatrész-csoportokhoz rendelvek.

Az alkatrészek szemantikaorientált értelmezése az **alkalmazások szemléletéből indul ki**, és elsődlegesnek az alkalmazásban fontos szemantikai tartalmat kifejező információkat tekint.

A szerkezettervezési, vagy más szóval **konstrukciós alaksajátosságok** a szerkezet működését meghatározó geometriai alakzatok. A tervezési tevékenység a működési lehetőségek, feltételek és jellemzők explicit kifejezésére, valamint a szükséges és lehetséges geometriai alakzatok viszonyára összpontosít.

A **gyártástechnológiai alaksajátosságok** a mozgó forgácsoló szerszám által kialakítandó és leválasztandó geometriai alakzatokat írják le. A gyártástechnológiai alaksajátosságokra példát lényegében a 4.2. ábra mutat. A gyártástechnológiai alaksajátosságok a megmunkáláshoz szükséges szerszámokra és berendezésekre is utalnak.

Az alkatrészek, részegységek összeállításbeli viszonyát, kapcsolódásuk minőségét **szerelési alaksajátosságokkal** lehet jellemezni. A szerelési alaksajátosságok lehetnek:

- közvetlen kapcsolatban álló alaksajátosságok;  
(ezek az alkatrészek felületükkel, élükkel, jellemző pontjukkal érintkeznek egymással, vagy egymáshoz képest meghatározott geometriai viszonyban vannak).
- közvetve befolyást gyakorló alaksajátosságok;  
(ezek bentfoglaltságot vagy elrendezési struktúrából adódó térbeli viszonyokat írnak le).
- kezelhetőséget leíró alaksajátosságok;  
(megfogó, szerelő, támasztó eszközök kapcsolódásának lehetséges formáit fejezi ki).

Az **elemzési alaksajátosságok** a numerikus vizsgálathoz alapként használt geometriai modell idealizálhatóságával, a modell megtámasztási és terhelési feltételeivel állnak kapcsolatban. Ennek megfelelően vannak:

- alakhelyettesítő alaksajátosságok;
- hatásközvetítő alaksajátosságok.

Az alaksajátosságok **ontológikus szemléletű** értelmezése jelenleg kutatási fázisban van. Az ontológikus szemlélet értelmezésében a sajátosságok egy termék-leíró nyelv magas szintű alapegységeként jelennek meg.

## 4.2. Alkatrész modellezés

Tervezéskor a végső alak eléréséhez a kezdetben elképzelt alakot többször kell módosítani. Erre azért van szükség, mert az alakkal szemben vannak funkcionális, szilárdsági, minőségi, gyárthatósági, szerelhetőségi stb. követelmények, amelyek megvalósítása, ellenőrzése csak külön – legjobb esetben is csak párhuzamosan – végezhető el. Ma már követelmény, hogy a CAD rendszerek támogassák a konstrukcióváltozások interaktív előállítását. Ezt az elvárást – mai ismereteink szerint – az alaksajátosság alapú programok elégítik ki, amikor is a modellt geometriai- és méret kényszerek határozzák meg.

A ma forgalomban lévő 3D-s modellező rendszerek kivétel nélkül alaksajátosságokra alapozott, parametrikus modellezők. Az alaksajátosságokra alapozott parametrikus tervező programok legismertebb, legelterjedtebb szoftverei: Mechanical Desktop, Inventor, Solid Works, Solid Edge, Pro Engineer, Catia, NX, Ideas. Mindegyik rendszernek egyik alapvető modulja az alkatrésztervezés.

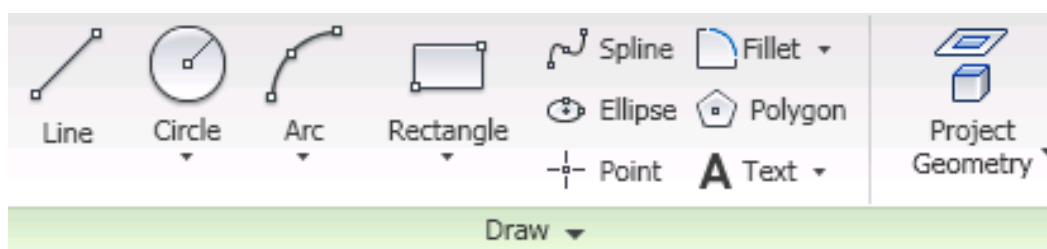
Az alkatrész modellezés főbb

- vázlatkészítés, a vázlat geometriai és méretkényszerekkel való ellátása;
- bázis, és további alaksajátosságok létrehozása anyag hozzáadásával vagy elvételével;
- az alkatrész módosítása;
- anyag, és esetlegesen más attributív információk hozzárendelése.

### 4.2.1. Vázlatkészítés

Az alkatrésztervezés első munkafázisa a vázlat létrehozása, geometria és méretkényszerekkel való ellátása. A vázlatolás kétdimenziós munka, és a vázlat rajzelemeit geometria kényszerek kapcsolják egymáshoz.

A vázlatkészítés 2D-s munka, és az ún. **vázlatsíkon** zajlik. A vázlatkészítéshez rendelkezésre álló alapvető parancsokat, eljárásokat a 4.5. – 4.8. ábrák mutatják. A 4.5. ábra a rajzoló parancsokat foglalja össze.

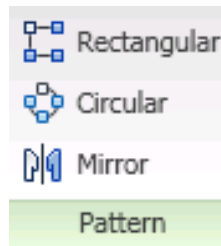


4.5. ábra. A vázlatkészítés rajzoló parancsai.

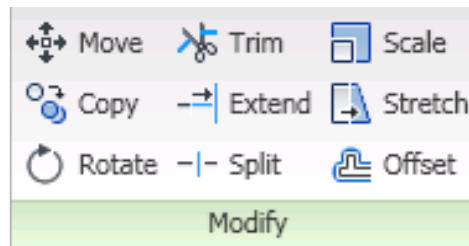
A vázlatkészítés egyszerű geometriai elemei: a **Line** (vonal), **Circle** (kör), **Arc** (ív), **Rectangle** (téglalap), **Spline** (splájn), **Ellipse** (ellipszis), **Point** (pont), **Fillet** (lekerekítés / letörés), **Polygon** (sokszög) és a **Text** (szöveg, amelyik lehet egysorú, vagy rajzelemre illesztett). Fontos eleme a vázlatkészítésnek a **Project Geometry** parancs, amelyik segítségével a már meglévő alaksajátosságok éleit, kontúr vonalait lehet a vázlatsíkra vetíteni.

A rajzelemeket sokszorozó parancsok a 4.6. ábrán láthatók. Ezek rendre: **Rectangular** (négyzetgletes kiosztás), **Circular** (poláris kiosztás), **Mirror** (tükrözés). A 4.7. ábra a vázlat üzemmódban alkalmazható szerkesztő parancsokat mutatja. Ezek: **Move** (mozgat), **Copy**

(másol), **Rotate** (forogat), **Trim** (metsz), **Extend** (meghosszabbít), **Split** (zárt görbe metszése), **Scale** (léptékez), **Stretch** (nyújt), **Offset** (párhuzamos)



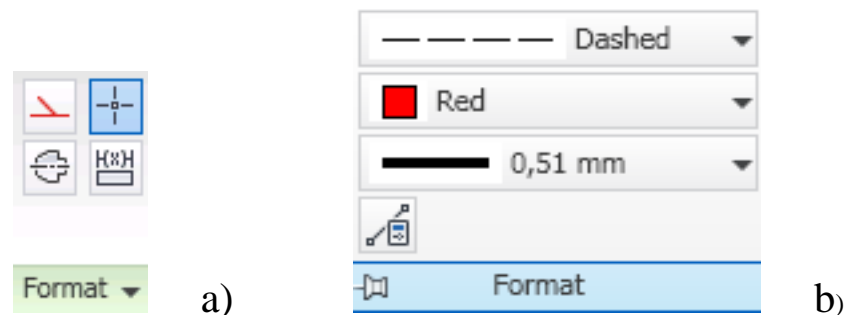
4.6. ábra. Rajzelemeket sokszorozó parancsok.



4.7. ábra. A vázlat üzemmód szerkesztő parancsai.

A 4.5. – 4.7. ábrákon bemutatott parancsok a 2D-s szerkesztő programokból (pl. AutoCAD) többnyire már ismertek.

