

GÉPGYÁRTÁSTECHNOLÓGIA IV.

Gyártási folyamatok és rendszerek

Dr. Dudás Illés

Kötelező irodalom:

1. Dudás I. – Cser I.: *Gépgyártástechnológia IV. Gyártás és gyártórendszerek tervezése*, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 2004. p.1-335.
2. Dudás I.: *Gépgyártástechnológia II.* 12. fejezet, *A technológiai folyamatok tervezésének alapjai*, Műszaki Kiadó, Budapest, 2007. p.254-313.
3. Sági György – Mátyási Gyula: *Számítógéppel támogatott technológiák. CNC, CAD/CAM*, Műszaki Kiadó, Budapest, 2007.

Ajánlott irodalom:

1. Horváth M. – Markos S.: *Gépgyártástechnológia*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1995. p.1-436.
2. Szegh I.: *Gyártástervezés*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1996.

1. A GYÁRTÁS ÉS GYÁRTÓRENDSZEREK TERVEZÉSE FOGALOMKÖRE

A tárgy **célja**, hogy **elemezze a gyártás irányításának, műszaki előkészítésének** és magának a **termelésnek, gyártásnak összetett rendszerét**, annak **szintjeit** és **folyamatait**, ezek egymással és más rendszerekkel (CAD, CAM, CAPP, PPS, TIR) **való kölcsönhatásait**.

- **Alapvető célunk** annak tudatosítása, hogy a **gyártás, termelés irányítása** (PPS), **technológiájának** (CAPP), **eszközháttérének**, azaz **gyártórendszerének** (MS) **tervezése**, egymással összefüggő **optimálási feladatok** ,**célszerű módszerekkel való megoldásának rendszere.**

- Ezt igényli **a rendszerszemléletű megközelítés**, amiből következik, hogy biztosítani kell a gyártórendszer működésének optimumát.

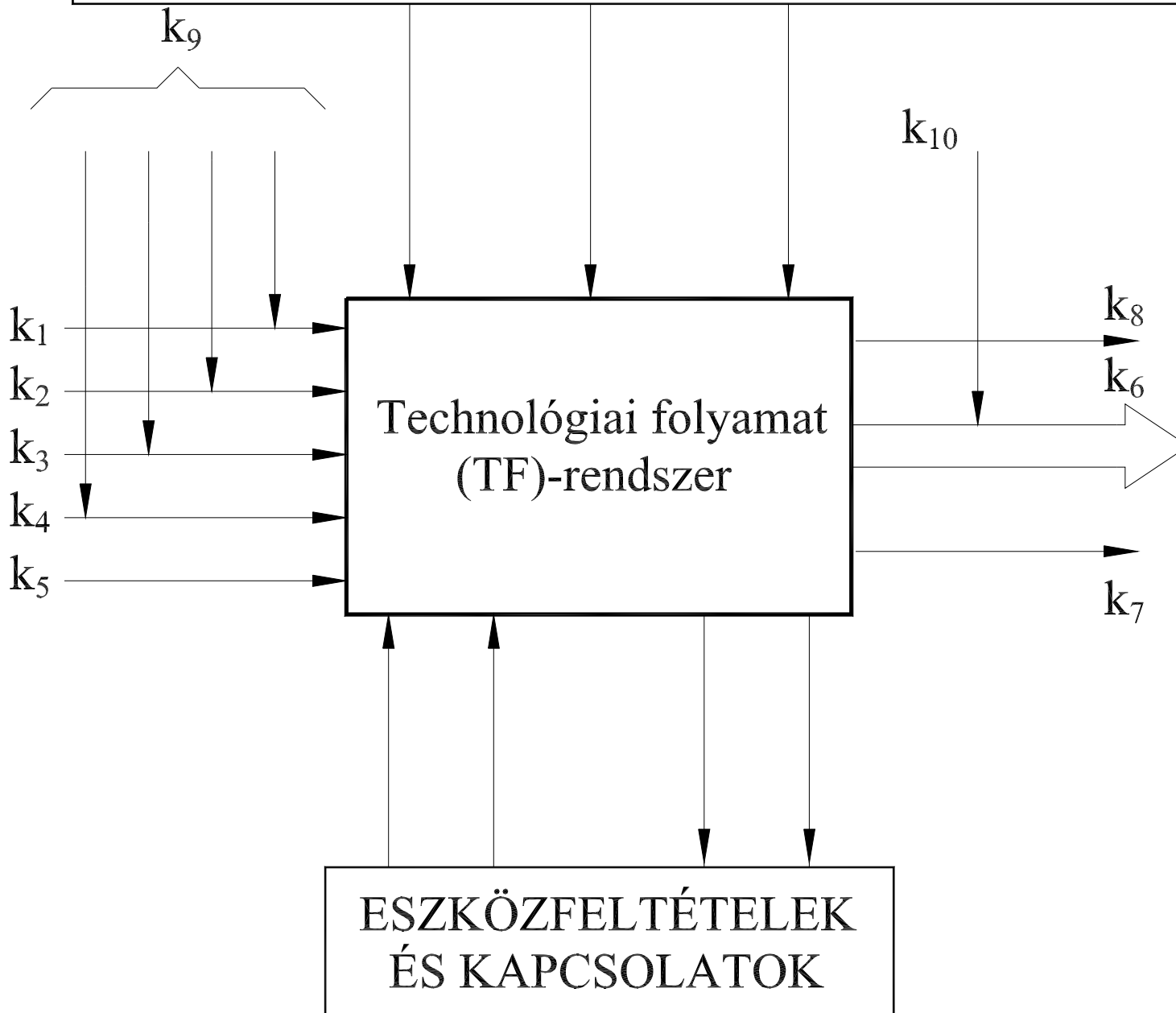
Ennek érdekében a gyártás előkészítés(nek) és irányítás(nak) különböző rendszereinek együtt kell működniük.

1.1. Gyártó és szerelő típusú gépipari vállalat modellezése

A **gépipari termelőhely**, így a **gépipari gyártási rendszer** is olyan rendszer, **amelyben anyagi javak előállítása folyik** (1.1 ábra).

Ehhez annak környezetéből a **rendszerbe anyag, energia, információ, munkaerő jut** (k1...k5), amelyek a rendszerben zajló folyamatok hatására a rendszer környezetébe való **kimeneten – értéket és használati értéket** jelentő – termékben (k6), nyereségben realizálódik.

IRÁNYÍTÓ JELEK FOLYAMAT TEVÉKENYSÉG SZAKASZOKRA



1.1. ábra
*A technológiai
folyamat-rendszer
kapcsolatai*

Az 1.1. ábra szerinti jelölések értelmezése az alábbiak szerinti:

k1 - nyers- és segédanyagokkal, félkész termékekkel és kereskedelmi árukkal való ellátás folyamata,

k2 - energiával való ellátás folyamata,

k3 - gyártóberendezések, gépek, készülékek, szerszámok, mérőeszközök és egyéb technikai feltételek biztosításának folyamata (gyártóeszköz-ellátás, karbantartás, stb.),

k4 - az élők munkával való ellátás folyamata.

Ezek (k1-k4) együttesen a gyártás anyagi ellátásának, kiszolgálásának folyamatát jelentik.

k5 - a gyártáshoz szükséges és annak során keletkező **információk** biztosításának, illetőleg feldolgozásának folyamata (gyártmány és gyártási tervek, gyártási programok kidolgozása, operatív gyártásirányítás, stb.),

Ez (k1-k5) összefoglalóan a gyártás konstrukciós és technológiai előkészítését, valamint a gyártásirányítást jelenti.

k6 - A **technológiai folyamat** végtermékének felhasználási, hasznosítási folyamata (a szerelés technológiai folyamata, a kész gépek üzemeltetése a felhasználás területén stb.),

k7 - a **hulladékanyagok kezelésének**, hasznosításának vagy megsemmisítésének folyamata,

k8 - a **hulladékenergia** hasznosításának folyamata,

k9 - a **technológiai folyamatba** „bemenő” anyagok, energia, élőmunka és információk **ellenőrzésének** folyamata,

k10 - a **technológiai folyamatot elhagyó** végtermékek ellenőrzésének rendszere.

A rendszerben zajló folyamatok közül **azoknak a természeti és tudati folyamatoknak az összességét, amelyek eredményeként az anyagok és félkésztermékek a rendeltetésnek megfelelő kész terméké (gyártmánnyá) válnak, gyártási folyamatnak nevezük.**

Ennek keretében valósul meg: a beszerzés, a raktározás, az anyagmozgatás, a technológiai-tervezés, a termelőberendezések előkészítése, a munkahelyek megszervezése, az alkatrészek elkészítésének minden fázisa, a szerelés, minőségbiztosítás, stb.

Az anyagi folyamatok, a gyártási folyamat azon részei, amelyek közvetlenül kapcsolatosak a gyártás tárgya (a munkadarab, a szerelt részegység, stb.) geometriai, fizikai, kémiai, stb. tulajdonságainak a megváltoztatásával - az állapotváltozók kedvező irányú alakításával, valamint az olyan kiegészítő folyamatokkal, mint pl.: az anyag adagolása, a gyártóeszköz (szerszám, készülék, mérőeszköz) biztosítása.

Az anyagi folyamaton **belül technológiai folyamatnak** nevezzük azt, melynek eredményeként a gyártás tárgyának tulajdonságai (alakja, mérete, pontossága, felületi érdessége, anyagszerkezete, egyes felületeinek hőkezeltiségi állapota) változnak.

Az információs folyamatok közvetlenül nem változtatják a gyártás tárgyának tulajdonságait, viszont **hordozzák** az előbbit megvalósító **anyagi folyamatok tervezéséhez,** **ütemezéséhez,** **irányításához,** **végrehajtásához** és **ellenőrzéséhez szükséges adatokat.**

Jelentőségük a modern CNC vezérlés, a számítógépes irányítás, a rugalmas gyártásautomatizálás, az **intelligens gyártás fejlesztésével** és elterjedésével **egyre növekszik.**

Az anyagi és információs folyamatok számítógépes integrációjának megvalósítása a rugalmas gyártásautomatizálás fejlesztése során vált halaszthatatlan, kiemelt feladattá.

