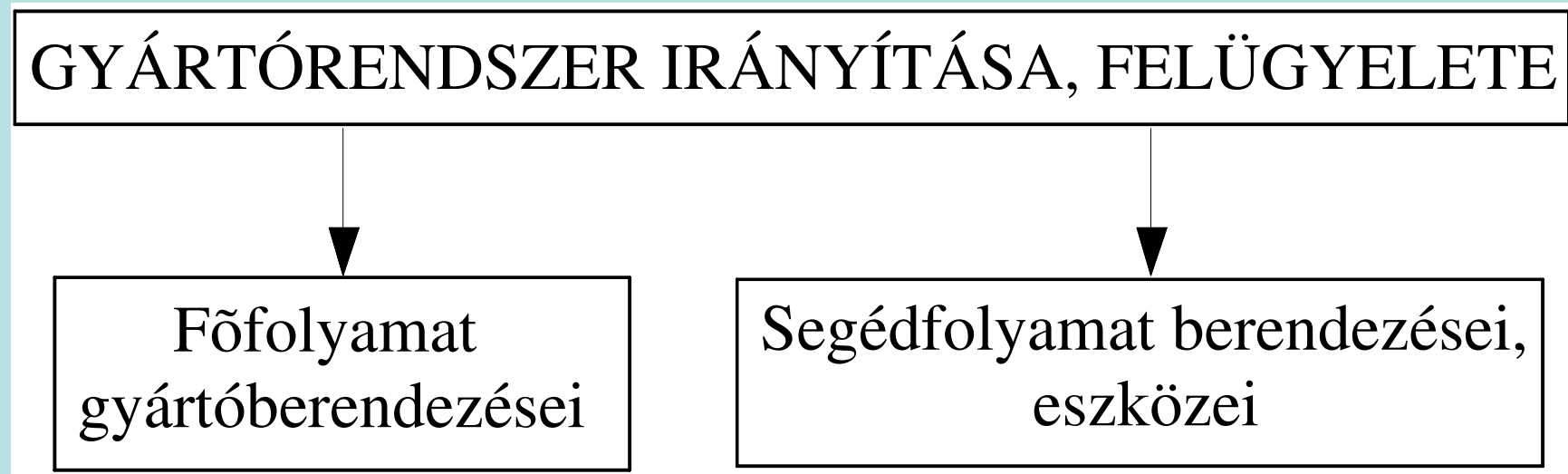


2. GYÁRTÓRENDSZEREK FŐ JELLEMZŐI

(Dudás Illés)

A **Gyártórendszer (MS)** a gyártási **fő- és segéd folyamatokat** megvalósító gyártó**berendezésekből, eszközökből**, továbbá az előbbieket irányítását, **felügyeletét** ellátó **részrendszerekből áll** (2.1., 2.3. ábra).



2.1. ábra

Gyártórendszerek fő egységei

Az egyes alrendszerek további egységekre, részrendszerekre tagozódnak. Pl. maguk a (gyártó) berendezések is rendelkez(het)nek saját irányító, vezérlő és felügyeleti egységgel (lásd NC-CNC gépeket), amelyek hierarchikus kapcsolatban állnak a gyártórendszer irányító rendszerével (CNC, cellavezérlés, gyártórendszer irányítás).

2.1. A gyártási rendszerek fajtái a gyártásszervezés és a géptelepítés szempontjából

A gyártási rendszerek meghatározó elemei a **gyártóberendezések**. Ezek elrendezésétől függ az adott alkatrész útja a gyártás során, ami jelentős hatással van a gyártásközi anyagmozgatás és raktározás, kapacitás-, idő- és költségigényére, az alkatrészgyártás átfutási idejére, a gyártási rendszer rugalmasságára (átállíthatóság egyik gyártmányról a másikra).

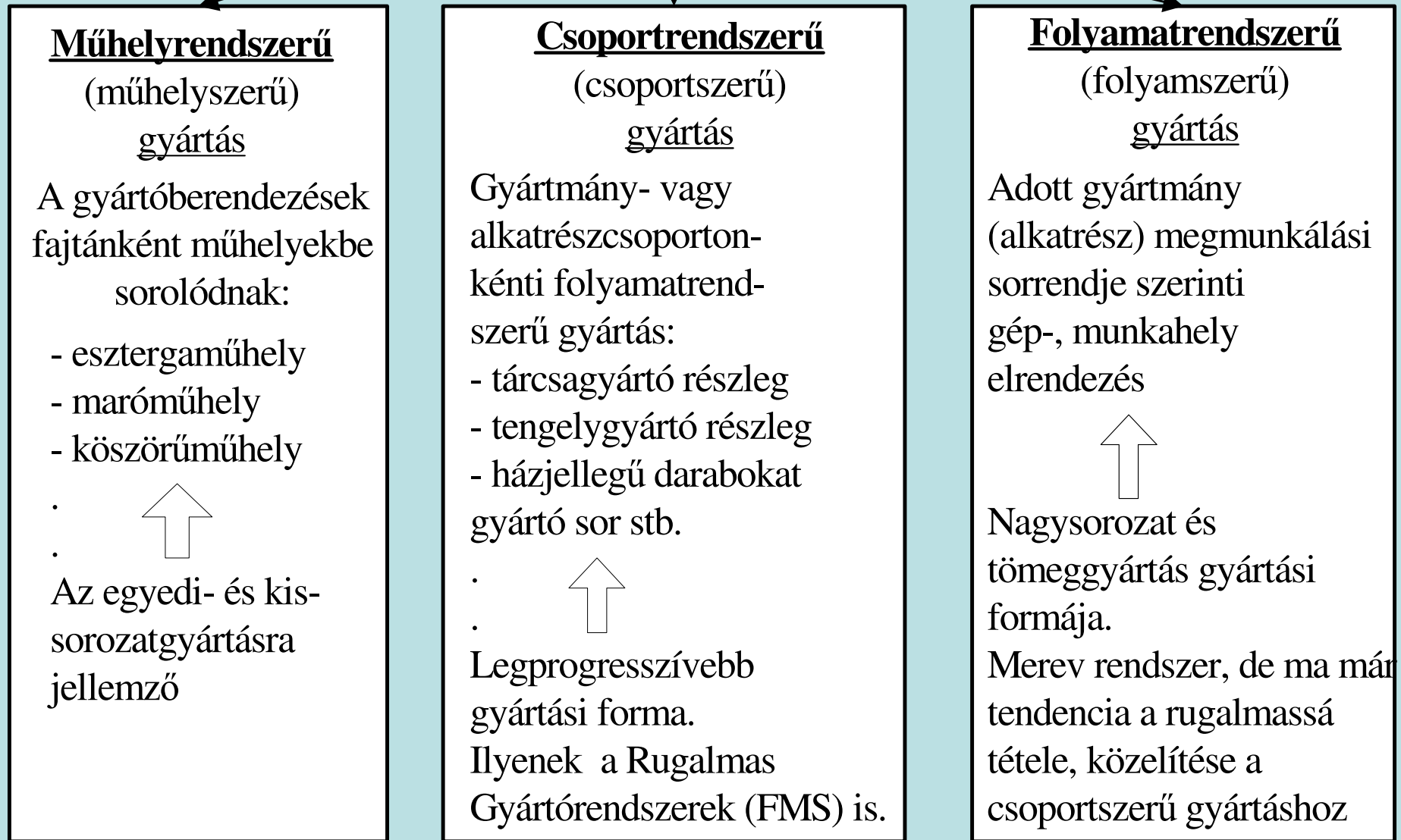
A **gyártási rendszerek** három **fajtáját** különböztetjük meg (2.2. ábra). Egy-egy vállalatnál általában ezek vegyesen fordulnak elő, tehát akár mindhárom létezhet más-más gyártási feladat elvégzésére.