A vázlatkészítési munkát a **Format** parancscsoport parancsi segítik (4.8. ábra). A 4.8a ábra szerinti opciók bekapcsolásával **szerkesztő vonalat**, **szimmetria tengelyt** és **középpontot** lehet rajzolni. Ezek a rajzelemek nem lesznek részei a vázlatnak, csupán a szerkesztő munkát segítik. A 4.8b ábra szerint a vázlat síkon használ vonalak típusát, színét, vonalvastagságát lehet beállítani.

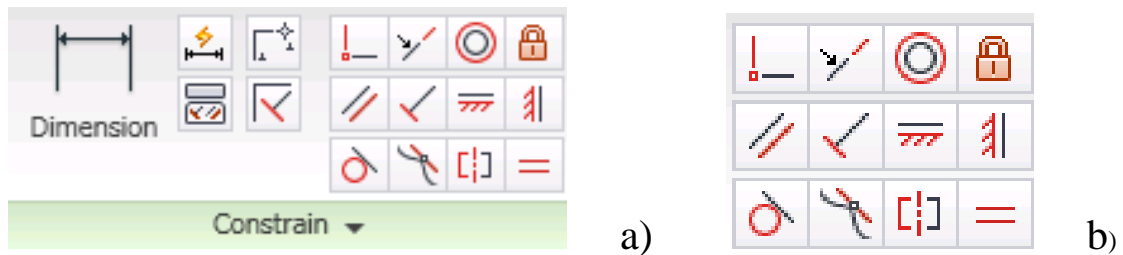


4.8. ábra. A vázlatolást segítő tulajdonság beállító parancsok.

A vázlatot, amelyiknek sem alakilag, sem méretileg nem kell pontosnak lennie, geometriai és méret kényszerekkel lehet határozottá tenni, más kifejezéssel profillá alakítani. A geometriai és méret kényszerek teremtik meg a vázlat rajzelemei között a logikai kapcsolatrendszert.

A szokásosan használt kényszereket a 4.9. ábrán mutatjuk be, az ábra jobb oldalán kiemelve a geometriai kényszereket. A geometriai kényszerek (soronként haladva) rendre (4.9b ábra): **Coincident** (ráeső, egybeeső), **Collinear** (egy egyenesbe eső), **Concentric** (koncentrikus), **Fix** (pont vagy rajzelem rögzítése a vázlat síkon), **Parallel** (párhuzamos), **Perpendicu-**

**lar** (merőleges), **Horizontal** (vízszintes), **Vertical** (függőleges), **Tangent** (érintő), **Smooth** (simítás, splájn és egy másik rajzelem érintőfolytonos összesimítása), **Symmetric** (szimmetrikus), **Equal** (egyenlő, méretek egyenlővé tételére).



4.9. ábra. a) A kényszerek összefoglaló táblázata; b) kiemelve a geometriai kényszerek.

A **Dimension** (méretezés) parancs (4.9a ábra) szolgál a méretkényszerek megadására.



Az **Automatic dimensions** (automatikus méretezés) parancs a vázlat, illetve a vázlat kijelölt részeinek automatikus méretkényszerekkel való ellátására szolgál.

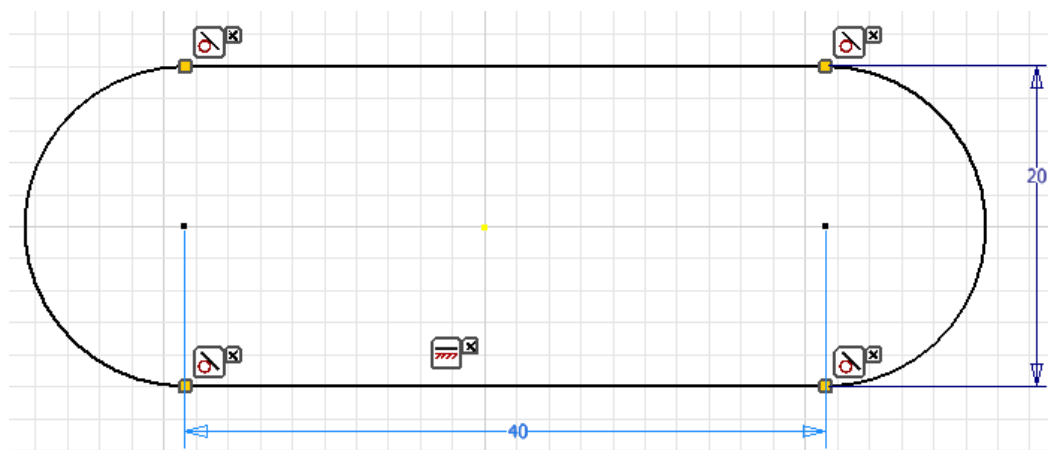


Az **Automatic dimensions** (automatikus méretezés) parancs a vázlat, illetve a vázlat kijelölt részeinek automatikus méretkényszerekkel való ellátására szolgál.



A **Constraint Inference** (automatikus kényszerezés) opció bekapcsolásával a vázlatkészítés során a kényszereket a program automatikusan helyezi el a vázlaton.

A 4.10. ábrán – példaképpen – egy geometriai és méretkényszerekkel ellátott határozott profilvázlatot mutatunk be. A vázlat 4 ráeső kényszerrel (sárga pontok az egyenesek és az ívek találkozásánál), 4 érintő kényszerrel rendelkezik, és e mellett az alsó él vízszintesre van beállítva. A vázlatot 2 méretkényszer teszi határozottá.



4.10. ábra. Határozott profilvázlat. Példa a geometriai- és méretkényszerek alkalmazására.

Néhány megjegyzés a vázlatkészítéssel kapcsolatban:

- Csak geometriai kényszerek alkalmazásával a profilvázlat nem tehető határozottá, a teljes határozottsághoz legalább egy méret megadásra is szükség van.
- A geometriai kényszerek megtekinthetők, törölhetők, módosíthatók.

- A geometriai- és méretkényszerek egymást kiválthatják, illetve egymást helyettesíthetik.
- A geometriai kényszerek megtekinthetők, törölhetők, módosíthatók.
- A programok a vázlat túlhatározottá tételét általában nem engedik meg.
- A méretkényszerek megadhatók numerikus konstansként vagy egyenlet formájában, tervezési összefüggésként. Az egyenlet alkalmazása akkor kívánatos vagy szükséges, amikor a geometriai méretek között egyenletekkel teremthetünk kapcsolatot, azaz egy adott geometriai elem mérete egy másik geometriai elem méretétől függ. (4.11. ábra).



4.11. ábra. Példa a méretkényszer egyenlettel való megadására.

- Egyes programok a vázlatolást automatikus kényszerezéssel is segítik megfelelő kapcsoló bekapcsolásával.

Egy profil lehet nyitott vagy zárt profil. Nyílt profillal készült vázlatokat jellemzően felületek kialakítására, zárt profilokat pedig testek készítésére használjuk..

Nem határozott profilvázlatból is lehet alaksajátosságot létrehozni, de semmiképpen sem javasolható, mert az alaksajátosság módosításakor a modell széteshet.

#### 4.2.2. Alaksajátosságok létrehozása

Az első profilvázlat elkészülte után létrehozható az első alaksajátosság, amit **bázis alaksajátosságnak** is szokás nevezni. A bázis alaksajátossághoz halmaz kompozíciós műveletekkel kapcsoljuk hozzá a további alaksajátosságokat. A **kompozíciós műveletek** közé tartozik – mint azt a 3.4. fejezetben már részletesen tárgyaltuk – az **egyesítés (union)**, amelyik két alaksajátosság pontthalmazait kapcsolja össze; a **kivonás (difference)**, amelyik két pontthalmaz különbségét képezi; és a **közösrész-képzés (intersection)**, amelyik mindkét alaksajátosságban megtalálható közös pontthalmazt határozza meg.

Az alaksajátosságok alapvetően három jellegzetes csoportba sorolhatók be:

- vázlatra épülő alaksajátosságok;
- elhelyezett alaksajátosságok;
- sokszorozással létrehozott alaksajátosságok;
- munka alaksajátosságok.