Ezt ismerte fel a hazai kutatás-fejlesztés, amikor a 70-es évek második felében „IAAR = Integrált Anyag- és Adatfeldolgozó Rendszerek” címmel indított országos kutatási-fejlesztési programot, melynek eredményeként létrejöttek ipari környezetben működő IGYR/FMS (Integrált gyártórendszer / Flexible Manufacturing System) rendszerek, valamint a műszaki felsőoktatás gyakorlati oktatási igényeit kielégítő minta-IGYR-k (2.5. és 2.7. ábra).

Az IAAR angolszász megfelelője a CIM = Computer Integrated Manufacturing (Számítógéppel Integrált Gyártás).

A gyártási folyamat fizikai megvalósításának területe és eszköze a **gyártási rendszer** (gyártórendszer, azaz a munkahelyek összessége, plusz kapcsolódásaik).

Mind a folyamat, mind a **gyártási rendszer tervezését**, a 4. fejezetben mutatjuk be.

1.1.1. Gépipari vállalat modellezése

A gépipari vállalatok modellezésének különböző szempontjai lehetnek:

a) Gazdasági funkciók aspektusából

Anyagáramok mentén szerveződő műszaki funkciók (nyersanyag → késztermék) (1.2 ábra).

Adatáramok a gyártás anyagi folyamataival összefüggésben.

Értékáramok pénzben mérhető ellentételei az anyag és adatfeldolgozás során felhasznált anyagoknak és működési potenciáloknak (emberi és technikai tényezők).

ÁLLAMI-GAZDASÁGI KÖRNYEZET

működési feltételek



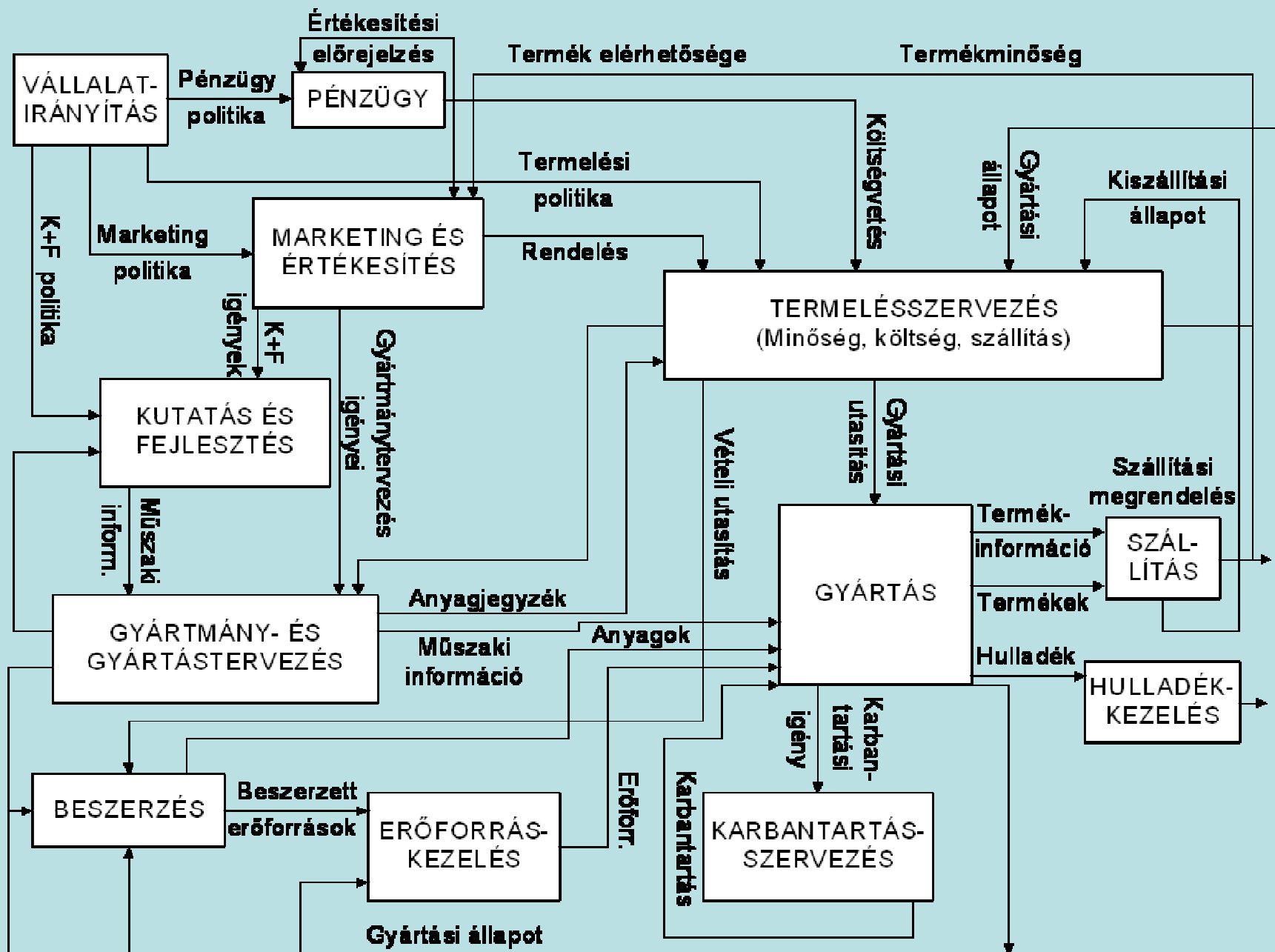
1.2. ábra

Gépipari vállalat modellje

b) Az iparvállalat, mint rendszer

Az **iparvállalat** az általános rendszerelmélet szempontjából egy bonyolult rendszer. Érvényes rá az általános rendszer-definíció, mely szerint adott célra irányított elemek összessége, valamint ezen túlmenően az alábbi **specifikus rendszerjellemzők**:

- **az elemek nem homogének** (személyek és eszközök integrálódnak benne),
- **dinamikus kapcsolatban áll környezetével,**
- működésének **eredményessége** elsősorban mennyiségi aspektusokat tükröz.



1.3. ábra

Információs kapcsolatok vállalat modellben

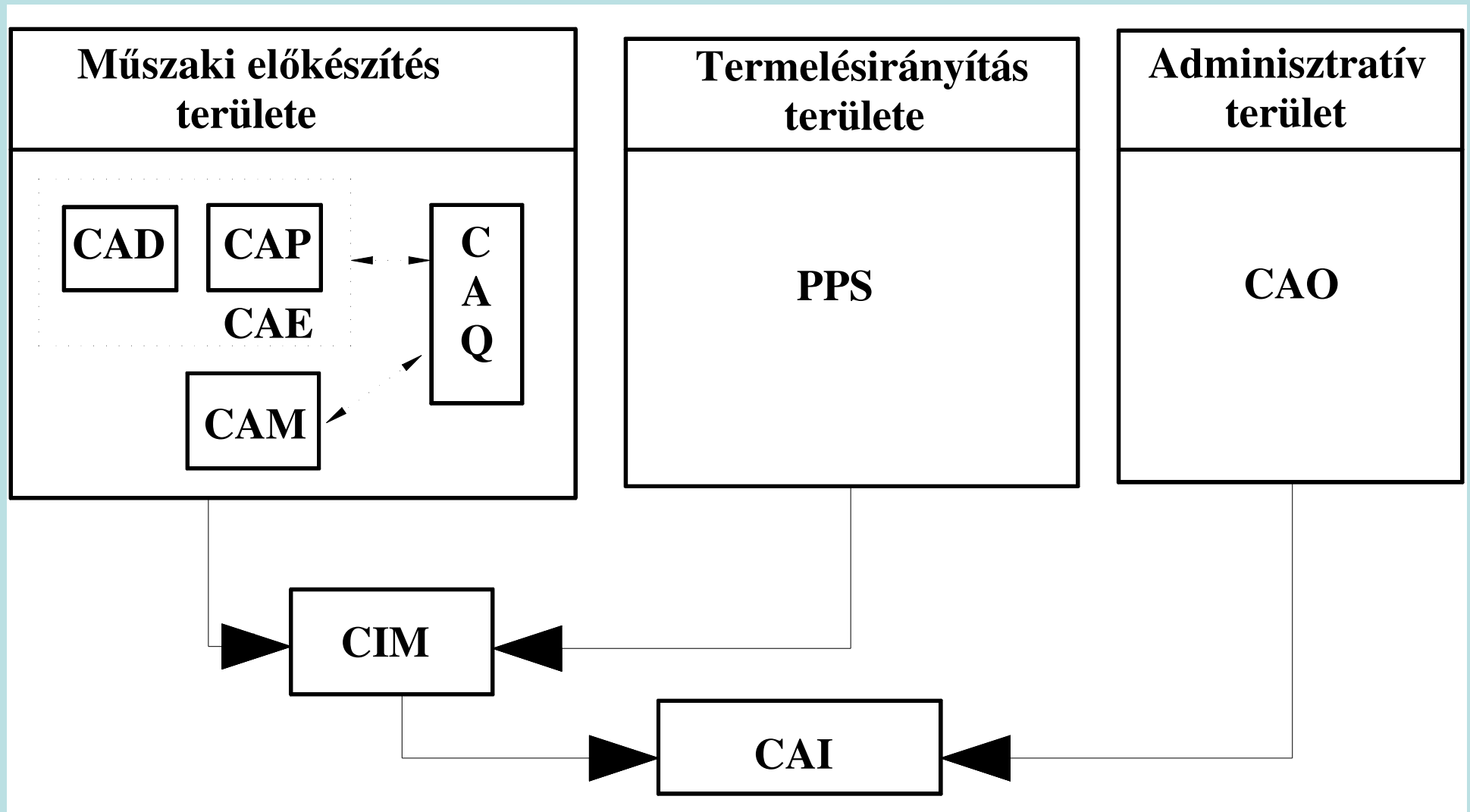
1.1.2. Számítógéppel támogatott termelés

A **számítógéppel segített termelés** fő területeit és információs kapcsolatait szemlélteti az 1.4. ábra,

A **hagyományos** és a **számítógéppel támogatott** integrált gyártás rendszereit, gyártási átfutási időit az 1.5. ábra veti össze.