A **műhelyrendszerű** (vagy műhelyszerű) **gyártás** lényege, hogy a gyártóberendezések fajtájaként vannak csoportosítva egy-egy helyen, amit általában műhelynek nevezünk.

Ilyenkor alakul ki:

- esztergaműhely,
- maróműhely,
- köszörülőműhely,
- fogazó műhely, stb.

GYÁRTÁSI RENDSZEREK



2.2. ábra Gyártási rendszerek fajtái

A **műhelyrendszerű** gyártás esetében, ha az alkatrész megmunkálása több különböző típusú műveletből áll, akkor a **munkadarab vándorol** egyik műhelyből a másikba. Ez a hátránya ennek a gyártási formának, hiszen megnövekednek az anyagutak és hosszabb lesz a gyártás átfutási ideje. Ugyanakkor a rendszer technológiai szempontból rugalmas, a műhelyek gyártóberendezései által biztosított lehetőségeken belül bármilyen alkatrész megmunkálása elvégezhető. Rugalmas olyan szempontból is, hogy ha egy gyártóberendezés kiesik a termelésből, az adott műhelyen belül könnyen áttehető a gyártás másik gépre. Mivel egy-egy műhely azonos típusú gyártóberendezésekből áll, így egyszerűbb a műhelyirányítás a vegyes gépfélékből álló gyártórendszer irányításához képest. **A műhelyrendszerű gyártás tipikus alkalmazási területe az egyedi- és kissorozatgyártás.**

A **csoportrendszerű** (vagy csoportszerű) **gyártás** estében a gyártandó alkatrészféleségeket csoportosítjuk és a technológiai folyamat szempontjából **hasonló alkatrészek** megmunkálására egy **gyártórendszert** hozunk létre.

Az alkatrészcsoportoknak megfelelően így létezhet:

- **tárcsagyártó sor** (részleg),
- **tengelygyártó sor**,
- **ház jellegű alkatrészeket gyártó sor**, stb.

A **csoportrendszerű gyártás** esetében a **munkadarab** a **technológiai sorrendnek** (a csoporttechnológiának) megfelelően a **gyártórendszeren belül vándorolnak** egyik gyártóberendezésről a másikra. Így a műveletközi anyagutak és anyagmozgatási idők rövidek, csökken a gyártás átfutási ideje. A rendszer rugalmas, a csoportba sorolható alkatrészek egyikéről könnyen átállítható egy másik gyártására. Előnye a csoportrendszerű gyártásnak az is, hogy használni lehet speciális szerszámokat, készülékeket, melyek alkalmazása egy-egy, kis darabszámban készülő alkatrész esetében nem lenne gazdaságos. Itt viszont a **relatív tömegszerűség megnövekedése** révén ezek alkalmazása gazdaságossá válik.

A csoportrendszerű gyártás technológiai tervezésének alapja a **csoporthéchnológia** (GT = Group Technology) elvének alkalmazása. A csoportrendszerű gyártás ma korszerű megfelelői a rugalmas gyártórendszerek (FMS), melyekben a gyártóberendezések, a segédfolyam berendezései és az egész rendszer irányítási megoldása (CNC, cella- és rendszervezérlő) hozzájárul a gyártórendszer rugalmasságának növeléséhez.

A csoporttechnológiához kapcsolhatóan megemlítjük, hogy **Bálint Lajos** professzor kidolgozta és előadásaiban ismertette az 1950-es évek közepén az úgynevezett **fokozatos felépítés** és méreteállítás elvét, [6], [7] amellyel a műveletek során a szükséges szerszámok mennyisége jelentősen csökkenthető volt. **Mitrofanov** könyvében [103] ezzel ellentétesen a **fokozatos lebontás** (egyszer kellett felépíteni a rendszert) elvén alapul a csoporttechnológia.

A **folyamatrendszerű** (vagy folyamszerű) **gyártást** egy-egy konkrét gyártmány, alkatrész gyártására szervezzük. Ilyenkor a **gyártóberendezéseket** az adott gyártmányra, alkatrészre érvényes **technológiai sorrend szerint telepítjük**. A magas tömegszerűségi mutató megengedi (gazdaságossá teheti) az adott gyártmány (alkatrész) előállításához célgépek, speciális szerszámok, készülékek alkalmazását. Ez a gyártási forma merev, nehezen állítható át más gyártmány (alkatrész) gyártására még azonos alkatrészcsoporton belül is. Tartósan igényelt tömeggyártás esetén ez a gazdaságos gyártási forma.