##### 4.2.2.1. Vázlatra épülő alaksajátosságok

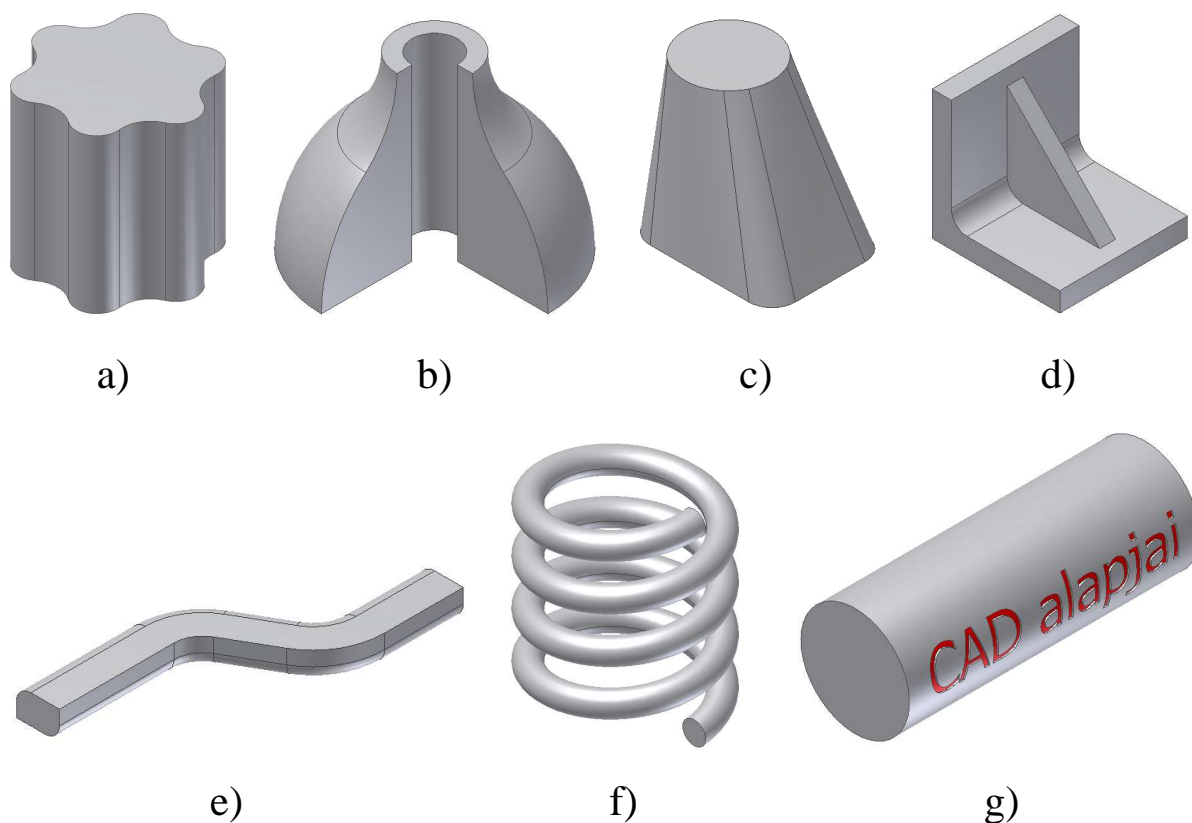
A **vázlatra épülő alaksajátosságok** az előzetesen létrehozott vázlatokból állíthatók elő. Az elsőnek létrehozott alaksajátosság – ún. bázis alaksajátosság – csak vázlatra épülő lehet.

A vázlatra épülő alaksajátosságok parancsait a 4.12. ábra foglalja össze. Ezek a parancsok rendre: **Extrude** (kihúzás), **Revolve** (megforgatás), **Loft** (pásztázás), **Sweep** (söprés), **Rib** (borda), **Coil** (spirál), **Emboss** (domborítás). A vázlatra épülő alaksajátosságokra egy-egy példát a 4.13 ábrán mutatunk be.





4.12. ábra. Vázlatra épülő alaksajátosságok.



4.13. ábra. Egy-egy példa a vázlatra épülő alaksajátosságokra. a) kihúzás; b) megfor-gatás; c) páasztázás; d) borda; e) söprés; f) spirál; g) vetítés.

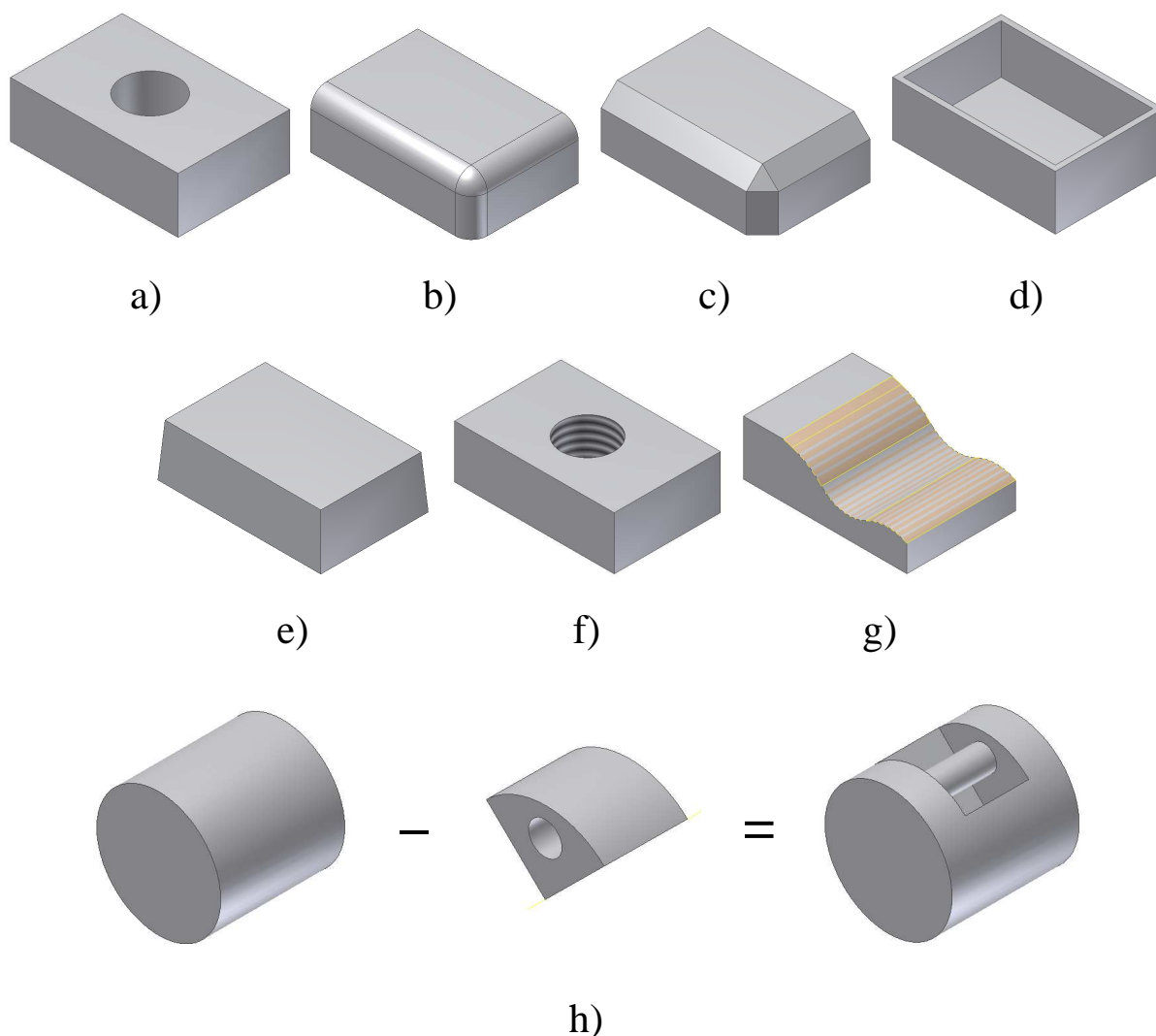
#### 4.2.2.2. Elhelyezett alaksajátosságok

A tervezői gyakorlatban gyakran ismétlődő formaelemek (pl. furat, lekerekítés, élettörés stb.) elhelyezéséhez nem kell külön vázlatot készíteni, hanem előre definiált alaksajátosság-ként, a méretek megadása után közvetlenül elhelyezhetők a modellben. Ezeket az alaksajátos-ságokat **elhelyezett alaksajátosságoknak** nevezik. Ezzel az eljárással lényegesen gyorsítani lehet a tervezés folyamatát. (Megjegyezzük, hogy az elhelyezett alaksajátosságok természetesen vázlatra épülő alaksajátosságokként is létrehozhatók.

Az elhelyezett alaksajátosságok parancsait a 4.14. ábra foglalja össze. Ezek a parancsok rendre: **Hole** (furat), **Fillet** (lekerekítés), **Chamfer** (letörés), **Shell** (héj), **Draft** (kilökési ferdeség), **Thread** (menet), **Split** (szétvágás), **Combine** (összevonás), **Move Face** (felület mozgá-tása), **Copy Object** (objektum másolása), **Move Bodies** (testek mozgatása). Az elhelyezett alaksajátosságokra egy-egy példát a 4.15 ábrán mutatunk be.