Az **információtechnikai integrációnak** mindenképp előtte azt kell eredményeznie, hogy minden részrendszer hozzáférhessen az **aktuális adatok**hoz.

Ez azt is magába foglalja, hogy a különböző részrendszerek között **nem lépnek fel inkonzisztenciák**.

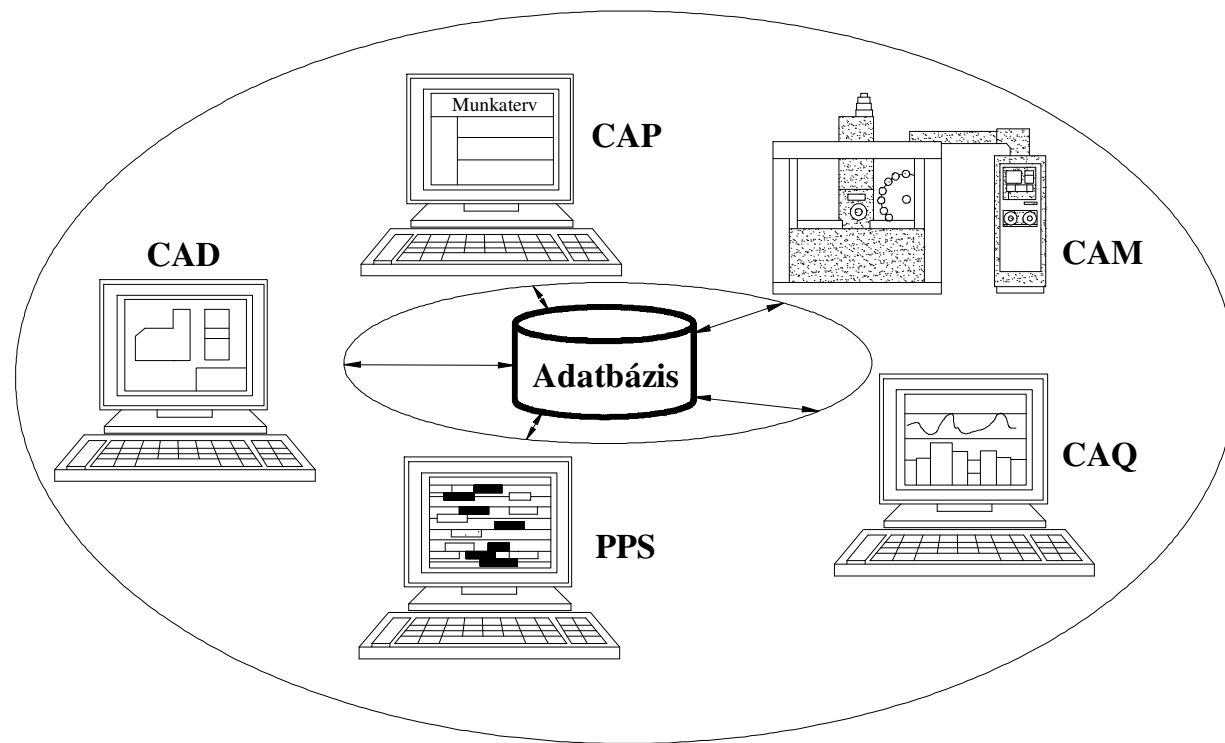
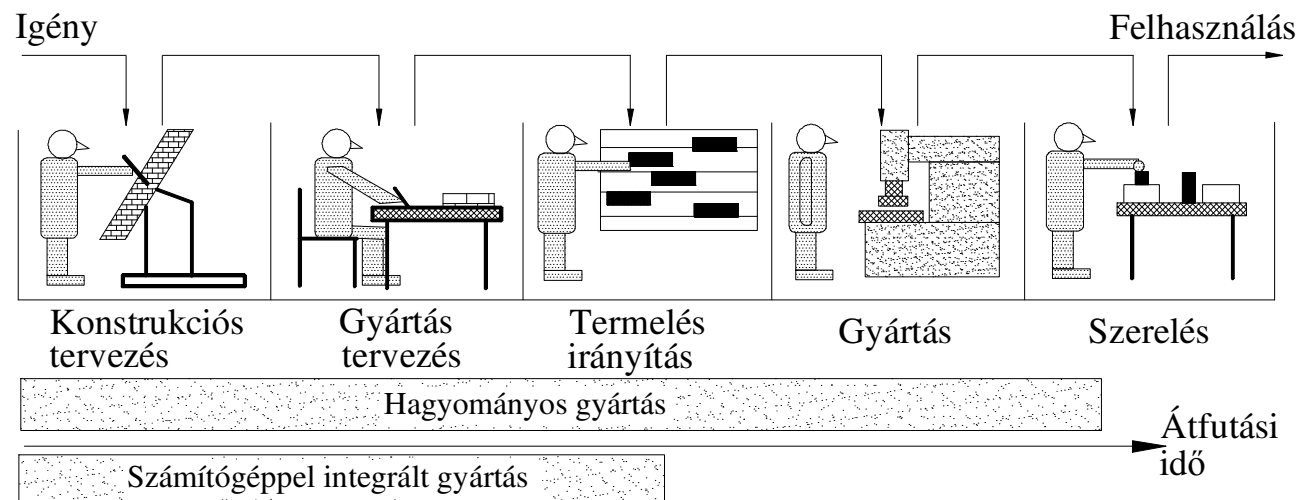


1.4. ábra

A számítógéppel segített gyártás fő területei, információs kapcsolatai [155]

Ha például a konstrukció a darabjegyzéket a CAD rendszerben módosítja, akkor ezt közvetlenül a PPS rendszer mennyiségi tervezésénél is tekintetbe lehessen venni. Vagy ha egy üzemi eszköz meghibásodása miatt egy feladat nem hajtható végre, akkor ezt a határidőcsúszást a PPS rendszernek vissza kell jelezni.

Itt figyelembe kell venni, hogy a gyors és folyamatos **információáramlás azt a feltételt** jelenti, hogy a vállalkozás **rugalmasan** akar **reagálni** a **megváltozott piaci követelményekhez**.



1.5. ábra

A gyártás hagyományos és számítógéppel támogatott integrált rendszereinek összehasonlítása [168]

Röviden összefoglaljuk a CAD, CAE, CAPE, CAP/CAPP, CAI, CAM, CAQ, CAO, MRP, PPS, MS szokásos értelmezését a felsorolás sorrendjében.

- **CAD Gyártmánytervezés** (Computer Aided Design): **számítógéppel segített konstrukciós tervezés**, amely a gyártandó termék fejlesztését, tervezését, szerkesztését foglalja magában. A tervezési folyamat eredményei: konstrukciók, összeállítási és részletrajzok, darabjegyzékek, 3D-s megjelenítés, stb.
- **CAE** (Computer Aided Engineering): **számítógéppel segített műszaki fejlesztést** jelent, két **részterülete**: a számítógépes **konstrukciós tervezés** (CAD) és a **technológiai folyamatok számítógépes tervezése** (CAPP). A CAE-nek részét képezik a szilárdsági, méretezési, termodinamikai és más számításokat végző modulok, modellezési eljárások, így a végelem módszer (FEM, VEM) számítógépi megvalósításai is.

- **CAPE Gyártástervezés** (Computer Aided Production Engineering): adott gyártmány vagy gyártmányok teljes gyártási folyamatának megtervezése, beleértve a gyártási fő- és segéd folyamatok (anyagmozgatás, raktározás, minőségbiztosítás, csomagolás, stb.) megtervezését [28].
- **CAP/CAPP Számítógépes tervezés** (Computer Aided Planning), **Technológiai folyamat tervezés** (Computer Aided Process Planning): német nyelvterületen a CAP, angolszász nyelvterületen a CAPP terjedt el jobban. Mindkettő alatt technológiai tervezés értendő, mely a gyártástervezés része. A technológiai tervezés feladata a gyártás tárgyának minőségét (alakját, méretét, pontosságát, anyagszerkezetét, stb.) befolyásoló állapotváltozások, folyamatok tervezése. Ez az alkatrészgyártásnál magának a megmunkálási folyamatnak a tervezése. A tervezési eredmények a technológiai (gyártási) dokumentáció (szerelési tervek, műveleti sorrendtervek műveleti utasítások, NC programok stb.) formájában jelennek meg.

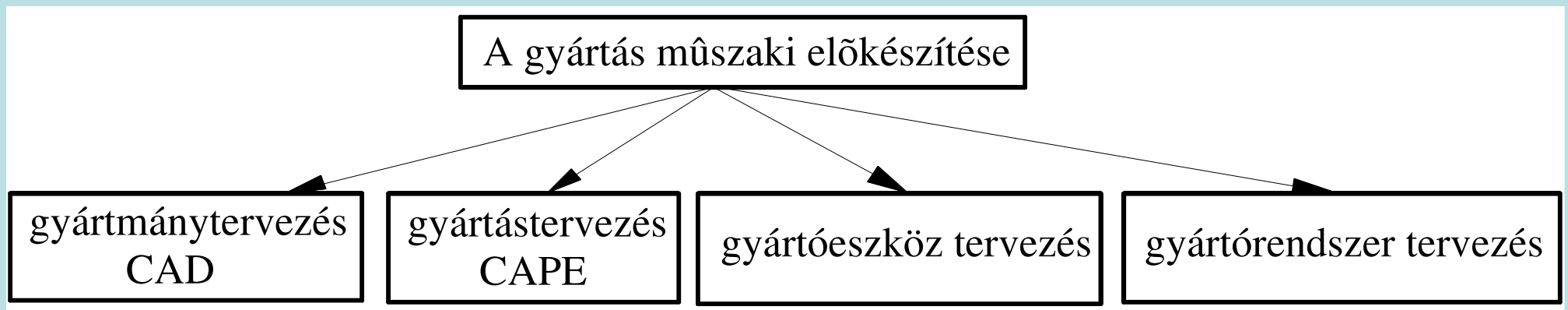
- **CAI Számítógéppel segített ipari üzem** (Computer Aided Industrie): a legnagyobb integráltsági szintet, a CAI-t akkor érjük el, ha a CIM-et és a CAO-t összekapcsoljuk. Ha ezt az állapotot elérnénk, akkor például javulhatna a személyzet terhelésének tervezése a gyártás és személyzeti ügyek közti interfészek révén. A számvitel például a kalkulációk végzéséhez közvetlenül hozzáférhetne az aktuális gyártási adatokhoz.
- **CAM Számítógéppel segített gyártás** (Computer Aided Manufacturing): a közvetlen gyártásirányítást és felügyeletet ellátó funkció. Bemeneti információit a PPS által szolgáltatott gyártási (termelési) program és a CAPP által összeállított gyártási dokumentáció alkotja. Angolszász nyelvterületen CAM funkcióként kezelték korábban az NC-CNC programozást is. Így terjedt el a CAD/CAM rendszer elnevezés az NC-CNC kimenetet szolgáltató CAD rendszerek esetében. Ezeknél a CAPP funkciókat a CAD rendszer kezelője látja el. A CAM szoros kölcsönkapcsolatban áll a számítógéppel segített tárolással és szállítással (CAST = Computer Aided Storage and Transportation).