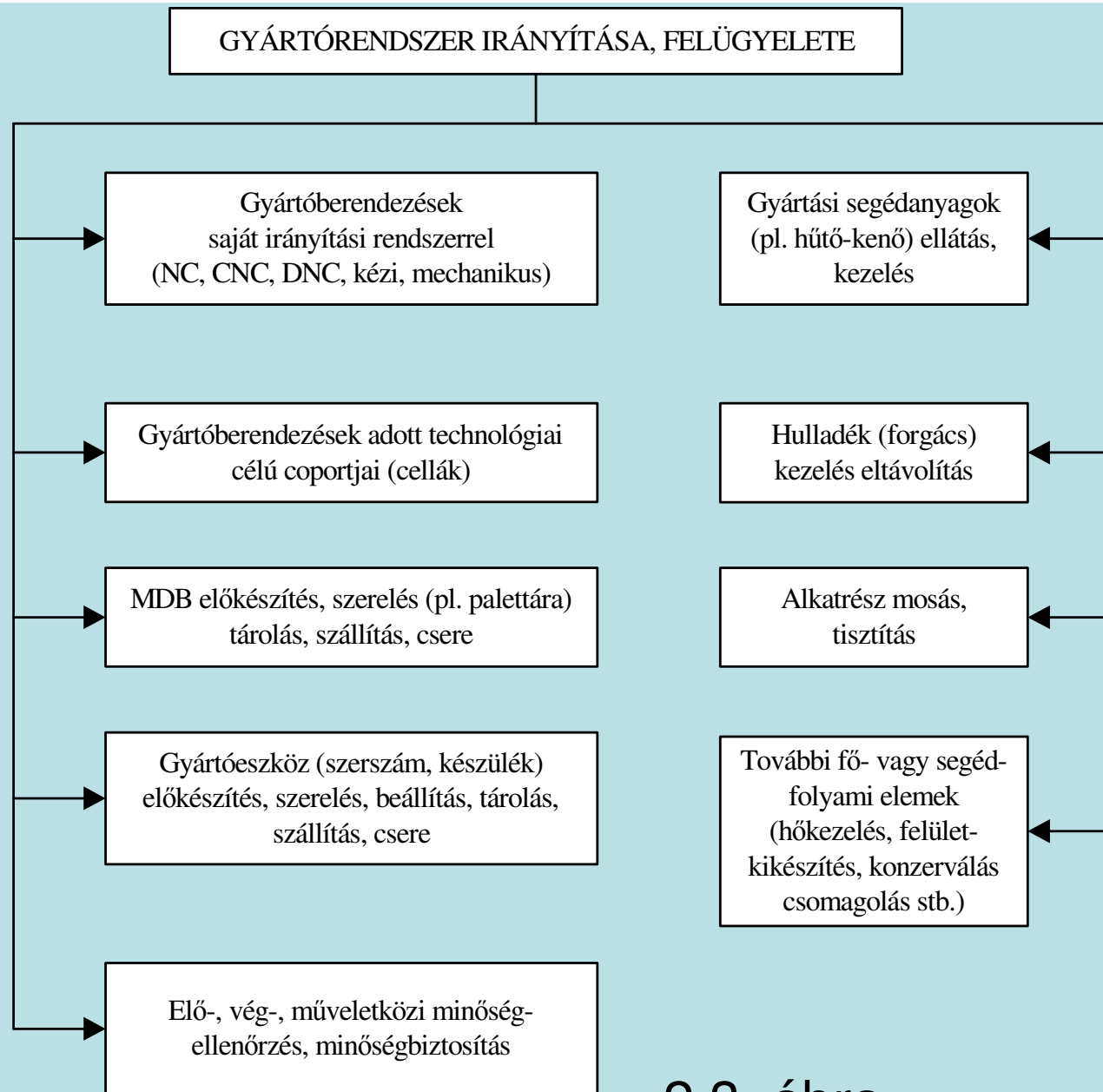
Az utóbbi időben a piaci igények jelentősen változtak. E változások lényege, hogy az olcsó, tömegáru helyett meghatározóvá vált a változatos igényeket kielégítő **gyártmányok iránti kereslet**. Ezzel összefüggésben és gyártási formaként a folyamszerű gyártás visszaszorult és **felértékelődött** a **csoportszerű gyártás**, mely ma a legprogresszívebb gyártási forma.

Az is igaz, hogy „látszólag” a folyamszerű gyártás is kezd csoportszerűvé válni. A **tipikusan tömeggyártásnak** tekintett területeken (pl.: **gépkocsi-gyártás**) is megjelentek a rugalmasság jelei. A látszólag folyamszerű tömeggyártás valójában csoportszerűvé válik. A gépkocsi-szerelősoron már nem ciklikusan egyedi szériákat gyártanak, hanem akár minden darab egyedi igények szerint készülhet.

2.2. Gyártórendszerek funkcionális építőelemei

Az adott gyártási feladatokat megvalósító gyártórendszerek építőelemeit a 2.3. ábra foglalja össze.

A gyártóberendezések a **gyártási főfolyamatot** megvalósító egységek, szerszámgépek, alakító gépek, hőkezelő munkahelyek. Lehetnek kézi vezérlésűek, merev programozású automaták (pl.: revolverautomaták), NC-CNC vezérlésűek. El lehetnek látva munkadarab tároló és cserélő egységgel, szerszám tároló és cserélő egységgel, mérőeszközzel (megmunkálás előtti, utáni, műveletközi munkadarab- és szerszám ellenőrzéshez), felügyeleti funkciót biztosító eszközökkel (hangemissziós, termodinamikai, nyomaték-, erő- stb. figyelés céljára) (lásd 2.4. fejezetet).



2.3. ábra

Gyártórendszerek funkcionális építőelemei

A **munkadarab előkészítés**, szerelés, tárolás, szállítás és csere eszközei, berendezései a munkadarab gyártóberendezéseken való pozicionálását, a gyártóberendezések közötti szállítását, raktározását, továbbá a gyártóberendezésen a kész- és nyersdarab cseréjét szolgálják.

A munkadarab **előkészítése** lehet például a nyersdarab előrajzolása, (még folyamszerű gyártás esetén is az első bázis megmunkálásához) szerelése, felhelyezése, pozicionálása és rögzítése a palettán. A munkadarab – palettára szerelve vagy önállóan – a tárolóból kerül a gyártóberendezésekre, esetleg egy automatizált **cserélőberendezés** segítségével.

A **gyártóeszköz** (készülék, szerszám) [39] előkészítés, szerelés, beállítás, tárolás, szállítás, csere funkciói közé tartozik:

- munkadarab befogókészülék összeszerelése elemekből,
- forgácsolószerszám összeszerelése a szerszámból, közbetét(ek)ből, szerszámtartóból,
- az összeszerelt szerszám bemérése, minősítése, tárolóhelyre helyezése,
- a szerszámok és munkadarab befogókészülékek gyártóhelyre szállítása, ottani tárolása,

- szerszámok és készülékek cseréje a szerszám-, készüléktárból a gyártóberendezés szerszám-, készülékhelyére,
- palettára szerelt munkadarab tárolása és cseréje a gyártóberendezésen,
- a készdarab kivétele a befogókészülékből, leszerelése a palettáról.