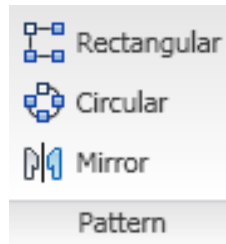
4.14. ábra. Elhelyezett alaksajátosságok.



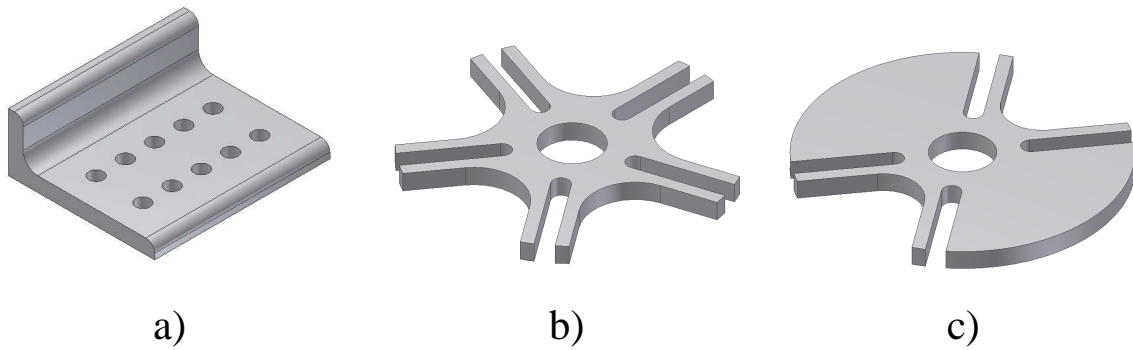
4.15. ábra. Egy-egy példa az elhelyezett alaksajátosságokra. a) furat; b) éllekerekítés; c) éllétörés; d) héj képzés; e) kilökési ferdeség; f) menet; g) szétvágás; h) alkatrészek közötti halmazműveletek.

#### 4.2.2.3. Sokszorozással létrehozott alaksajátosságok

A sokszorozással létrehozott építőelemek alapja egy korábban elkészített alaksajátosság, amelyet a program egy mintázat szerint helyez el. A sokszorozással létrehozott alaksajátosságok parancsait a 4.16. ábra foglalja össze. Ezek a parancsok rendre: **Rectangular** (négyzetes kiosztás), **Circular** (poláris kiosztás), **Mirror** (tükrözés). A sokszorozással létrehozott alaksajátosságok egy-egy példát a 4.17 ábrán mutatunk be.



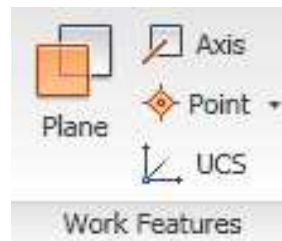
4.17. ábra. Sokszorozással létrehozott alaksajátosságok.



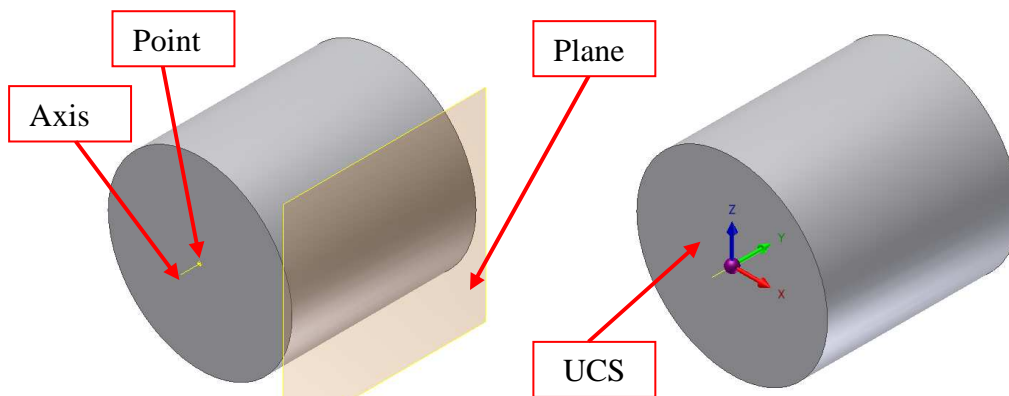
4.18. ábra. Egy-egy példa a sokszorozással létrehozott alaksajátosságokra. a) négy-szögletes kiosztás; b) poláris kiosztás; c) tükrözés.

#### 4.2.2.4. Munka alaksajátosságok

A munka alaksajátosságok közvetlenül nem részei az alkatrésznek, csak segítik a modellest. A munka alaksajátosságok parancsait a 4.19. ábra mutatja. Ezek rendre: **Plane** (munkasík), **Axis** (munkatengely), **Point** (munkapont), **UCS** (felhasználói koordináta rendszer. A munka alaksajátosságokat a 4.20. ábra mutatja be.



4.19. ábra. Munka alaksajátosságok.



4.20. ábra. Egy-egy példa a munka alaksajátosságokra.

**Munkapont** létrehozható egy pont megadásával (sarokpont, él felezőpontja, geometriai pont megjelölése, kör, ív középpontja), két egyenes vagy három sík metszéspontjaként, egyenes és sík metszéspontjaként.

**Munkatengely** létrehozható két pont megjelölésével (ez lehet munkapont, sarokpont, felezőpont, középpont), egy pontból egy felületre bocsájtott merőlegesként, egy adott ponton egy adott éllel húzott párhuzamosként, egy forgásfelület tengelyeként, egy tetszőleges él megjelölésével, két sík metszéspontjaként.

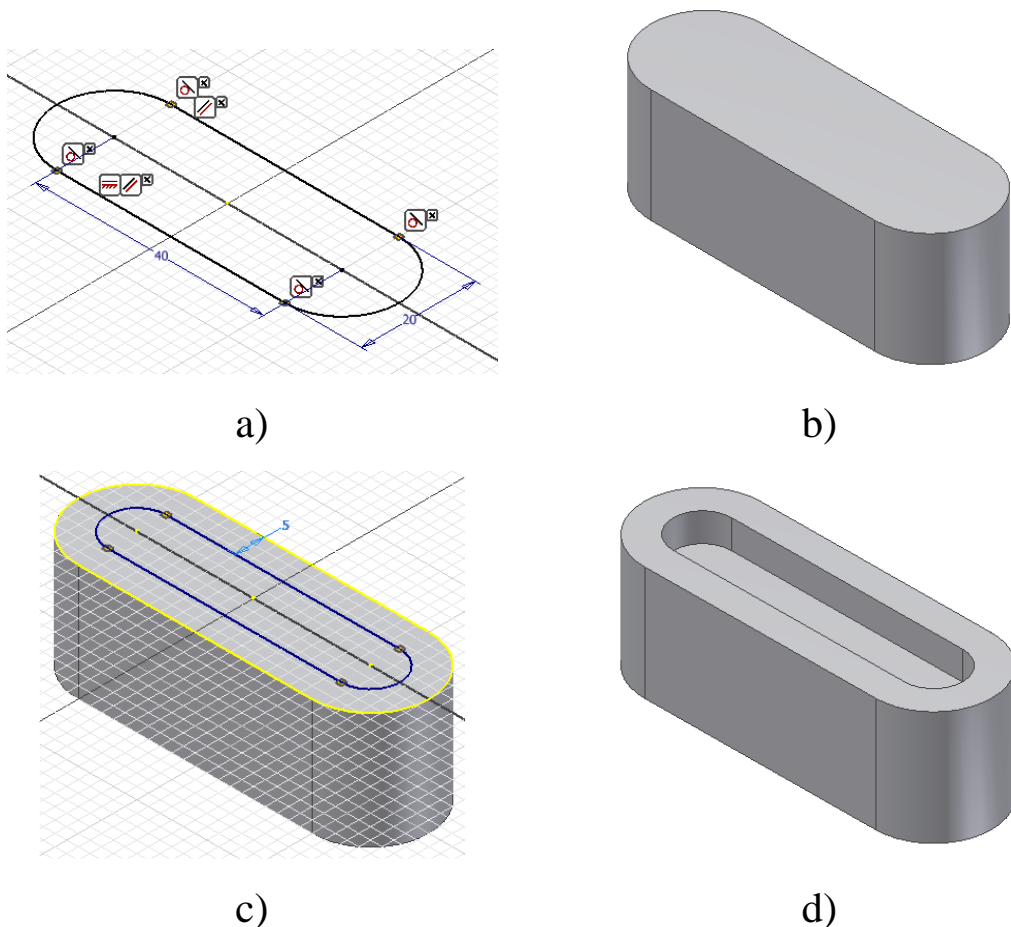
**Munkasík** létrehozható három pont megadásával, egymást metsző két egyenes megjelölésével, egy adott sík megjelölésével, illetve ezzel párhuzamosan, egy adott síkkal párhuzamosan egy forgástestet érintve.