- **CAQ Számítógéppel segített minőségbiztosítás** (Computer Aided Quality Assurance): a CAQ alapelve az, hogy a minőség szavatolását csak úgy lehet elérni, ha a konstrukciós tervezést, a technológiai tervezést és a gyártást a termék kibocsátásáig végig kíséri a minőségbiztosítás, melynek funkcióit számítógép támogatja. A CAQ magában foglalja - egyebek között - a 3D-s CNC mérőgépek számítógépes programozását, a közvetlen számítógépvezérlésű mérőberendezések irányítását, a mérési eredmények automatikus gyűjtését, valamint statisztikai és valószínűségszámítási modellekre alapozott *on-line* és *off-line* kiértékelését.
- **CAO Számítógéppel segített adminisztráció** (Computer Aided Office): a különböző számítógéppel támogatott irodarendszereket tartalmazza, többek között az iroda kommunikációt, a leíró adatbázisok és kimutatások programkapcsolatát, stb.
- **MRP Gyártási erőforrások tervezése** (Manufacturing Resources Planning): A termelésirányítási rendszer egyes funkcióit veszi át magas automatizáltsági fokú gyártási környezetben, egy-egy CIM igényeire lokalizált módon (pl. kapacitástervezés).

- **PPS Termelésirányítás** (Production Planning System vagy Production Planning and Scheduling): fő részei a termeléstervezés (hosszútávú), termelésütemezés, termelés finomprogramozása vagy operatív irányítása.
- **MS Gyártórendszer** (Manufacturing System): a gyártáshoz szükséges gépek, berendezések eszközök rendszerbe foglalt együttese, amelynek az elnevezése lehet üzem, műhely, gyártósor, gyártórészleg vagy gyártórendszer. **Tervezése magában foglalja a gyártóberendezések összetételének, elrendezésének meghatározását, az anyagmozgatás és raktározás megtervezését a gyártástervezési eredményekre alapozva.**
- **Gyártóeszköz tervezés:** a gyártáshoz szükséges szerszámok, készülékek tervezése.

1.2. A gépgyártástechnológiai tervezés fő területei és szintjei, helye az iparvállalat irányítási rendszerében

Az iparvállalat irányítási rendszerében, a **technológiai tervezés** a gyártás műszaki előkészítésén (1.6. ábra) belül a **gyártástervezés része**. A technológiai tervezés a gyártmány (alkatrész) gyártásának főfolyamatára, tehát az alkatrész állapotváltozási folyamatára irányul.



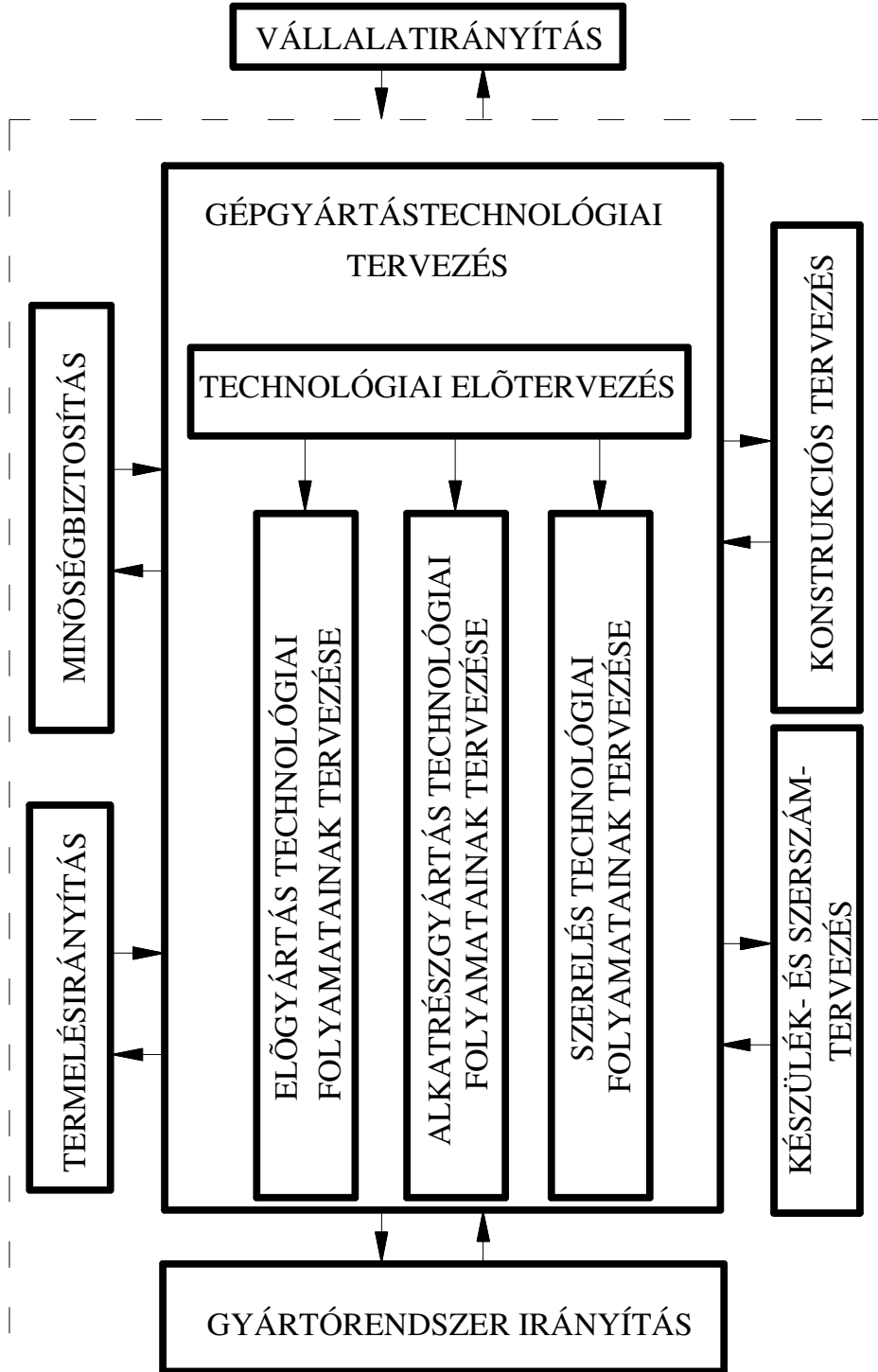
1.6. ábra

A gyártás műszaki előkészítésének fő területei

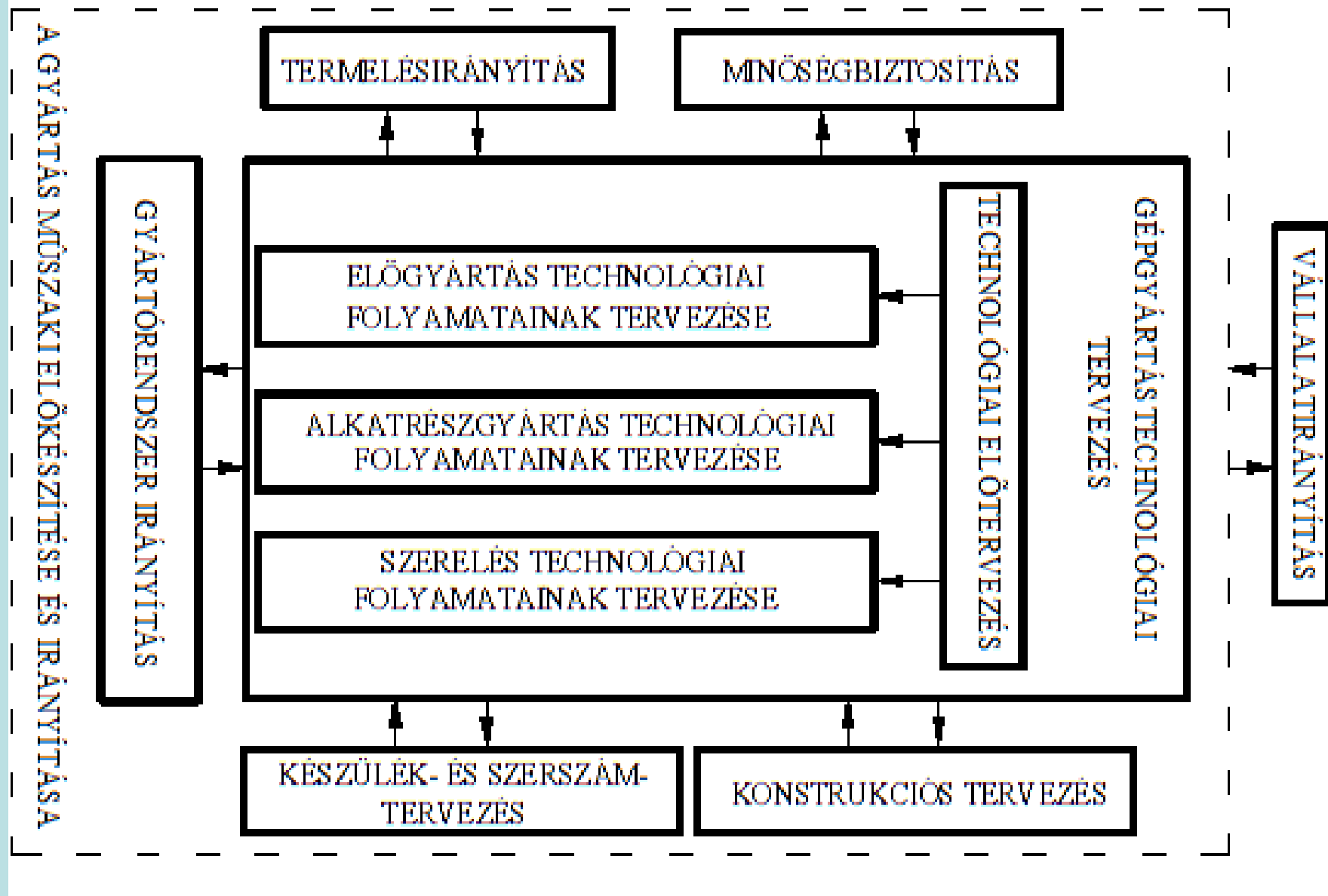
A **technológiai tervezés** nem foglalkozik a kapacitásszükséglettel, a gyártóberendezések elrendezésével, az anyagmozgatással és raktározással, a segédfolyam egyéb elemeivel. Az utóbbiakat a **gyártástervezés** oldja meg a technológiai tervezés során előállított gyártási dokumentációt felhasználva.