A **minőségellenőrzés** és minőség**biztosítás** funkciói közé tartozik előre megtervezett stratégia (pl.: **SPC**) alapján:

- a nyers- és készdarab mérése, ellenőrzése,
- a munkadarab műveletközi és műveleten belüli mérése, ellenőrzése,
- a gyártmány előírt minőségének ellenőrzése, biztosítása.

A **gyártási segédfolyam további** funkciói:

- a segédanyagok (hűtő-kenő, bevonatoló, felületvédő stb.) kezelése, szállítása, tárolása,
- a gyártási hulladékok (pl.: forgács) összegyűjtése, eltávolítása, a gyártóberendezések munkaterének tisztán tartása,
- az elkészült gyártmányok, alkatrészek mosása, tisztítása.

A gyártás további fő- vagy segédfolyami funkciója lehet:

- hőkezelés, felületkikészítés a gyártórendszeren belül,
- konzerválás, csomagolás stb.

A **gyártórendszerek** funkcionális **építőelemei a gyártórendszer irányítása** és felügyelete **alatt működnek**. Ez az irányító és felügyelő rendszer hierarchikus. Az irányítás és felügyelet fő hierarchia szintjei a 2.4. ábrán láthatóak.

- a gyártási (megmunkálási, alakítási) folyamat közvetlen irányítása, szabályozása (például a forgácsolási folyamat adaptív szabályozása, irányítása),
- a gyártóberendezés irányítása (NC, CNC, merev programozású pl.: vezérlőtárcsával),
- a gyártóberendezések csoportjának irányítása (cellavezérlő),
- az előbbieket összefogó, összehangoló gyártórendszer-irányítás, -vezérlés, felügyelet.

Gyártórendszer irányítása, felügyelete



Gyártóberendezés - csoport, cella vezérlése



Gyártóberendezés vezérlése
(NC, CNC, merev programozású
megoldások pl.:vezértárcsa)



Folyamat - vezérlés (pl.:Adaptiv Control)

2.4. ábra

A gyártórendszer irányításának, felügyeletének hierarchikus szintjei
Miskolci Egyetem, Gyártástudományi Intézet, Prof. Dr. Dudás Illés

2.3. Rugalmas gyártórendszerek

A rugalmas gyártórendszerek a csoportszerű gyártáson belül a legkorszerűbb megvalósítási formát jelentik. Tervezésük a csoporttechnológia (GT) elvének következetes alkalmazásával valósul meg. Ennek segítségével dönthető el, hogy a rugalmas gyártórendszer milyen alkatrészcsoport megmunkálására legyen felkészítve.

Tekintsük át a rugalmas gyártórendszer meghatározását, fő építőelemeit és néhány konstrukciós megoldást.

Rugalmas gyártórendszer (FMS): NC-CNC szerszámgépek, automatizált anyag és szerszámszállító eszközök, automatizált tisztító/mosó, mérő, tesztelő berendezések integrált számítógépes irányítású komplexuma, mely minimális kézi beavatkozással és rövid átállási idővel képes megmunkálni egy specifikus alkatrészcsalád bármely tagját az előre meghatározott képességeknek megfelelően és előre definiált ütemezés szerint.

A rugalmas gyártórendszerek fő építőelemei:

- **Rugalmas gyártóegység (FMU):** egy NC/CNC szerszámgép, általában megmunkálóközpont vagy esztergaközpont, szerszámtárral és automatizált szerszámcsereelővel, munkadarab (esetleg többpalettás) tárolóval, automatikus munkadarab (paletta)cserelővel, automatizált mérőegységgel és felügyeleti funkciókkal. Következésképpen az egység képes részben emberi felügyelet nélkül dolgozni.
- **Rugalmas gyártócella (FMC):** két vagy több NC/CNC szerszámgép, többnyire megmunkálóközpont, saját vagy közös munkadarab (esetleg többpalettás) tárolóval, automatikus munkadarab-/paletta cserelővel és szerszám tároló és cserelő egységgel, automatizált mérőeszközökkel és folyamat felügyelettel. A cella működését egy cellavezérlő számítógép irányítja, az emberi felügyelet minimalizálását segítve.