Egy alkatrészhez tetszőleges számú munka alaksajátosság rendelhető hozzá, vázletsík viszont mindig csak 1 lehet.

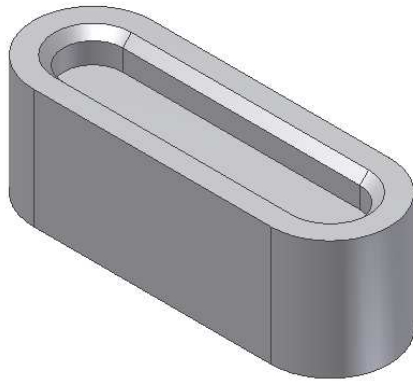
A munka alaksajátosságok használata nélkül elképzelhetetlen lenne bármely parametrikus modellező rendszer hatékony használata, ezért ezek kötelező módon meg is találhatók minden szoftver típusban.

### 4.2.3. Modell történet

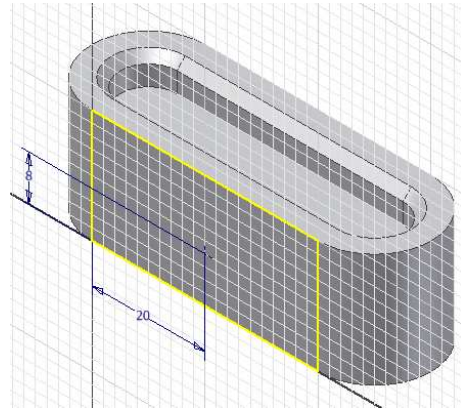
Egy egyszerű alkatrész kialakításának sorrendjét a 4.21. ábrán mutatjuk be. Első lépésként a bázis alaksajátosság profilvázlatát kell kialakítani (4.21a ábra). A vázletsík az  $x$ - $y$  sík. Az ábrán bejelöltük a geometriai- és méret kényszereket. A bázis alaksajátosságot kihúzással állítjuk elő (4.21b ábra).



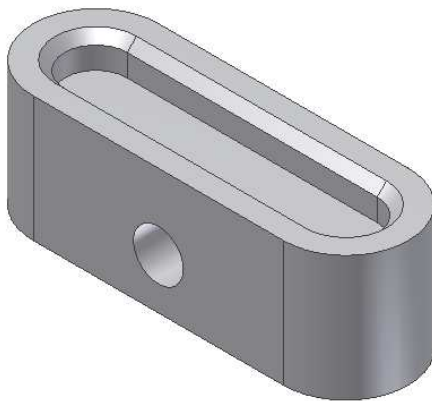
4.21. ábra. Egyszerű alkatrész létrehozása.



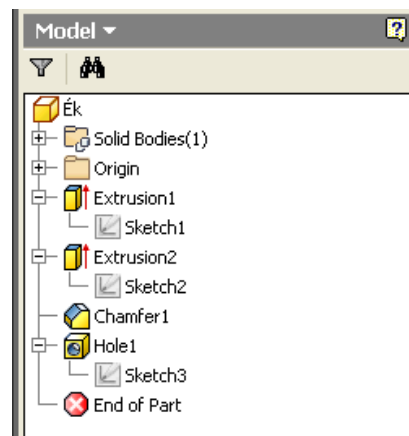
e)



f)



g)



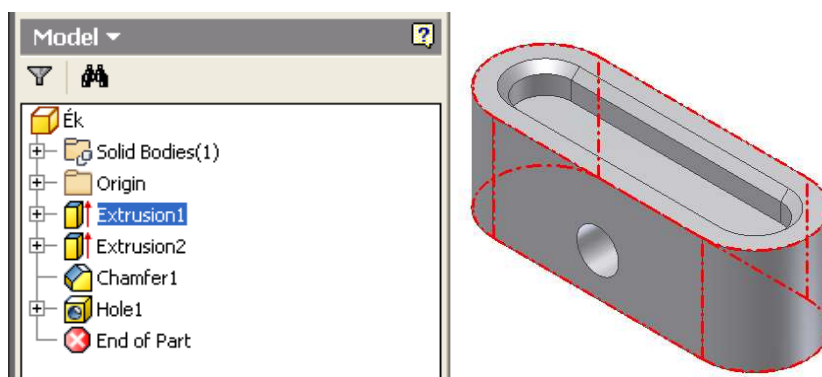
h)

**4.21. ábra folytatása.** Egyszerű alkatrész létrehozása.

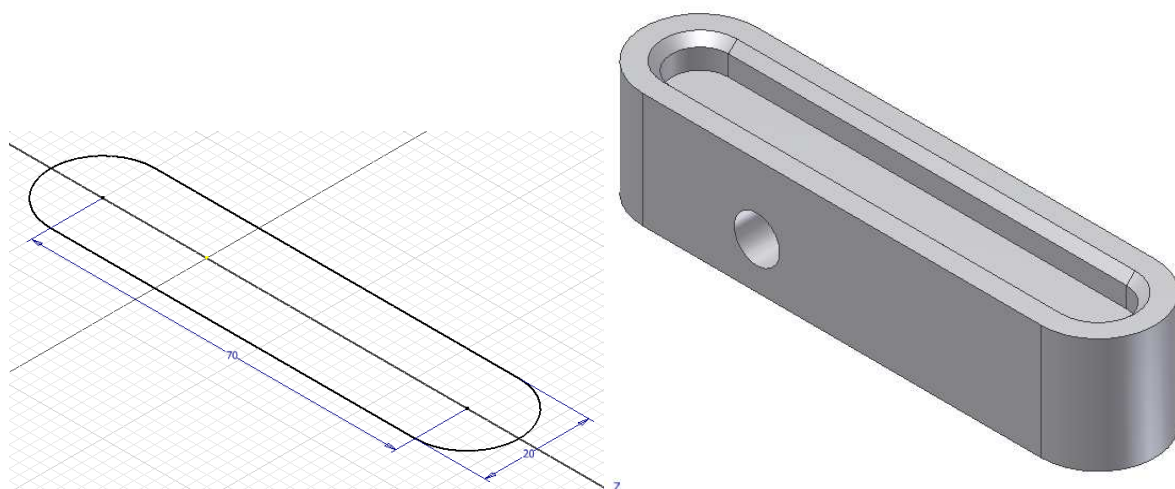
Az új vázratsíkot a bázis alaksajátosság felső lapján vesszük fel, és az offset parancs segítségével hozzuk létre az új profilvázlatot (4.21c ábra). A második vázlatra épülő alaksajátosságot ismét kihúzással hozzuk létre kivonásos üzemmódban (4.21d ábra). A belső élet le-törjük egy elhelyezett alaksajátosság segítségével (4.21e ábra). Az oldalsó furat elkészítéséhez az oldalfelületen kell felvenni egy vázratsíkot, a furatközéppont kijelöléséhez (4.21f ábra). Az Ø8-as furatot a „furat” elhelyezett sajátossággal hozzuk létre (4.21g ábra).

A modell létrehozásának sorrendjét, az ún. **modell történetet** a program az áttekintőben (**browser**) mutatja ((4.21h ábra). Az áttekintő megmutatja, hogy a modell milyen alaksajátosságokból épül fel, milyen sorrendben, és az egyes alaksajátosságok mely vázlatra épülnek. Mindezek mellett az áttekintő nem egy passzív leírás, hanem a megfelelő sor kijelölésével javítani, módosítani lehet az alaksajátosságot vagy a profilvázlatot.

A 4.22. ábrán egy módosítás folyamatát mutatjuk be. Példaképpen a 4.21a ábra szerint 40 mm-es hosszt kell 70 mm-re módosítani. Ehhez a bázis alaksajátosságot kijelölve, és ennek a vázlatát kiválasztva (4.22a ábra), egyetlen méret átírásával a módosítás elvégezhető. Az eredményt a 4.22b ábra mutatja. A szinte egyetlen kattintásra elvégezhető módosítást az alaksajátosságok alkalmazása teszi lehetővé, azaz a geometriai elemek közötti logikai kapcsolat rendszer.



a)



b)

4.22. ábra. Az alkatrész egy paraméterének módosítása.

