Anyagtechnológia

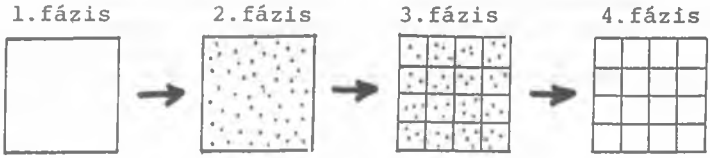
BÉRCZI SZANISZLÓ – CECH VILMOS – HEGYI SÁNDOR

Olyan ismerettartományt javasolunk a középiskolai technika tantárgy egyik megújított részének, amely közismereti, tevékenységközpontú és változatos. A diákság élménykincsére támaszkodik, és azt szándékozik továbbfejleszteni. Témája az anyagátalakító tevékenységek rendezettsége, a fő anyagátalakító folyamatok. Ezek a folyamatok ember által irányítottak és kerek egészt képeznek. Mi ez a kerek egész? Maga az anyagátalakító folyamat, a kiindulási anyagtól a célul kitűzött anyagig.

A környezetére figyelő ember tapasztalhatja, hogy az anyagok átalakulnak. Ezek az anyagátalakulások rendkívül változatosak, mégis vannak jól fölismerhető törvényszerűségek bennük. A természet élő anyagainak állapotváltozásai a természet nagy ciklusaival együtt zajlanak: a fű tavasszal kizöldül, nyáron megsárgul, a birkák lelegelik, majd újra hajt. Azt tudjuk, hogy az állapotváltozások nem függenek jelenlétünktől, tehát távollétünkben is folynak. Leírni csak bizonyos időpontokban végzett észlelések alapján tudjuk őket. Az anyagok állapotváltozásainak leírására ezért bevezethetünk rögtön egy elvet. Ez az elv éppen ezt az állandóan jelen nem levést építi be az állapotváltozás leírásába: állapotváltozásokat csak fázisaiknak megfigyelésével tudunk leírni. Ezért ezt az elvet az *állapotváltozást fázisaival* elvnek nevezzük. A fázisokból – mint pillanatfelvételek sorozatából – rekonstruálhatjuk az állapotváltozás folyamatát.

Azért fontos ez az elv, mert *a céllal végzett állapotváltoztatási folyamat (vagyis az anyagtechnológia)* éppen ilyen *állapotok sorozatából áll* majd *össze* (1. ábra). Lesz

Állapotsor ábrázolása a VÁLTOZÁST FÁZISAIVAL ely alapján.



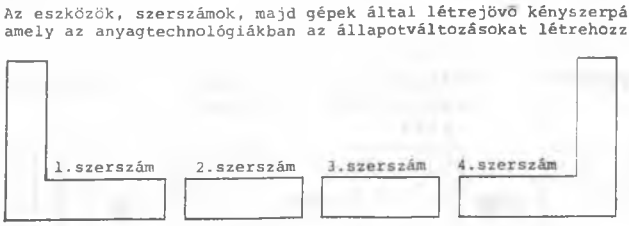
1. ábra

azonban egy lényeges különbség egy fázisaival leírt természeti folyamat és az anyagtechnológiákban bemutatott folyamatok között. Ez abból adódik, hogy míg a természeti állapotváltozások az anyagok szabad, kényszer nélküli átalakulásainak tekinthetők, addig *a technológiákban lezajló állapotváltozások kényszer hatására következnek be.* Ezt a kényszert szerszámok (vagy összetett eszközök, gépek) fejtik ki, előbb emberi, később már a gépekbe épített irányítással (2. ábra). Az anyagtech-

nológiák bemutatásának első lépése tehát az, amikor kényszer hatására elvégzett állapotváltozási folyamatként vizsgáljuk meg őket.

Az anyagtechnológiáknak állapotváltoztatási kényszerfolyamatként való tárgyalása kiemeli a beavatkozásokat, mint az anyagok spontán átalakulásait módosító *műveleteket*. Kiemeli e beavatkozásokat azért, mert az állapotváltozásból ezek a kritikus pontok , másrészt e beavatkozások az állapotváltozási folyamat *természetes tagolását is kínálják*. Valójában jól ismert dolgokról van szó. Elég ennek belátásához sorra venni a kenyérsütés műveleteit (3. ábra).

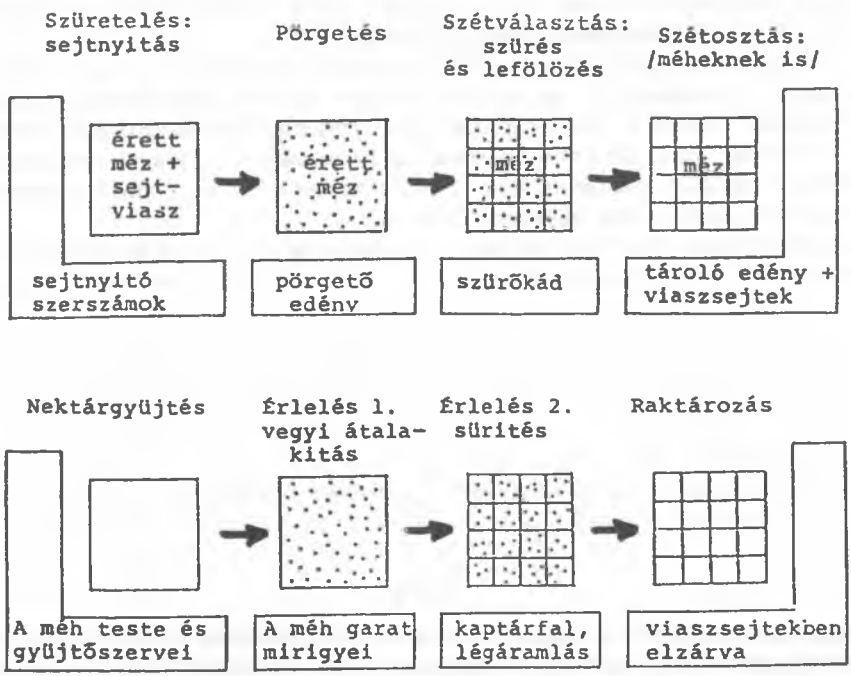
Az alapanyagok (liszt, víz, só, kovász) *összekeverése* után a *dagasztás* és a kelesztés műveletei következnek, esetleg többször, ciklusban ismételve, végül a