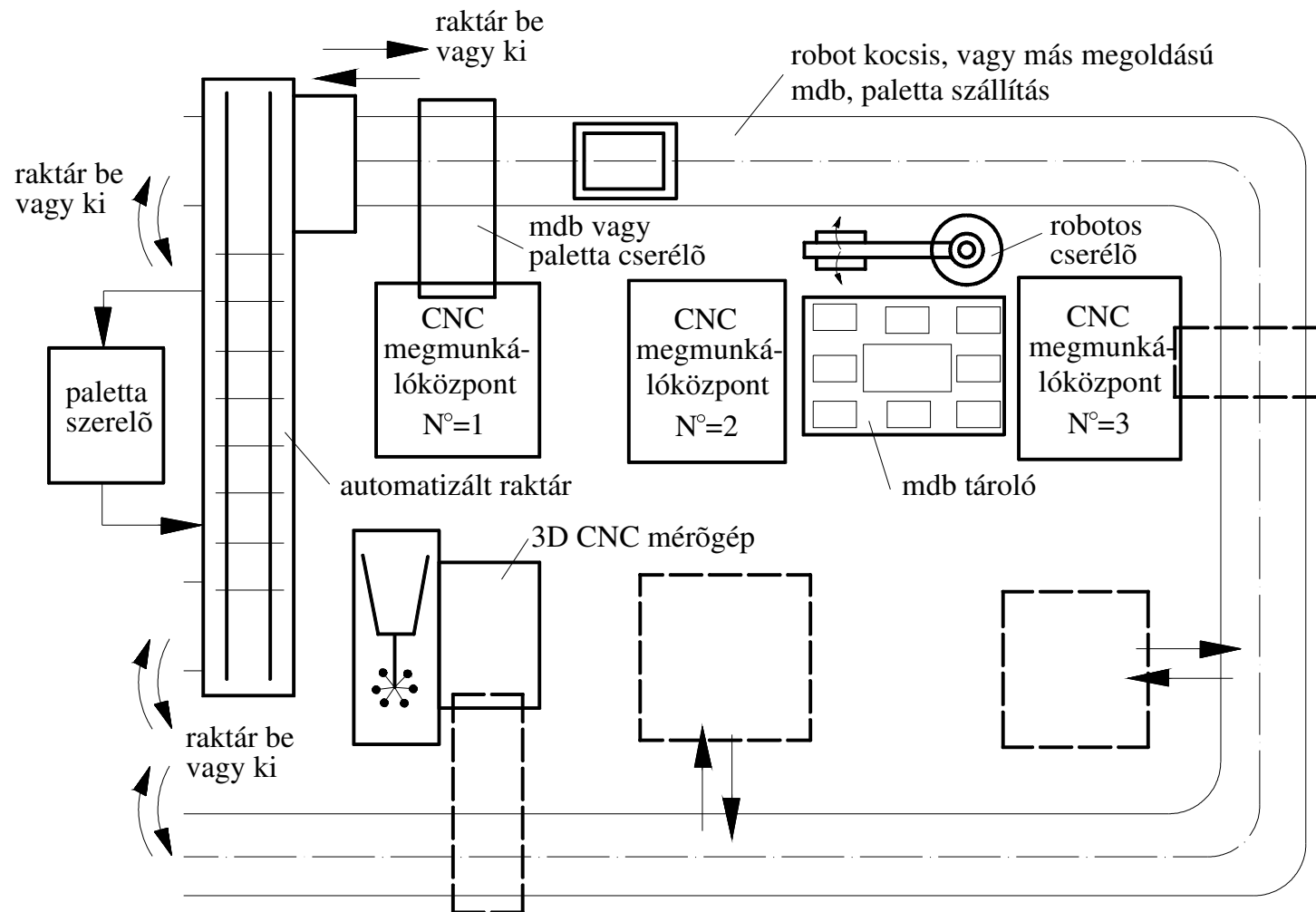
A **komplett gyártás** eszköze [15] [93] a többtengelyű megmunkáló központ. Technológiai tartalma: különféle irányú és helyzetű felületek (fúrása, marása, esztergálása, stb.) egy felfogásban készülnek, így csökken a várakozási idő, a szállítási út, az átrakások száma, az idő- és költségigényes tárolási munka. (Lásd: [53] 1.11. ábráját)

A gyártóegységet és cellákat hierarchikus építőelemként kezelve megállapítható, hogy a **rugalmas gyártórendszer két vagy több cellából vagy cellából és gyártóegységből álló rendszer**, ahol a cellákat/egységeket automatikus szállítórendszer köti össze (automatikus vezérlésű járművek, vezető nélküli targoncák, számítógéppel irányított konvektorok). A szállítórendszer továbbítja a palettákat, a munkadarabokat és a szerszámokat a gépek, a munkahelyek és a raktárak között. A teljes rendszer egy rendszervezérlő számítógép irányítása alatt áll, mely felett további számítógépes hierarchiai szintek működhetnek (üzem, műhely, vállalat). A rugalmas gyártórendszer szerves részét képezi a műveletközi méréseket, elő- és végellenőrzést megvalósító CNC mérőgép, továbbá a palettaszerelő hely, ahol a gyártórendszerbe kerülés előtt a munkadarabot palettára szerelik, majd a gyártórendszeren belüli megmunkálás után a palettáról leszerelik. (2.5. ábra [78]).

A **felügyeleti funkciók** alapjelenségei (szerszámkopás, megmunkálási méreteltérés, forgácsolóerő, -nyomaték, termodinamikai, hangemissziós jelenségek) figyelése döntően a gyártóberendezéseken valósul meg. Az eredmények alapján a beavatkozás a folyamatba általában többszintű. Megvalósulhat a gyártóberendezésen (a CNC vezérlés közreműködésével), a cellában (a cellavezérlőn keresztül) és a gyártórendszerben (a rendszervezérlő közreműködésével).

Az alkatrészgyártást megvalósító **gyártórendszer részét** képezheti a **hőkezelő munkahely** is, így ugyanis a munkadarabnak a hőkezelés miatt nem kell elhagynia a gyártórendszert. Előfordulhat olyan megoldás is, hogy a hőkezelés megvalósítható a gyártóberendezésen vagy cellában, aminek korszerű eszköze a lézeres felülethevítés.

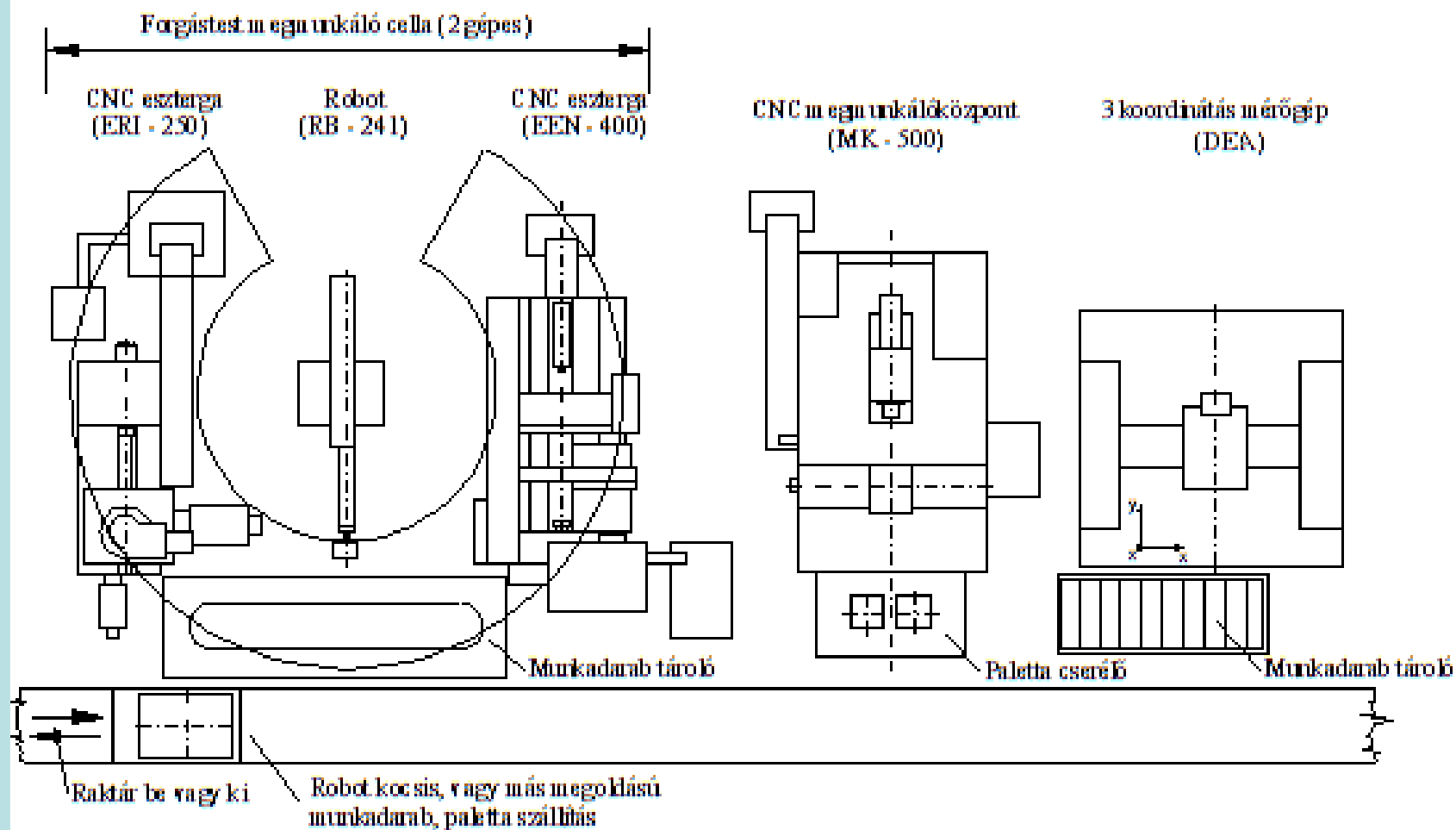
Egy rugalmas gyártórendszer legfontosabb elemeit, általános felépítését a 2.5. ábra szemlélteti, (mellőzve a cella- és gyártórendszer-vezérlő egységeit, valamint a hőkezelő munkahelyet és a folyamatfelügyeletet).