#### 4.2.4. Parametrikus alkatrész modellezés

Az alkatrész modellező szoftverek fontos tulajdonsága, hogy az alkatrészek létrehozásakor, a felhasznált méretek automatikusan táblázatba íródnak, és a program minden mérethez külön kódot rendelnek. Ezeknek a kódoknak másodlagos elnevezést is lehet adni. Egy ilyen kódtáblára mutat példát a 4.23. ábra. A táblázat első oszlopában a másodlagos elnevezésű kódok láthatók. A másodlagos elnevezéssel tervezői összefüggések írhatók le. Így például alaplátméretnek választva az „alapkör\_átmérő” (10 mm), további méretek összefüggésekkel kifejezhetők:

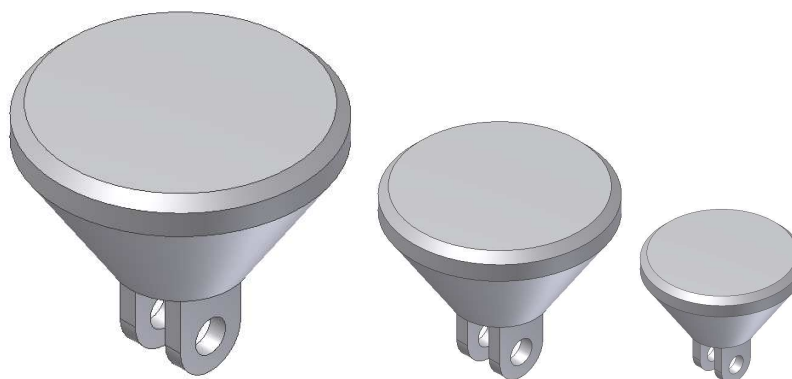
$$\begin{aligned} \text{Magasság} &= 2,7 * \text{Alapkör\_átmérő} \\ \text{Fejkör\_átmérő} &= 2,4 * \text{Alapkör\_átmérő} \\ \text{Öv\_magasság} &= 0,6 * \text{Alapkör\_átmérő} \\ \text{Furat\_helyzet\_1} &= 1,0 * \text{Alapkör\_átmérő} \dots \end{aligned}$$

A relációk előírhatók közvetlenül a paraméter táblában, vagy akár egy Excel fájlban, amit a paraméter listához lehet rendelni. Az alaplátméret megváltoztatásával automatikusan módosul az alkatrész többi mérete. A parametrikus modellezés eredményére mutat példát a 4.24. ábra.

Parameter Name	Unit	Equation	Nominal Value	Tol.	Model Value		Comment
User Parameters							
I:\KK_Munkák\Ára...							
Alapkör_átmérő	mm	10 mm	10,000000	●	10,000000	<input type="checkbox"/>	
Magasság	mm	27 mm	27,000000	●	27,000000	<input type="checkbox"/>	
Fejkör_átmérő	mm	24 mm	24,000000	●	24,000000	<input type="checkbox"/>	
Őv_magasság	mm	6 mm	6,000000	●	6,000000	<input type="checkbox"/>	
Furat_helyzet_1	mm	10 mm	10,000000	●	10,000000	<input type="checkbox"/>	
Fül_sugár	mm	6 mm	6,000000	●	6,000000	<input type="checkbox"/>	
Furat_helyzet_2	mm	6 mm	6,000000	●	6,000000	<input type="checkbox"/>	
Fül_szélesség_1	mm	12 mm	12,000000	●	12,000000	<input type="checkbox"/>	
Fül_szélesség_2	mm	6 mm	6,000000	●	6,000000	<input type="checkbox"/>	
Furat_átmérő	mm	6 mm	6,000000	●	6,000000	<input type="checkbox"/>	
Letörés	mm	2 mm	2,000000	●	2,000000	<input type="checkbox"/>	

Display only parameters used in equations  
 Add Link Reset Tolerance + ▲ ● - Done

4.23. ábra. Parametrikus alkatrész modellezés kód táblája.



4.24. ábra. Példa a parametrikus alkatrész modellezés használatára.

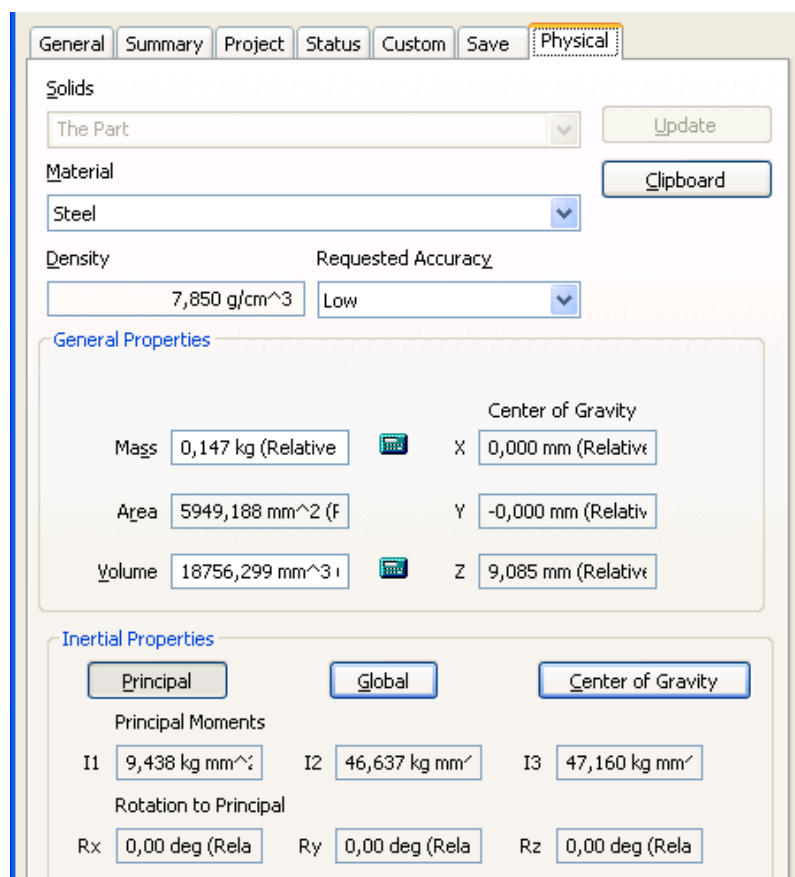
#### 4.2.5. Attributív információk

Az alkatrészhez számos attributív információ rendelhető. Ezek többek között a vállalat neve, a gyártmány és az alkatrész neve, a tervező, szerkesztő, jóváhagyó neve, a létrehozás, módosítás dátuma, rajzszám, stb. De az attributív információk közül talán a legfontosabb az alkatrész anyagának megadása. Az anyag a programokhoz rendelt adatbázisból választható ki, amelyik adatbázis a felhasználó által bővíthető.

Az adatbázis anyaghoz rendelt fizikai és mechanikai jellemzőket is tartalmaz. Ezek közül a sűrűség segítségével határozható meg az alkatrész tömege, a tömegközéppontjának helye, a különböző koordináta rendszerekben számolt tehetetlenségi nyomatéka, stb. A 4.25. ábra – példaképpen – egy olyan tulajdonság ablakot mutat, ahol egy acélból készült alkatrész számított mechanikai jellemzői láthatók.

Az egyéb mechanikai jellemzők, mint például a rugalmassági modulus, szakító szilárdság, folyáshatár, hővezetési tényező, fajhő, stb. a mérnöki és numerikus számításokhoz szolgálhatnak anyagjellemző adatokul.