A gépipari **technológiai folyamatok tervezésének** fő területeit az 1.7. ábra szemlélteti. Ezek a technológiai előtervezés, továbbá az előgyártás, az alkatrészgyártás és a szerelés technológiai folyamatainak tervezése. A teljes gépgyártástechnológiai tervezés közvetlen kapcsolatban van a **termelésirányítással**, a **gyártórendszer irányításával** (gyártási folyamatirányítással), a **minőségbiztosítással**, a **konstrukciós tervezéssel**, a **gyártóeszköz** (készülék- és szerszám-) **tervezéssel**.

E rendszerek alkotják a gyártás műszaki előkészítésének és irányításának rendszerét, mely közvetlen kapcsolatban van a **vállalatirányítással**.



1.7. ábra
A technológiai tervezés fő területei és kapcsolata a környezetével



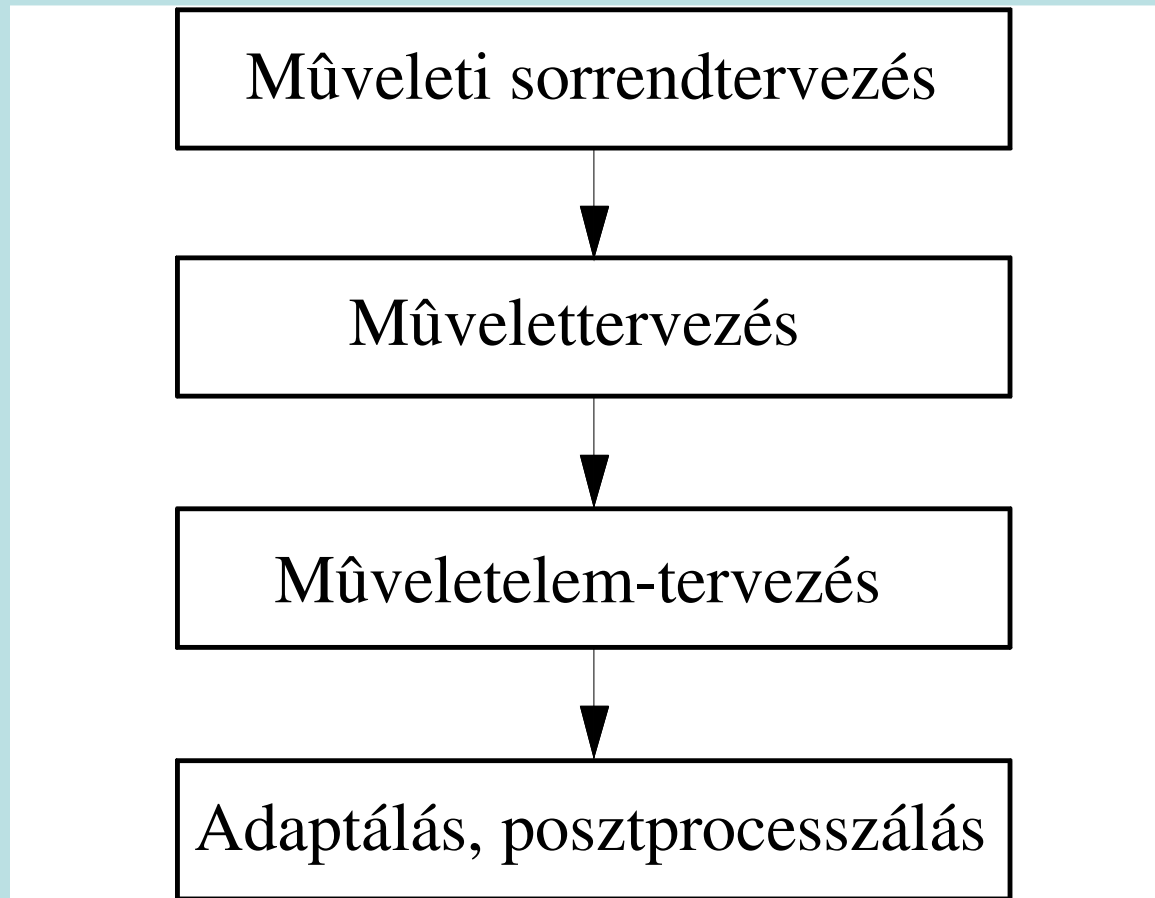
1.7. ábra

A technológiai tervezés fő területei és kapcsolata a környezetével

A **technológiai előtervezés** alapvető feladata a technológizálás stratégiájának kialakítása, azaz a fő gyártási eljárás meghatározása. Itt döntendő el, hogy kell-e az adott alkatrészt forgácsolni, vagy készre önthető, sajtolható, vagy más eljárással elkészíthető.

E tervezési szakasz irányul a gyártás fő szakaszai – az előgyártás, az alkatrészgyártás és a szerelés – közötti csatlakozási felületek meghatározására; továbbá a szakaszokat megvalósító gyáregységek, üzemek, **gyártórendszerek kijelölésére**. A tervezés a konstrukciós tervezés és a termelésirányítás által szolgáltatott információ alapján történik.

A **gépgyártástechnológiai tervezés** másik három területének feladatai összhangban vannak az elnevezésekkel. **Itt részletesebben az alkatrészgyártás technológiai folyamatának tervezésével foglalkozunk.** A tervezés fő lépéseit, egymás utáni szintjeit az 1.8. ábra szemlélteti.



1.8. ábra

Az alkatrészgyártás technológiai tervezésének szintjei

- A **műveleti sorrendtervezés** feladata a nyersdarab és az alkatrész leírása alapján a **megmunkálási igények feltárása**, a lehetséges megmunkálási **bázisok kijelölése**, a szerszámgépek és **készülékek kiválasztása**, a műveleteken belüli **megmunkálási feladatok** kijelölése, a **műveletek sorrendjének meghatározása**, valamint a műveletek közötti **közbenső állapotok rögzítése**. A szint végterméke a **műveleti sorrendterv**, amely tartalmazza az **alkatrész műveleteit**, azok **sorrendjét**, a műveletek fő tartalmi jellemzőit és a munkadarab **befogására** vonatkozó adatokat.
- A **művelettervezés** feladata a műveleti sorrendterv adatai alapján a **műveletek lebontása műveletelemekre**, azok tartalmának és sorrendjének meghatározása, a szerszámok kiválasztása és a szerszámelrendezési terv összeállítása. A szint végterméke **a műveletterv**, amely tartalmazza a művelet **felfogási és felszerszámozási tervét**, **műveletelemeit**, azok **sorrendjét** és fő tartalmi jellemzőit.

- A **műveletelm-tervezés** feladata a szerszámpályák és a forgácsolási paraméterek tervezése, a normaidők számítása.
- Az **illesztés (adaptálás, posztprocesszálás)** feladata a tervezési eredmények illesztése az adott gyártási környezetre (szerszámgéphez, vezérléshez), az előírt összetételű, tartalmú, formájú **gyártási dokumentáció** előállítása.

Az **alkatrészgyártás technológiai folyamataira értelmezve** a tervezési szintek feladatainak meghatározása során néhány olyan alapfogalmat is használtunk, melyeket a gyakorlatban ugyan gyakran használnak, ennek ellenére előfordul eltérő értelmezésük, ezért tekintsük át ezeket.

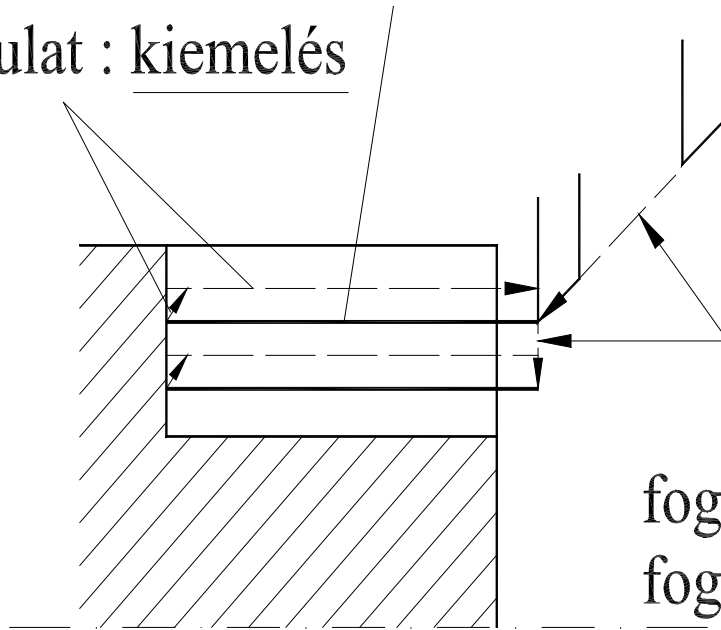
Emlékeztetőül:

- **Fogás** – a szerszámnak a munkadarabhoz viszonyított egyszeri befejezett mozgásciklusa.
- **Műveletelem** – a munkadarab egy összefüggő felületcsoportjának egy szerszámmal végzett megmunkálása. Állhat egy vagy több fogásból.
- **Elemi megmunkálási sorrend** – egy felületcsoport előállításához szükséges műveletelemek sorozata, melynek megfelelő részei besorolódnak az alkatrész megmunkálási folyamatának megfelelő szakaszaiba (nagyolás, simítás, stb.).
- **Művelet** – a technológiai folyamat azon része, melyet egy szerszámgépen egy befogásban hajtunk végre..