2.5. ábra
*Rugalmas
 gyártórendszer
 általános
 felépítése*

A 2.5. ábra a Budapesti Műszaki Egyetem Gépgyártástechnológiai Tanszéken megvalósult rugalmas gyártórendszert mutatja be, amely egy cellába szervezett munkadarab ellátó és robotos kiszolgálású CNC gépeket, megmunkálóközpontot és az ellenőrzésekhez 3D mérőgépet tartalmaz.

Miskolci Egyetem, Gyártástudományi Intézet, Prof. Dr. Dudás Illés



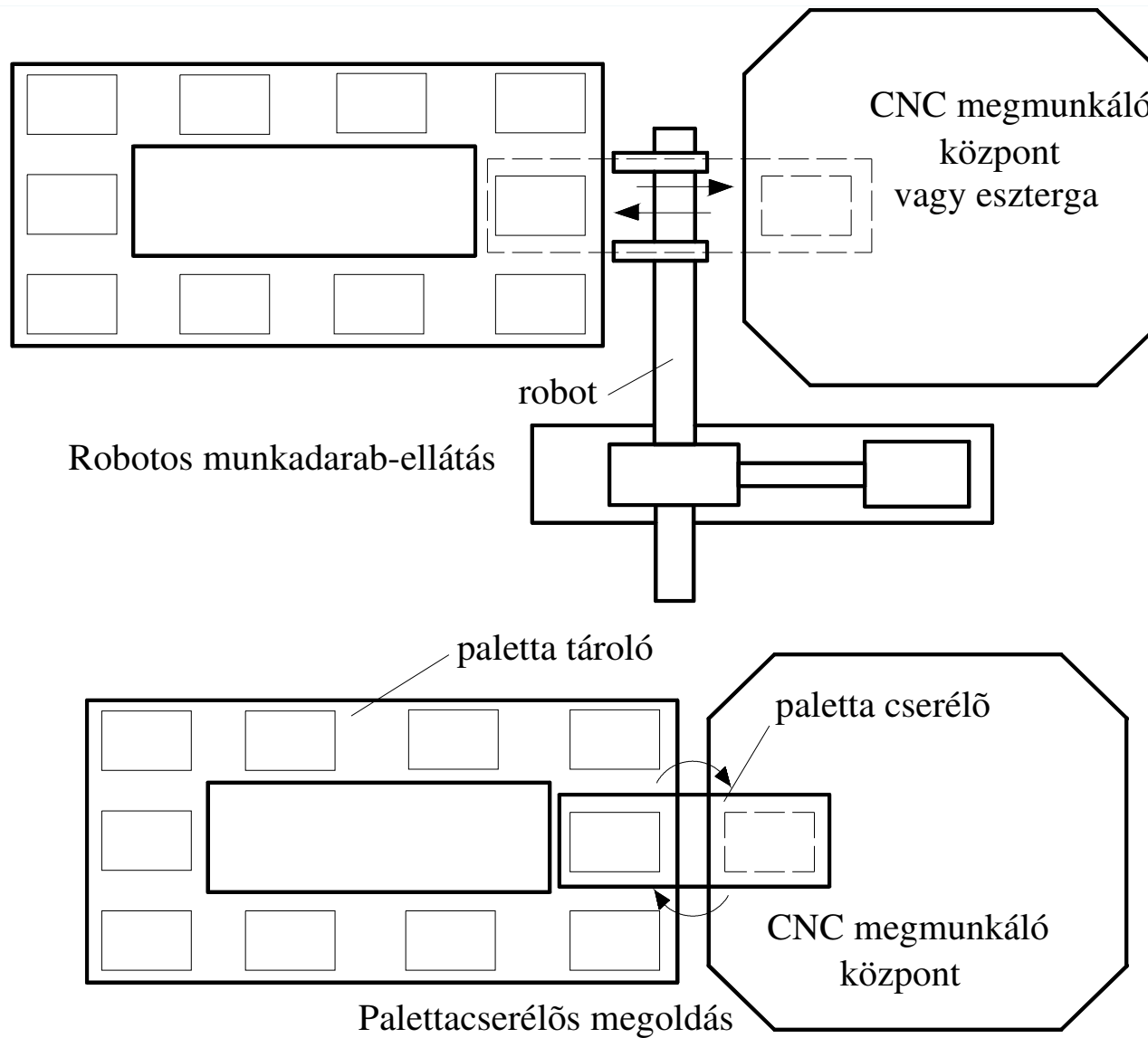
2.6. ábra

Rugalmas gyártórendszer felépítése
(ME Gépgyártástechnológiai Tanszék) [53]

A **munkadarab tárolás** és **csere** automatizált megoldásai közül két változatra érdemes felhívni a figyelmet (2.7. ábra):

- Az egyikben paletta tárolót és cserélőt alkalmazunk, ezt hívják **palettacserélős** munkadarab **kiszolgálás**-nak.
- A másik a **robotos kiszolgálás**, amikor a munkadarab-tárolót és a gyártóberendezést robot kapcsolja össze.