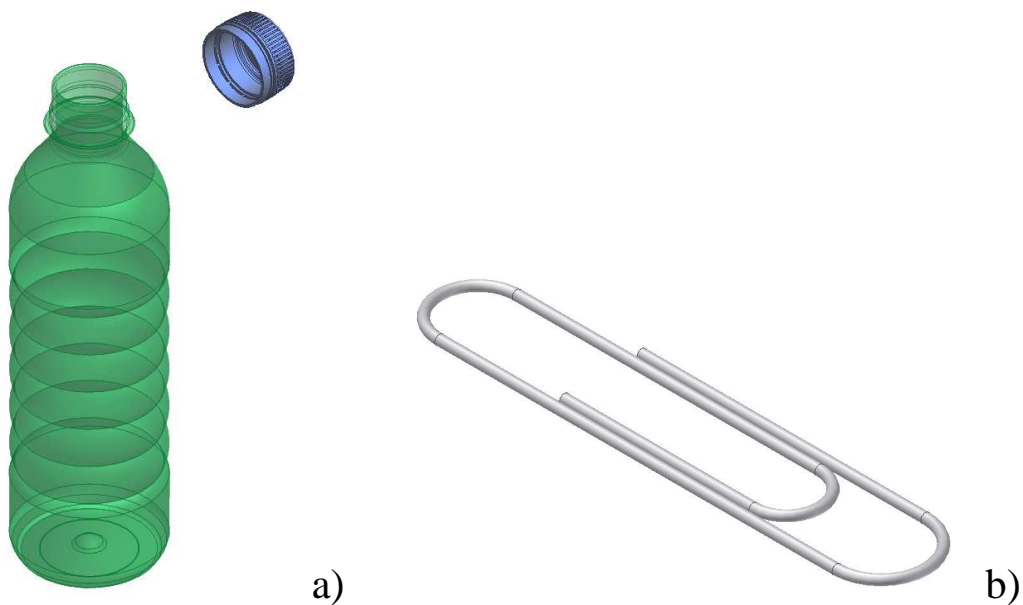
Az anyagadatbázis természetesen nyitott, a felhasználó tetszés szerint bővítheti saját használatú anyagainak bevitelével.



4.25. ábra. Egy alkatrész mechanikai jellemzői.

#### 4.2.6. Néhány példa az alkatrész modellezés keretében létrehozott alkatrészekre

A 4.26. ábra a megforgatás és a söprés alaksajátosság alkalmazására mutat egy-egy példát.



4.26. ábra. a) megforgatás alaksajátossággal létrehozott PED palack és záró kupakja;  
b) söprés alaksajátossággal létrehozott gémpapoc.

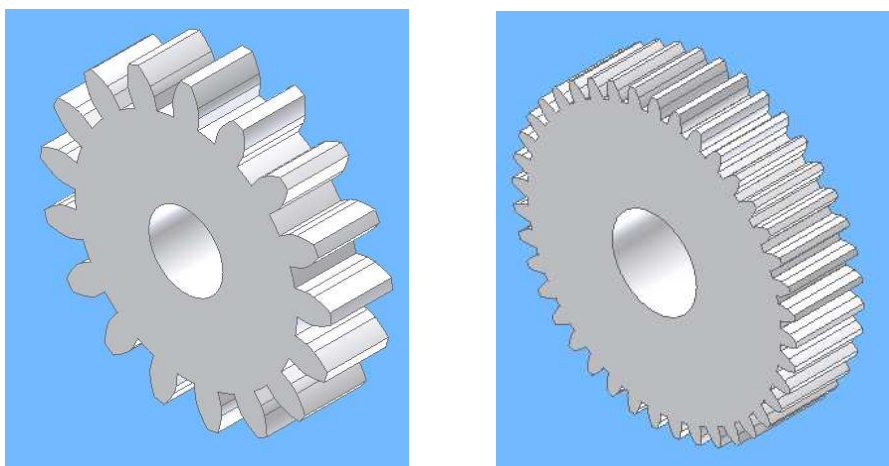


A 4.27. ábrán pásztázással létrehozott bútorfogantyú látható. A pásztázás különösen alkalmas arra, hogy szép kialakítású, formatervezett felületeket hozzunk létre. A szép felületek kialakítását segíti az ún. zebracsíkos vizuális esztétikai vizsgálat.



**4.27. ábra.** Pásztázással létrehozott bútorfogantyú, és a felület zebracsíkos esztétikai vizsgálata.

A 4.28. ábra a parametrikus modellezés jó példája. A paraméter tábla úgy van felépítve, hogy a fogszám és modul megadásával a program generálja a fogaskerék alkatrészt.

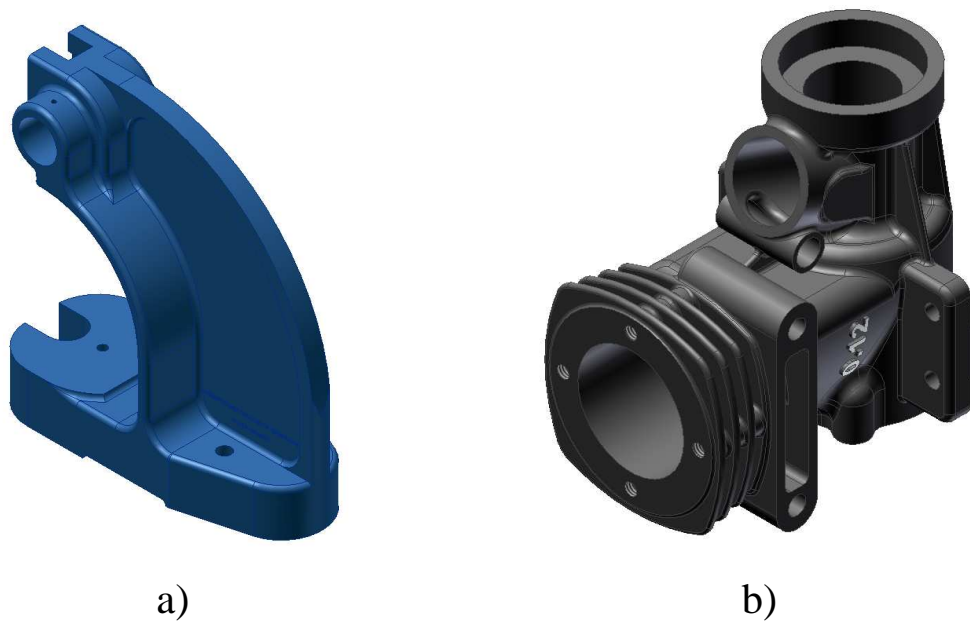


**4.28. ábra.** Példa a parametrikus modellezés alkalmazására.

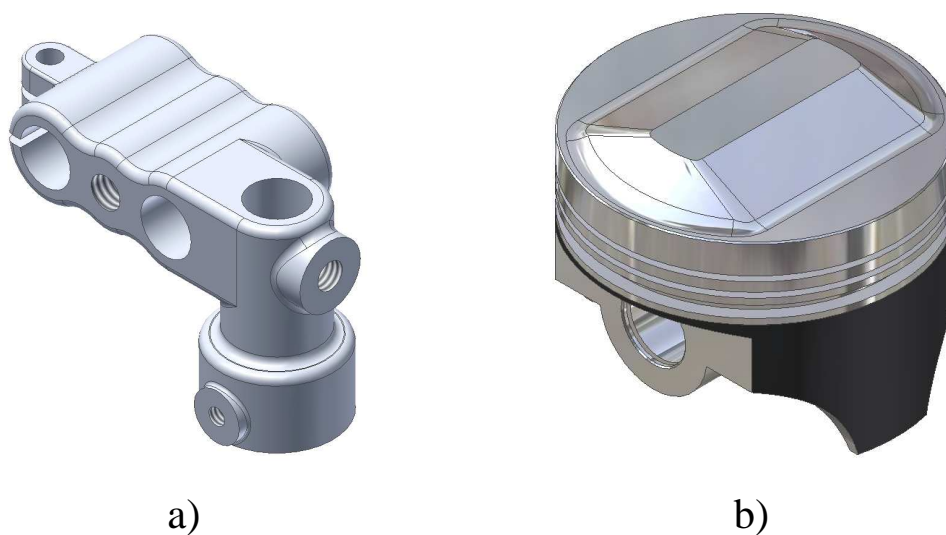
Két öntött alkatrész látható a 4.29. ábrán. A bal oldali egy kis kézi sajtoló szerszám állványa, a jobb oldali egy kis kompresszor hengere hűtőbordákkal. Mindkét alkatrészen jól láthatók az öntvényhelyes kialakítás jellemzői.

A 4.30. ábrán egy csőszorító tartót és egy nagy fordulatszámú robbanómotor dugattyúját mutatjuk be. És végül a 4.31. ábrán egy formatervezett autófelni látható.

Számos gépszerkezeti elem készül lemezből. A lemezalkatrészek tervezés az alkatrész modellezés önálló fejezete, a lemezhajlítás, kivágás, mélyhúzás, kiterítés stb. speciális lemezparancsokkal. A lemezalkatrészek modellezéséhez használt parancsok messzemenően figyelembe veszik a lemez megmunkálási technológiáját. A 4.32. ábrán példaképpen két lemezalkatrészt mutatunk be.