- **A megmunkálási szakasz** – a technológiai folyamat azon része, melynek eredményeként a munkadarab (alkatrész) valamennyi felülete azonos (nagyolt, simított, stb.) állapotba kerül.
- **Gyártási folyamat** – a megmunkálási szakaszok összessége.
- **Alkatrész** – a felületcsoportok rendezett halmaza, melyet körbefognak a **nyersdarab** felületei. A szerkezeti egység azon eleme, mely sem oldható, sem oldhatatlan kötéseket nem tartalmaz.
- **Munkadarab** – az alkatrész megmunkálása közben.
- **Felületcsoport** – konstrukciós és/vagy technológiai egységet képező, összefüggő felületek halmaza. Ilyen például egy rögzítőfurat, egy reteszhorony, egy beszúrás stb.

b.) mozdulat : forgácsolás (munkamenet)

c.) mozdulat : kiemelés



a.) mozdulat : fogásvétel helyének
megközelítése (gyorsmenet)

$$\text{fogás} = a+b+c$$

$$\text{fogás} = \text{megközelítés} + \text{forgácsolás} + \text{kiemelés}$$

A fogás értelmezése forgácsolásnál

Tekintsük át az **állapotváltzási fogalmakat**.

- **Állapot** – alkatrészgyártásban, a munkadarab (alkatrész) vagy a felületelemcsoport „készültségének” meghatározására szolgál (nyers állapot, közbenső állapot, pillanatnyi állapot, kész állapot). Az állapotot kvantitativ az állapotjellemzők számszerű értékei határozzák meg.
- **Állapotváltzás** – az a folyamat, melynek során az állapotjellemzők megváltoznak.
- **Állapotváltzási folyamat** - pl. az alkatrész (munkadarab) minőségi jellemezőinek változása a kiindulási (nyers) állapotból a kívánt (kész) állapotba.
- **Nyers állapot** – a gyártási folyamat megkezdése előtti kiindulási állapot.
- **Közbenső állapot** – az egyes műveletek közötti állapot.

- **Pillanatnyi állapot** – a gyártási folyamat tetszőleges pillanatában fennálló állapot.
- **Kész állapot** – a gyártási folyamat befejezése utáni állapot.
- **Megmunkálási igény** – a nyers és kész állapot közötti különbség.

1.3. Algoritmus és optimalás

A gyártás- és gyártórendszer tervezésének számítógépes megoldásával összefüggő két fontos fogalom az algoritmus és az **optimalás**, melyekhez további fogalmak tartoznak. Ezeket tekintjük át röviden.

Az **algoritmus** valamely feladat megoldására szolgáló olyan eljárás, melynek lényege, hogy a feladatot jól (egyértelműen) definiált elemi lépésekre bontja. Megjelenési formája: pl. folyamatábra, számítógépi program, stb. (pl.: 1.9. ábra)

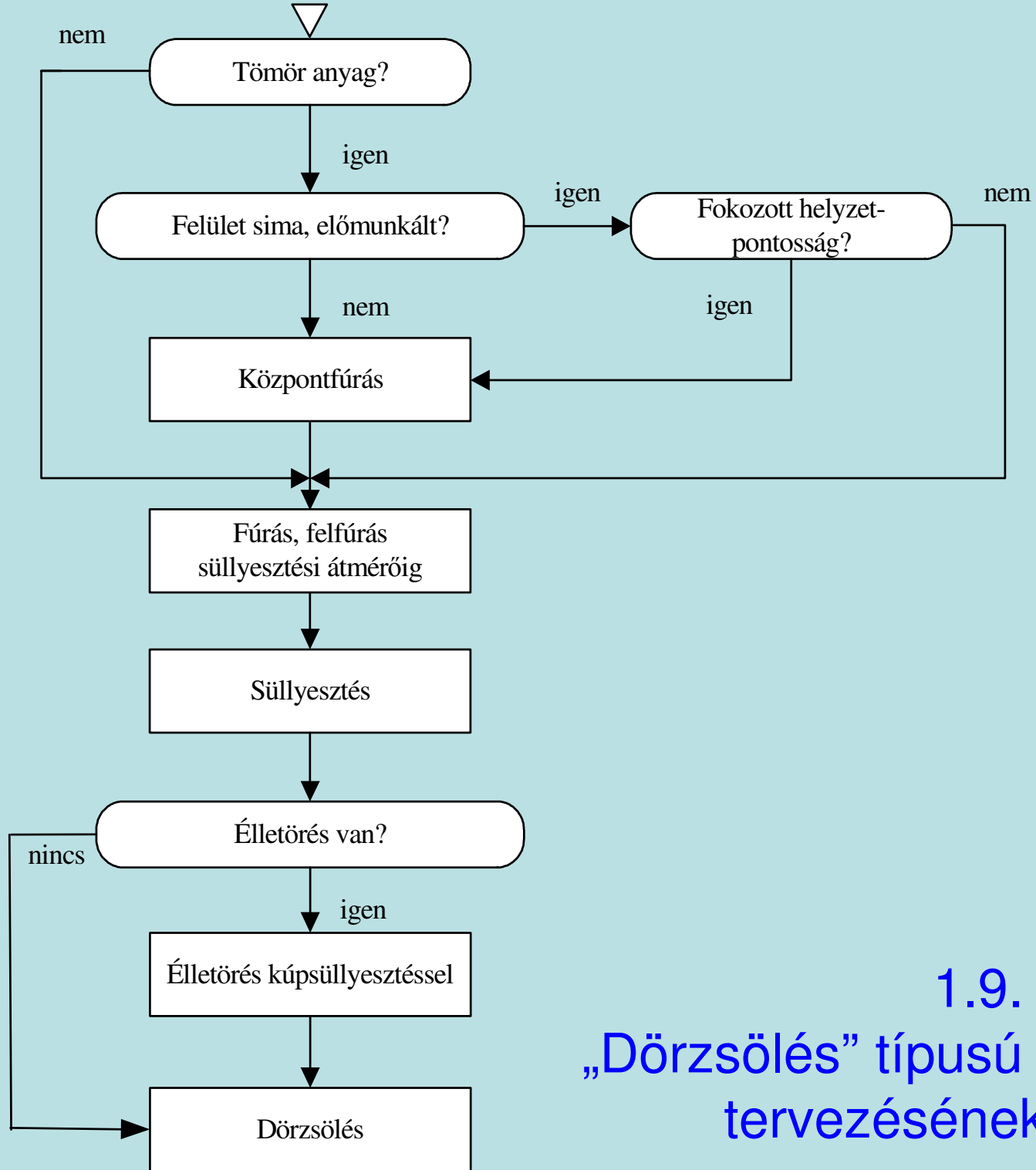
Az **algoritmusnak** két fajtáját szoktuk megkülönböztetni, az **egzakt** és a **heurisztikus** algoritmusokat.

Egzaktnak nevezzük a teljesen egyértelmű, matematikai formában megfogalmazható és matematikai eszközökkel megoldható algoritmusokat.

Ha ezek a feltételek hiányoznak, akkor beszélünk **heurisztikus** algoritmusról, mely gyakorlati tapasztalatokra épül.

Az 1.9. ábrán a furatmegmunkálás műveletelemeinek generálására szolgáló heurisztikus algoritmus nagyvonalú folyamatábrája látható. Az algoritmus dönti el, hogy indokolt és lehetséges-e a megmunkálást központfúrással kezdeni, majd kell-e és milyen méretadatokkal fúrni, felfúrni, süllyeszteni.

Ha a furaton van élettörés, akkor a befejező dörzsölés elé beilleszti annak előállítását, kúpsüllyesztéssel.



1.9. ábra
 „Dörzsölés” típusú műveletelem ciklus
 tervezésének algoritmus

Az optimálás folyamatában a következő tényezők, fogalmak szerepelnek:

- **Optimálás** – valamely kritérium (jellemző) szerinti legkedvezőbb működés, állapot elérése (korábban lásd [54], 10. fejezet).
- **Optimálási kritérium** – az a jellemző, melynek legkedvezőbb értékét el akarjuk érni, pl. a gépgyártásban: maximális termelékenység, minimális önköltség, maximális profit, egyenletes terhelése a gyártóberendezéseknek, stb.
- **Célfüggvény** – az optimálandó változó azon függvénye, melynek szélső értéke megvalósítja az optimálási kritériumot.
- **Korlátrendszer** – mely meghatározza azt a **keresési tartományt**, ahol az optimálás elvégezhető.