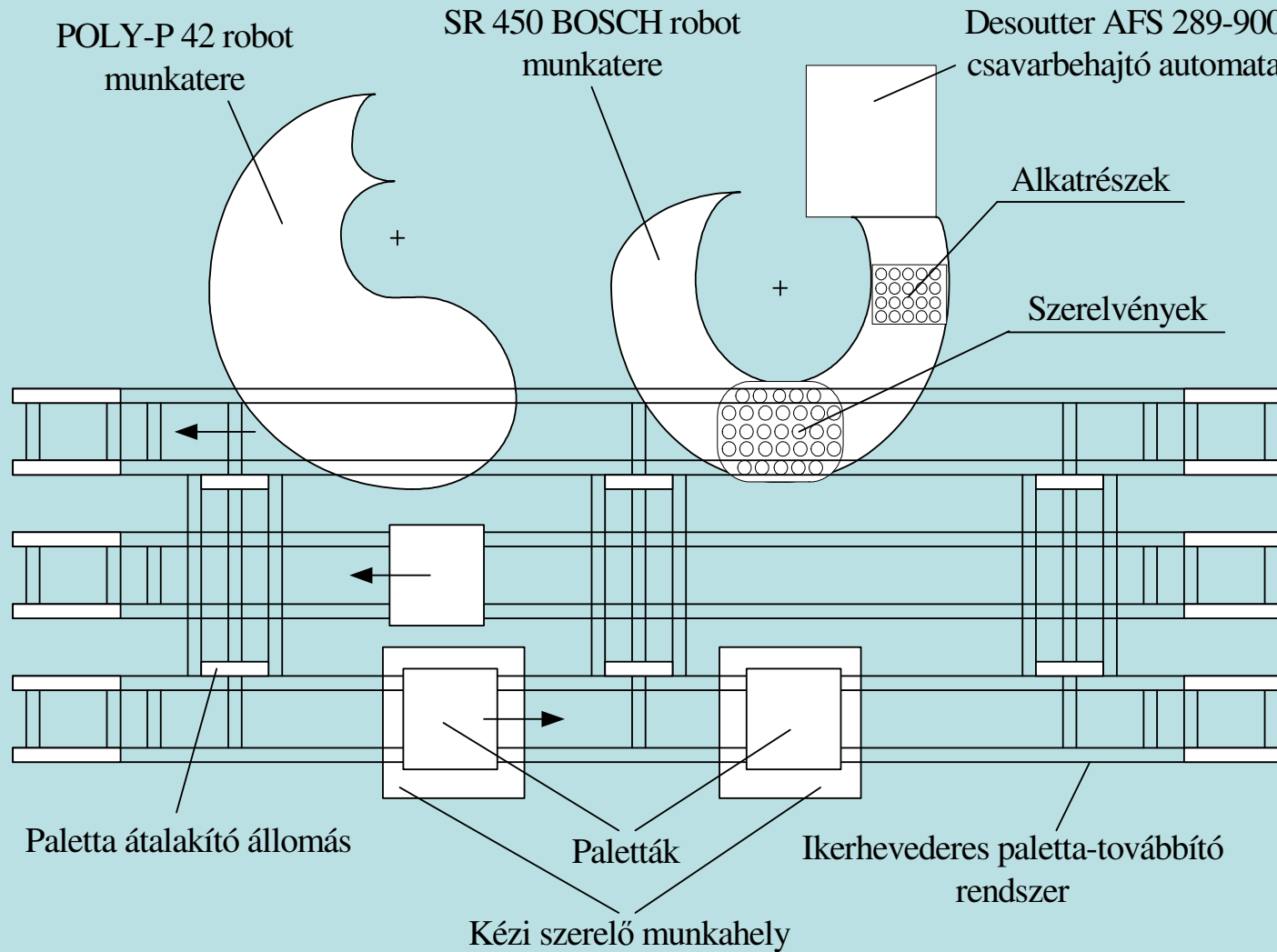
Hogy melyiket mikor alkalmazzuk, ez a mozgatni kívánt munkadarab konfigurációjától és súlyától függ. Nyilvánvaló, hogy **szekrényes alkatrészeknél** (melyeknél a darab helyzetbehozása, pozicionálása, beállítása a gyártóberendezésen munka- és időigényes feladat) **célszerű a palettás megoldás**, míg **forgástesteknél** általában a **robotos kiszolgálás javasolható**.



2.7. ábra

A munkadarab-tárolás és -csere automatizált megoldásai rugalmas gyártórendszerekben

A 2.8. ábrán egy működő rugalmas szerelő rendszert mutatunk be.