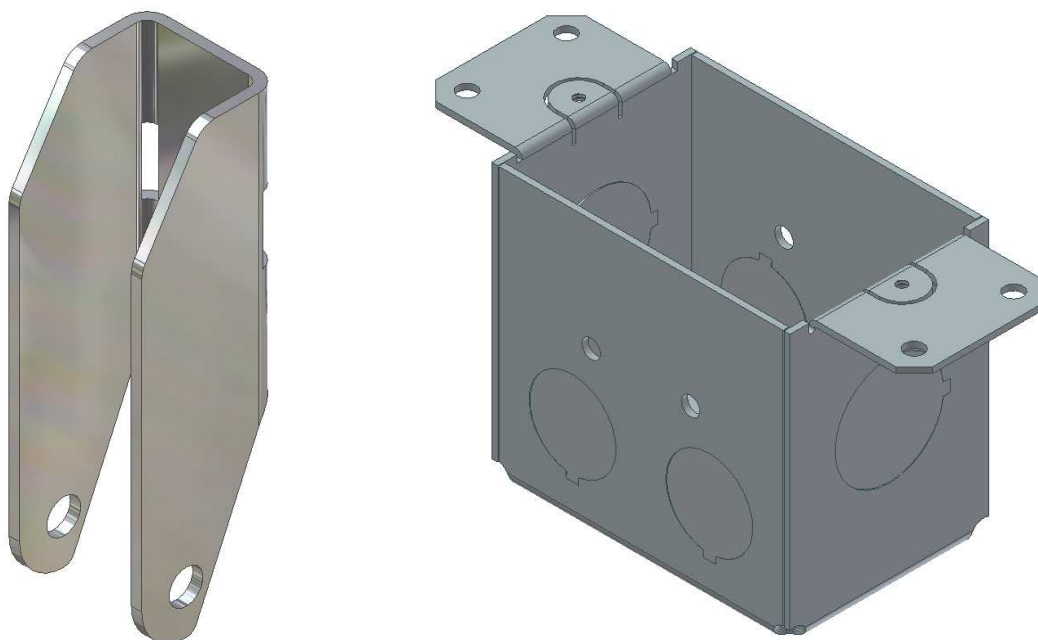
**4.29. ábra.** Öntött alkatrészek. a) kézi sajtoló szerszám állványa; b) kompresszor ház.



**4.30. ábra.** a) csőtartó; b) robbanómotor dugattyú.



**4.31. ábra.** Egy formatervezett autófeln.



4.32. ábra. Két példa a lemezekből kialakított alkatrészekre.

### 4.3. Az alkatrész modellezés fejlesztési irányai

**Hagyományos modellezés.** A leginkább elterjedt modellezési mód, amelyik a kezdektől fogva lehetővé teszi a felhasználónak a *modelltörténeten alapuló, alaksajátosságokkal rendelkező, parametrikus* modellezést. Ez ugyanakkor hibrid megoldás is, mert egy alkatrészen egyszerre használhatóak a *szilárdtestmodellezés* és a *felületmodellezés* eszközei. Az alaksajátosságok (kihúzás, kivágás, stb.) létrehozását általában megelőzi egy vázlat, amely az alaksajátosságok alapjául szolgál. A vázlat módosítása fog visszahatni a testre, ami egyben az alaksajátosságok hierarchikus kapcsolatát jelenti, amit a modelltörténet testesít meg. A modelltörténet elején lévő alaksajátosság szerkesztése az őt követő elemek újraszámítását eredményezi.

A hagyományos modellező rendszerek jellemzői:

- minden építőelem (geometriai és méretkényszerek) módosítható;
- a modellt paraméterek vezérlik;
- a modelltörténet magán viseli a tervező látásmódját.

A hagyományos modellező rendszerek hátrányai:

- a módosításhoz a modellt és a modelltörténetben szereplő minden alaksajátosságot ismerni, értelmezni kell;
- a modelltörténet elején lévő alaksajátosságok módosítása az egész modell újraszámolását igénylik;
- helytelen módosítás következtében a modell könnyen szétesik.

A tervezőrendszerek fejlesztésének egy másik irányaként az ún. **explicit modellező rendszerek** jöttek létre. Az iparban jelentős szerepet nem tudtak/tudnak betölteni a modelltörténet alapú rendszerekhez képest.

Az explicit modellező rendszerek jellemzői:

- középpontban a modell áll, a modellt létrehozó lépések sorrendje elveszti a jelentőségét;
- a modell rugalmas, módosításkor nincs újraszámolás;
- a 30 – 50 %-kal kisebb fájl méret;
- más rendszerekből származó elemek viszonylag egyszerűen lekezelhetők.

Az explicit modellező rendszerek hátrányai:

- nincsenek alaksajátosságok;
- módosításkor a paraméterek használata korlátozott;
- a tervezési folyamat egyes lépései nehezen automatizálhatók.

A **szinkron modellezési technológia** a hagyományos és az explicit alapú modellezés előnyeit egyesíti. Ez a modellezés parametrikus, alakelem alapú modellezést tesz lehetővé a modell történet kötöttsége nélkül. Itt közvetlenül a modellel dolgozunk, a vázlat nem vezeti a modellt, így módosításkor nincs újraszámolás. A technológia intelligenciájának köszönhetően idegen modellekkel is úgy lehet dolgozni, mintha saját modelként készült volna.

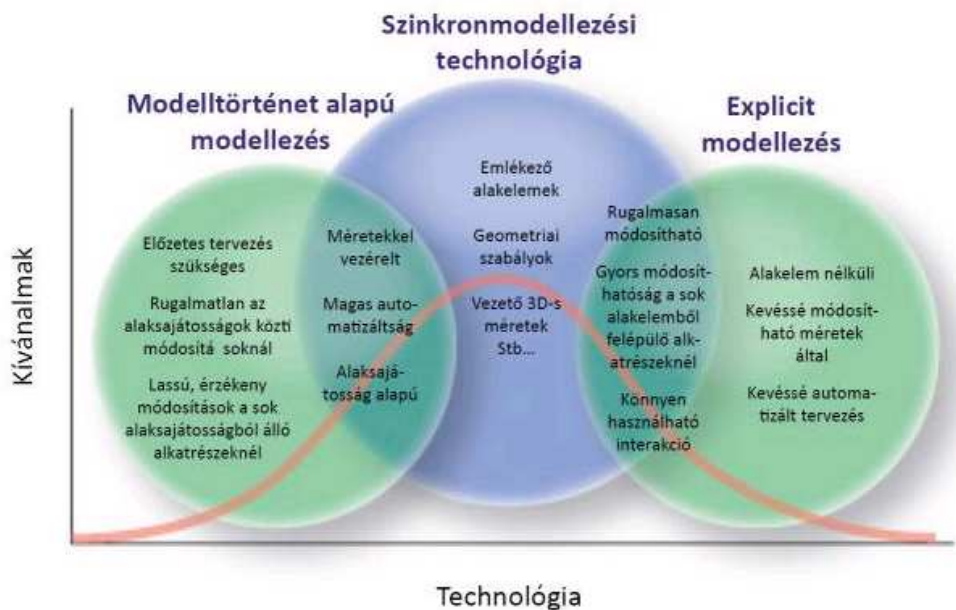
A szinkron modellező rendszerek jellemzői:

- a modell nem vázlatra épül;
- nincs modell történet;
- a modellt paraméterek vezérlik.

A szinkron modellező rendszerek előnyei a hagyományos technológiához viszonyítva:

- a modell módosítása nem igényli a modell felépítési sorrendjének ismeretét, ennek megfelelően a módosítás egyszerű ;
- multiCAD környezetben is könnyű használni;
- használata egyszerű, ezért általánosan használható eszközzé válhat.

A modell történet alapú, a szinkron modellezési technológia és az explicit modellezés egymáshoz való viszonyát a 4.33. ábra.



4.33. ábra. A különböző modellezési technológiák egymáshoz való viszonyai [3].

#### **4.4. Irodalomjegyzék**

- [1] Horváth I. – Juhász I.: Számítógéppel segített gépészeti tervezés. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1996.
- [2] Kunwoo Lee: Principles CAD/CAM/CAE Systems. Addison-Wesley, 1999.
- [3] Molnár L. – Váradi K.: CAD alapjai. Készült a Nemzeti Fejlesztési Terv HEFOP 3.3.1 Operatív Program keretében
- [4] <http://www.graphit.hu/velocity/solidedge/cikkek/szinkrontech.aspx>