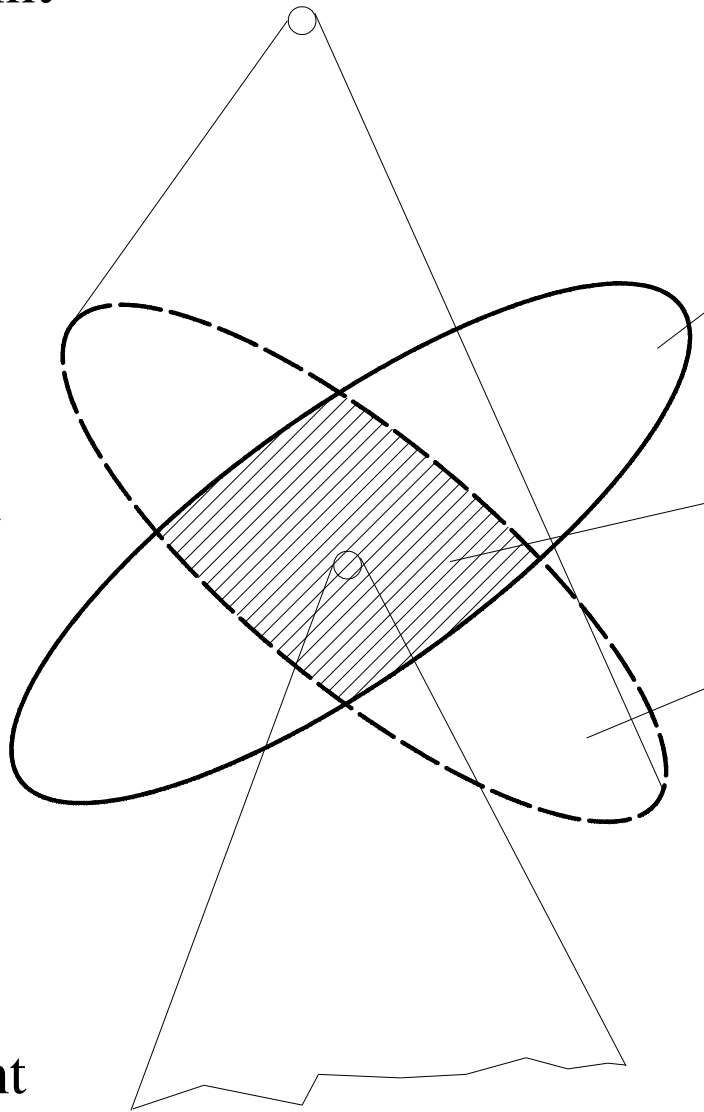
- **Többszintű optimálás** – a magasabb tervezési szint célokat és korlátfeltételeket szab az alatta lévőnek, amelyik tovább pontosítja a célokat és szigorítja a korlátfeltételeket (szűkíti a keresési vagy optimálási tartományt). A szűkítés úgy jön létre, hogy a felső szint által a következő tervezési szint számára meghatározott korlátokból következik egy keresési tartomány, ugyanúgy az alatta lévő szinthez tartozó saját korlátokból is. A két keresési tartomány közös része (1.10. ábra) lesz az adott tervezési szinten érvényes keresési tartomány. **Ha közös rész nincs (előfordul), akkor nincs megoldás.** Ilyenkor vissza kell térni az előző vagy még magasabb tervezési szintre (ez a visszacsatolás) és új feltételekkel folytatni a tervezést. Ezt a visszacsatolást hívják **másodlagos optimálásnak** is.

A többszintű optimálást a tervezés többszintű volta hívta életre. A műszaki tervezés általában – így a technológiai tervezési feladat is – egy lépésben nem oldható meg. **Egy alkatrész teljes gyártástechnológiai folyamatának tervezése szintekről szintekre, lépésről lépésre haladva valósul meg.**

I. szint

II. szint

III. szint



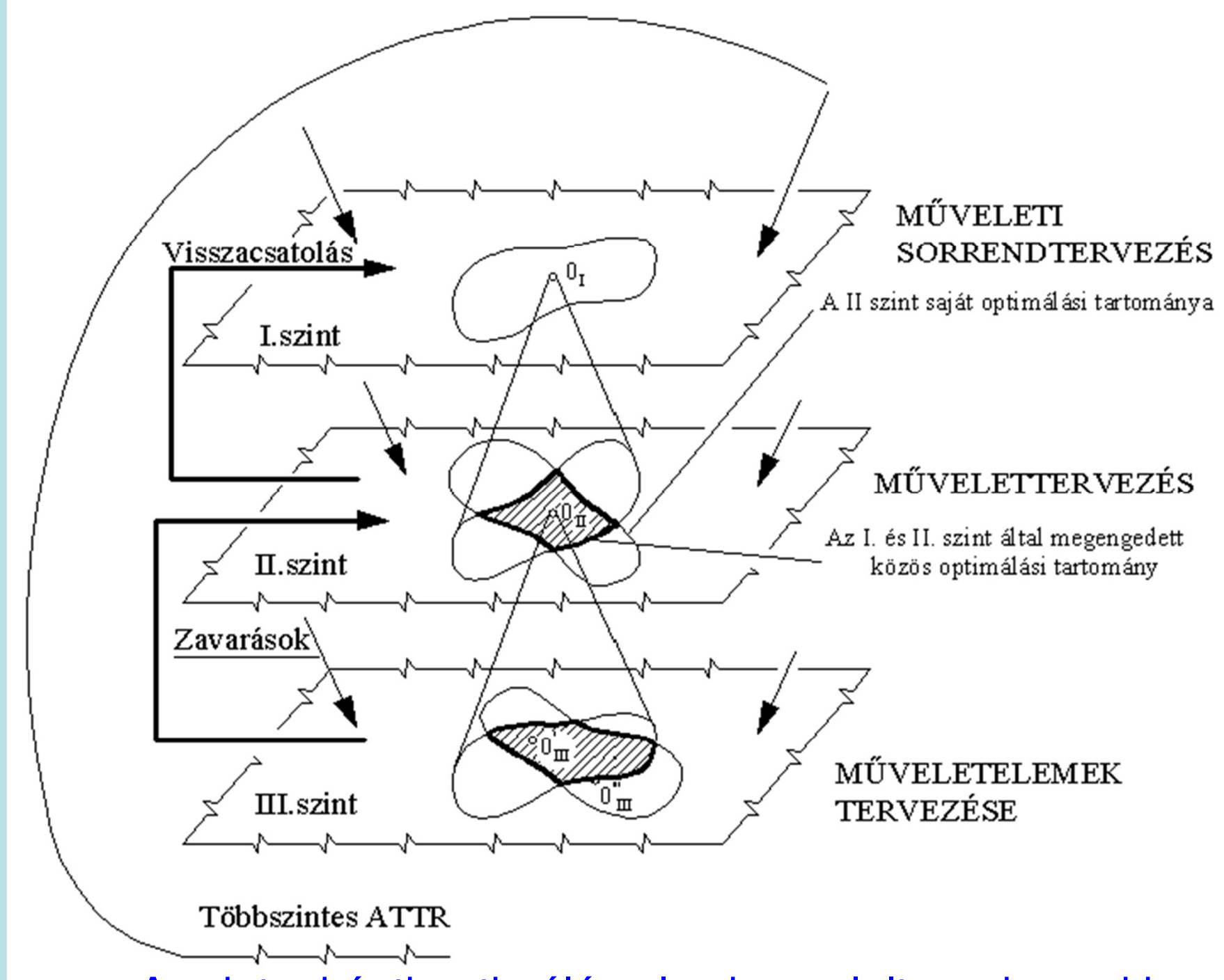
Az adott (n-ik) tervezési szint saját korlátai által meghatározott keresési tartomány

Szûkített keresési tartomány

Az előző [(n-1)-ik] szint által az n. szint számára előírt korlátokból eredő keresési tartomány

1.10. ábra

Az optimum keresési tartomány egy tervezési szinten



A szintenkénti optimálás elve bonyolult rendszerekben
(többszintű optimálás)

- **Egzakt**, ha:
 - a feladat numerikus formában felírható,
 - az elérendő cél, célfüggvény formájában felírható,
 - rendelkezésre áll megfelelő számítási eljárás.
- E feltételek hiánya esetén **heurisztikus** módszer alkalmazható. Ennek lényege, hogy gyakorlati tapasztalatok alapján keressük meg az optimum-esélyes (kvázioptimálás) megoldást.

1.4. A gépgyártástechnológia fogalma, folyamatának jellege, rendszerszemlélete

Mi is tehát a technológia? A technológia a **technikai tudományoknak az a része**, amely nyersanyagok sajátosságaival, továbbá azoknak az elveknek, törvényszerűségeknek, eljárásoknak, eszközöknek és gépeknek a vizsgálatával, ismertetésével foglalkozik, amelyek a nyersanyagok átalakításához, feldolgozásához szükségesek a **termék létrehozása érdekében**

Az anyagok feldolgozásának, átalakításának a természete szerint a technológia lehet fizikai, mechanikai, vagy kémiai. **Ha a technológia az anyagok gyári feldolgozására vonatkozik gyártástechnológiáról**, és ha a gyártás gépipari termék előállítására irányul **gépgyártástechnológiáról** van szó [53].

A fogalom teljesen egyértelművé tételéhez pontosítjuk a **gyártás** fogalmát is. E fogalom alatt ugyanis nemcsak egyszerűen az anyagi javak előállítására vonatkozó tevékenységet, hanem azt is értjük, hogy az anyagi javakat fejlett technikával és magas szervezeti szinten, azaz gyáripari szinten állítjuk elő. E tevékenység eredménye a gyártás révén előállítani kívánt produktum, a **gyártmány**, amely társadalmi vagy egyéni szükségletet elégít ki.

A gépgyártástechnológia a műszaki tudományoknak az a része, amely a gépipari termékek gyártásával kapcsolatos ismereteket foglalja magába.

- A gépgyártástechnológia területének főbb témakörei a következők:
 - a **nyersanyagok** (előgyártmányok) fajtái, tulajdonságai és alkalmazási lehetőségei,
 - a **gyártási eljárások** lényege, törvényszerűségei, szabályai és tapasztalatai,
 - a különféle **szerszámok szerkesztése** és alkalmazási lehetőségei,
 - a **szerszámgépek** célszerű alkalmazása, üzemeltetése, programozása és telepítése,

- a **gépipari mérőeszközök** ismerete, tervezése és használata,
- az egyéb gyártóeszközök (pl. készülékek) ismerete, szerkesztése és használata,
- a **különbéle gyártórendszerek** kialakítása, szervezése és üzemeltetése,
- alapvető **üzemszervezési** ismeretek,
- a **gyártási folyamat megtervezésének** formai, módszertani és tartalmi követelményei,
- a **gyártmányok minőségének** tartós és megbízható biztosítása.