2.8. ábra

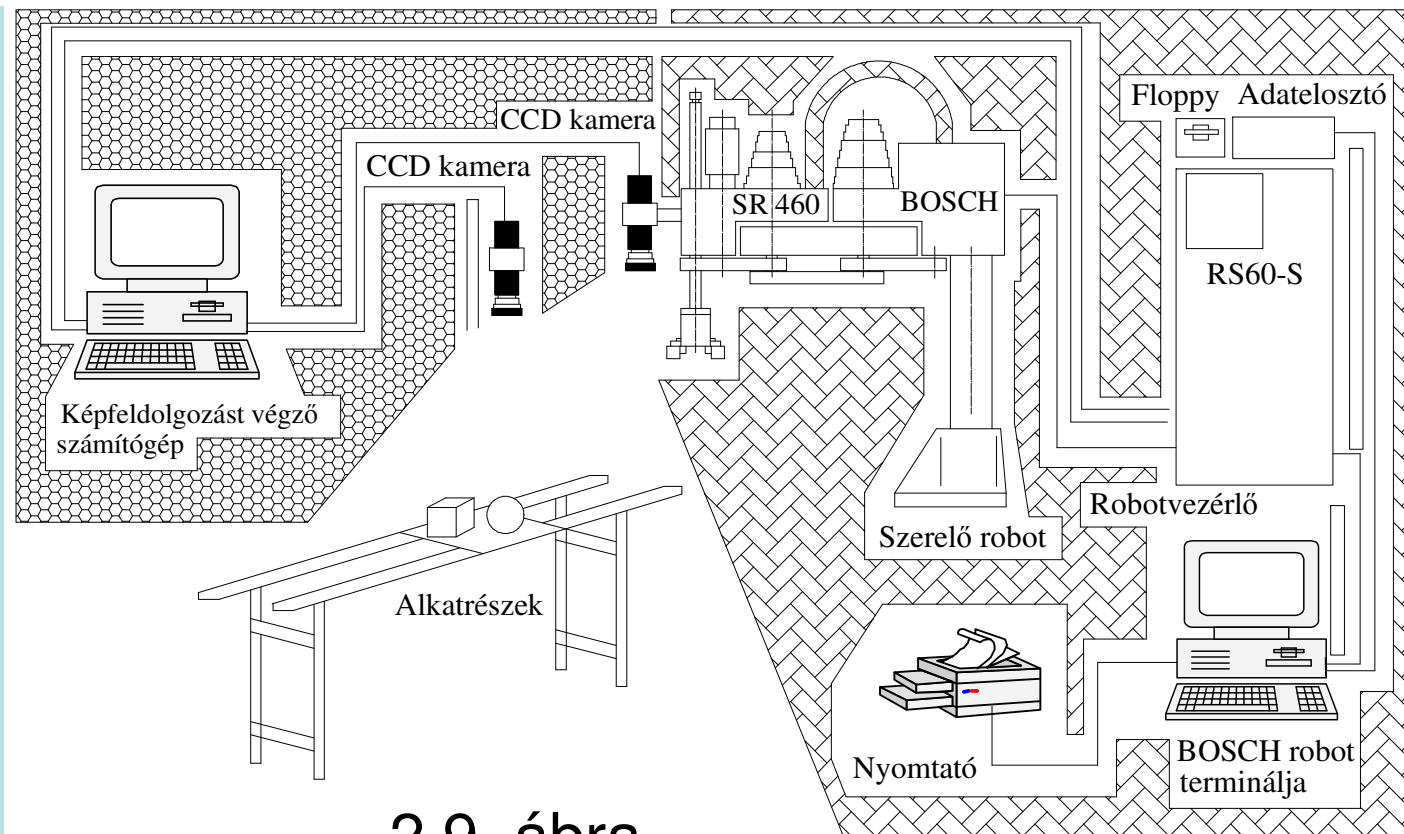
*Rugalmas robotos szerelő mintarendszer
(ME Gépgyártástechnológiai Tanszék)*

A 2.9. ábra egy rugalmas szerelő cellát és annak kétkamerás ipari alakfelismerő és képfeldolgozó rendszerét mutatja be, mely magában foglalja a szükséges célhardvereket (kamerák, számítógép), valamint a betanító és felismerő szoftvereket.

Az általunk kialakított videoszenzorral felszerelt robotos szerelő a következő műveletek végrehajtására képes:

- az anyagmozgató rendszer PLC programjának elindítása, alapállapot felvétele,
- az alakfelismerést végző mérőprogram elindítása,
- robotprogramok elindítása,

- a szereléstechológiának megfelelően paletták BOSCH robot munkaterébe érkeztetése megfelelő tartalommal,
- BOSCH robot a szerelési feladatai során bizonyos döntésekhez igénybeveszi a mobil, vagy fix CCD kamerát, jelezve az alakfelismerő felé,
- alakfelismerő számítógép a kiválasztott kamerával az alakfelismerést automatikusan végrehajtja és az eredményről tájékoztatja a robotot,
- BOSCH robot a felismert minta alapján tovább folytatja a szerelési műveleteket, majd a palettát tovább engedi,
- az anyagmozgató rendszer a palettát a megírt PLC program szerint a megfelelő útvonalon a következő munkahelyre szállítja [S-4].



2.9. ábra

*CCD kamerával ellátott robotos szerelő rendszer
(ME Gépgyártástechnológia Tanszék)*

2.4. Az alkatrészgyártás technikai rendszerei

A gyártás automatizálását a gyártóberendezések különböző automatizáltsági szintű változatai szolgálják. Egy lehetséges osztályozást mutat be a 2.1. táblázat.

2.1. táblázat Gyártóberendezések osztályozása

Gyártóberendezések		
<p>Hagyományos kézi vezérlésűek (egyetemes szerszámgépek) ezek vezérlését, irányítását a gépkezelő, magasan kvalifikált szakmunkás látja el.</p>	<p>Merev programozásúak (mechanikus automaták, célgépek) ezek vezérlését mechanikus vezérlő elemek (vezértárcsák, másolólécek, vezérlő dobok, stb.) látják el. A vezérlő elemek előállítása munka- és költségigényes, csak nagyobb gyártandó darabszám mellett gazdaságos.</p>	<p>Numerikus vezérlésű (NC, CNC) gépek, melyeknél vezérlőberendezés irányítja a gép működését számítógépes adathordozóra vitt vezérlő-program alapján. Könnyen, rugalmasan állít-ható egyik gyártmányról a másik gyártására Egyedi és kissorozat automatizálására is alkalmas Bonyolult, szabad formájú felületek is megmunkálhatók. Az adathordozó lehet floppy lemez, CD vagy a vezérlő program bevihető az NC-CNC vezérlő berendezésbe közvetlenül a számítógépről.</p>

NC-CNC gépek esetében a munkadarab és szerszám relatív helyzetét, egymáshoz viszonyított mozgását meghatározó, egyidejűleg vezérelhető koordináták függvényében az alábbi **vezérléstípusokat** különböztetik meg:

2D-s vezérlés

xy síkban vezérelt mozgás, azaz 2 koordináta mentén pályavezérlés.

2 1/2D-s vezérlés

xy (vagy bármely fősíkban, így yz, zx) 2 koordináta mentén pályavezérlés, míg a harmadik koordináta külön, lineárisan vezérelhető.

3D-s vezérlés

x, y, z koordináták menti mozgás egyidejű vezérlése.

Többtengelyű vezérlés

(3-5D)...stb.

az x, y, z koordináták menti mozgás mellett egy vagy több tengely körüli elfordulás is egyidejűleg vezérelhető.

Ilyenek a fúró-maró gépek, megmunkáló központok stb.