A gépgyártástechnológia alapvető célja az előgyártmányok – általában kohászati végtermékek – (hengerelt, öntött, kovácsolt, stb. áruk) termelékeny és hatékony feldolgozása üzemszerű használatra alkalmas gépipari gyártmányokká.

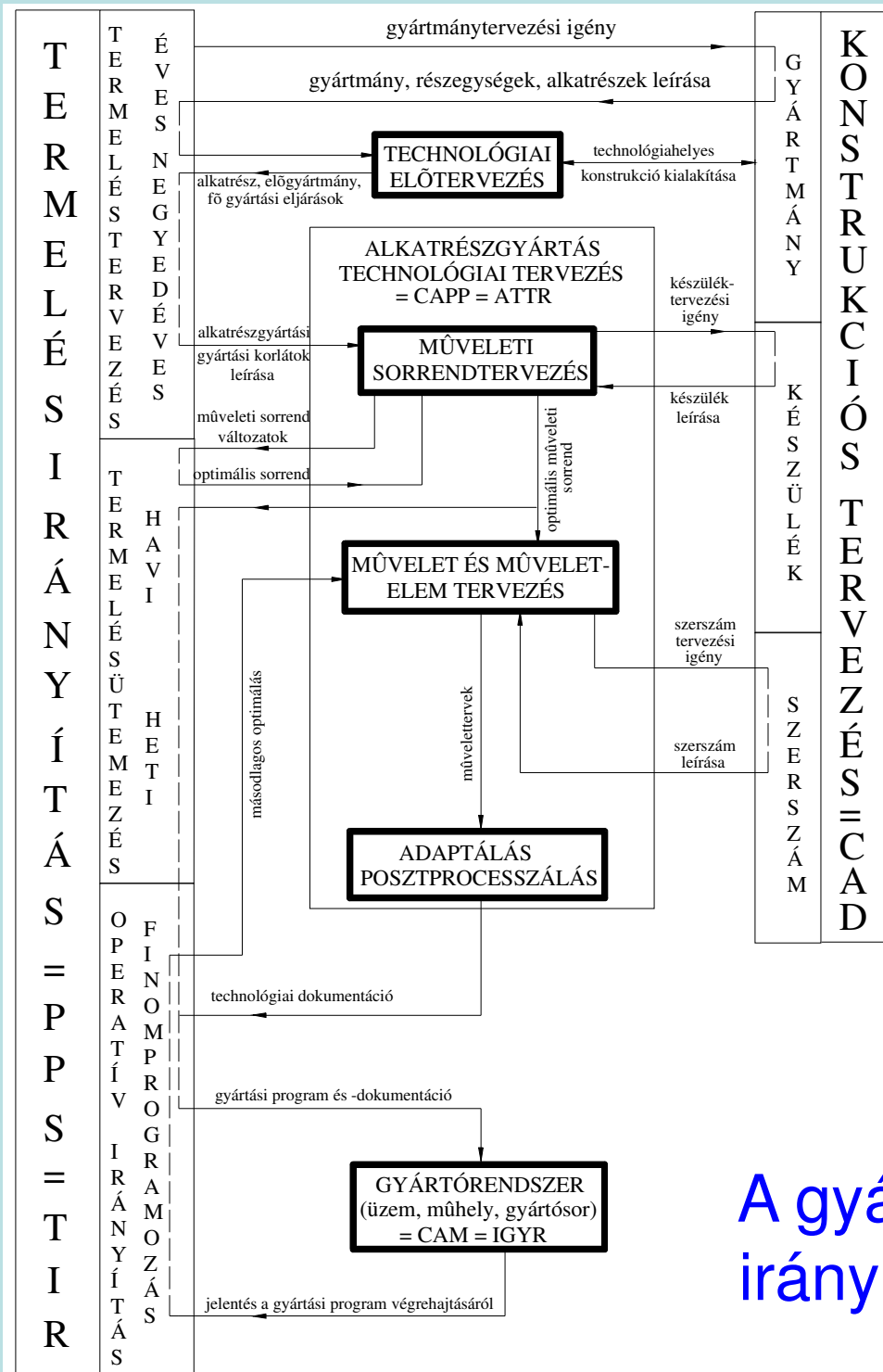
A gépgyártástechnológia a közelmúltig a termelőmunkában szerzett tapasztalatokból alakult ki. Napjainkban a törvényszerűségek, a feltételek és az eredmények módszeres feldolgozása, kutatása és tudományos megalapozása révén fejlődik.

Ha széles értelemben vizsgáljuk a **technológiai folyamatok** jellegét, akkor két fő típust különböztethetünk meg:

- a **folytonos folyamatokat** (ilyenek például a vegyi folyamatok),
- a **diszkrét** (szakaszos) **folyamatokat** (ilyenek a gépgyártási folyamatok).

Az alkatrészgyártási folyamat is alapvetően diszkrét jellegű, helyenként folytonos elemekkel. Folytonos folyamat például az egy fogáson belüli anyagleválasztás vagy a felületi réteg mikroötvözése.

A technológiai rendszerelméletet leginkább kifejező **igény az**, hogy a technológiai tervezésnek **olyan tervet kell** készítenie, mely **biztosítja a gyártórendszer optimális működését**. Ehhez a gyártás műszaki előkészítése és irányítása különböző alrendszereinek együtt kell működnie (1.11. ábra).



1.11. ábra
A gyártás műszaki előkészítésének és irányításának információs kapcsolatai

Az 1.11. ábrán középen a **technológiai tervezés**, jobbra a **konstrukciós tervezés**, balra a **termelésirányítás**, alul pedig a **gyártórendszer irányítása** szerepel.

A **konstrukciós tervezésen** belül megkülönböztetjük a **gyártmány-**, a **készülék-**, a **mérőeszköz-** és a **szerszámtervezést**. Az utóbbi kettő annyiban különbözik az új gyártmány tervezésétől, hogy a készülékekkel és a szerszámmal szembeni követelményeket a technológiai tervezés határozza meg, ám tervezésükre ugyanazon eszközök (pl. CAD rendszer) használhatók, mint bármely más új gyártmány tervezésére.

A **technológiai tervezés** számára a kiindulási adatok döntő részét a **gyártmánytervezés** adja, a gyártmány és alkatrészeinek leírása formájában. A gyártmánytervezést a technológiai tervezés funkcionális és technológiai helyességi vizsgálatokkal megalapozott konstrukciós módosítási javaslatokkal segíti.

A **termelésirányítás** három alrendszere az átfogott időintervallumban tér el egymástól. A **termeléstervezés** hosszú távú (pl. éves), a **termelésütemezés** középtávú (pl. havi, heti) időszakokra tervez, az operatív irányítás, vagy **finomprogramozás** pedig a rövid távú (adott napra, műszakra szóló) gyártási programot állítja össze. Egyben felügyeli annak teljesítését, váratlan üzemzavarok esetén módosítja a gyártási programot.

A **termelésirányítás a technológiai tervezést** azzal segíti, hogy közli a gyártás várható (tervezett) időpontjában érvényes, a technológiai tervezés által figyelembeveendő korlátokat. Ezek közé tartozhat például a gyártórendszer egyes berendezéseinek, eszközeinek letiltása a technológiai tervezés számára (pl. más gyártással való leterhelés, tervezett karbantartás, stb. miatt).

A **technológiai tervezés** képes technológiai változatokat előállítani, közülük a gyártórendszer működése szempontjából legkedvezőbb (optimális) változatot a termelésirányítás tudja kiválasztani. Ugyanis ehhez ismerni kell, hogy az alkatrész gyártásba kerülésekor az adott alkatrészen kívül még milyen alkatrészeket gyártanak majd és azok milyen mértékben terhelik az egyes gyártóberendezéseket. Ilyen információval a termelésirányítás rendelkezik, a technológiai tervezés nem. **Ha nincs kapcsolat a termelésirányítással, akkor a technológiai tervezés csak az előírt kritérium szerinti optimális technológiát képes megtervezni, ami nem feltétlenül biztosítja a gyártórendszer működésének optimumát.**

1.5. A technológiai tervezés kapcsolata a gyártás-előkészítés és irányítás más rendszereivel

A **termelésirányítás** a technológiai tervezéstől vár információt az adott alkatrész (gyártmány) előállításához szükséges gyártóberendezésekről, gyártóeszközökről, normaidőkről, segédanyagokról. Ezek az adatok a termelés ütemezéséhez, a gyártási programok összeállításához szükségesek.

A **technológiai tervezés** állítja elő a gyártórendszer irányítása által megkövetelt összetételű, tartalmú, részletességű, formájú gyártási dokumentációkat (műveleti sorrendtervek, művelettervek, CNC vezérlőprogramok, stb.) [6], [64], [162], amelyeket a termelésirányítás továbbít a gyártórendszerhez a gyártási programhoz csatolva.

A **gyártórendszer irányítása** visszajelzést ad a termelésirányításnak a gyártási program teljesítéséről, a váratlan üzemzavarokról, a gyártóberendezések leterheltségéről.

Ezek alapján – ha szükséges – a termelésirányítás módosítja a gyártási programot, amihez felhasználhatja a technológiai tervezés által szolgáltatott technológiai változatokat, esetleg aktivizálja a technológiai tervezést a technológia módosítására (másodlagos optimálás, visszacsatolás).

A fentiekben vázolt információs kapcsolatrendszerben **központi** (karmesteri) **szerep a termelésirányításnak** jut. A termelésirányítás van közvetlen kapcsolatban a vállalatirányítással, az onnét származó feladatok megoldására aktivizálja a műszaki előkészítés és irányítás alrendszerét, biztosítja közöttük az információ-átadást.

. Például a technológiai tervezés az összeállított gyártási dokumentáció részeként átadja a termelésirányításnak a CNC vezérlőprogramot is, amit a termelésirányítás – anélkül, hogy maga használná a benne lévő információt – továbbít a gyártórendszer irányításához a gyártás aktuálissá válásakor. (1.11. ábra) .