2. ábra

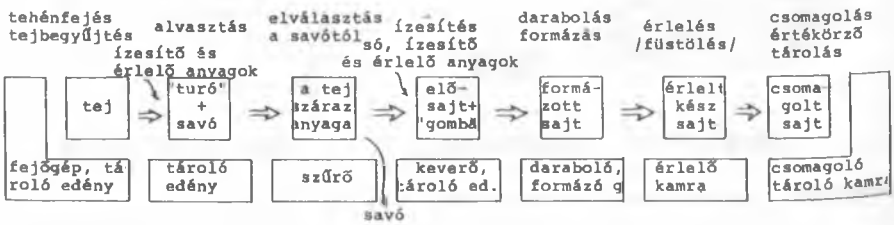
kenyérsütés hozza létre a fogyasztásra alkalmas végterméket. A négy művelethez nemcsak a változó anyagot (összekevert tésztaanyag, dagasztott tészta, kelt kenyértészta, megsült kenyér) tudjuk kapcsolni, hanem a műveletekben használt eszközöket (dagasztóteknő, kelesztőszakajtó, sütőkemence) is. A technológia áttekintéséhez világos tagolást kapunk, ha a három, minden művelethez hozzárendelhető fogalmat:

3. ábra



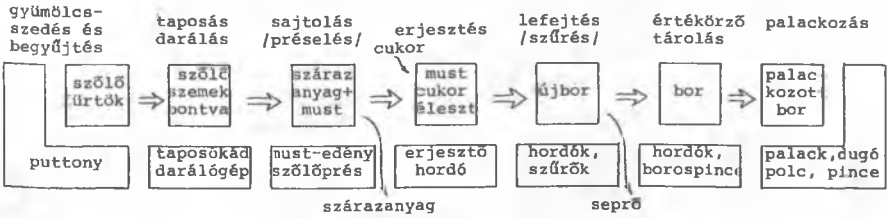
4. ábra

a *művelet nevét,* ami az eseményre, cselekvésre, kölcsönhatásra utal, a *művelet anyagát* és a *művelet kényszerfeltételeit* rendre fölsoroljuk. A technológiát mindhárom sorozat, a műveletek sora, az állapotváltozás sora és az eszközök sora egyértelműen jellemzi, de más és más oldalról. Mivel kényszerpályán végzett állapotváltoztatásról van szó, azt fázisaival (azaz műveleteivel) és a kényszerítő eszközsorral együtt kell mindig bemutatni. Ez tehát az a minimum, amellyel egy technológiát jellemezni tudunk. Programunk első lépése az, hogy a diákokkal minél hétköznapibb, sokak által ismert, de jellemző, kerek egész gyártási technológiákat ismertessünk meg a bemutatott formában.



5. ábra

Az általunk "tíz kicsi indián"-nak nevezett közismereti technológiák felölelik a méz (4. ábra), a sajt (5. ábra), a kenyér (3. ábra), a bor (6. ábra) készítését, a bőrkikészítést, a tégla, a porcelán, a papír, az acél és az alumínium gyártását, és még néhány többszörösen összetett technológiát. Ezek leírása során egyre összetettebb folyamatként láttatjuk a műveletsorokat azáltal, hogy *egyre több részfolyamattal egészítjük ki* azt *a technológialeírási "csontvázat"*, amelyet a kényérsütésnél röviden bemu-

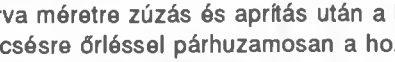


6. ábra

tattunk. Egy összetettebb technológia bemutatására álljon itt példaként az alumíniumgyártás technológiájának rövid leírása (7. ábra), amit már nemcsak műveleti lépésenként, berendezések és állapotváltozások sorozataként mutatunk be, hanem mellé írva a művelethez tartozó kémiai folyamatot is; továbbá kiemeljük az egyik segédanyagkört (lúgkörzés). (8. ábra)

1. *Őrlés és oldás.* Durva méretre zúzás és aprítás után a bauxit golyósmalomba kerül, ahol a finomszemcsésre őrléssel párhuzamosan a hozzá adagolt NaOH lúg segítségével megkezdődik az őrlemény oldása is.

2. *Föltárás.* Autoklávokban (acélfalú hengeres tartályokban) 220°C hőmérsékleten és 6 bar nyomáson a nátronlúg hatékonyan oldja ki a bauxit alumíniumoxid-tartalmát és nátrium-aluminát oldat keletkezik:



$$Al(OH)_3 + 3\ NaOH = Na_3AlO_3 + 3\ H_2O$$

A bauxit Fe_2O_3 és SiO_2 tartalma nem oldódik, hanem csapadékot képez. Ennek egy része alumino-hidroszilikát komplex ($Na_2O.-Al_2O^3.2SiO_2.2H_2O$), amely képződése során alumíniumot is elvon az oldatból, ezért a nyersanyagul fölhasznált bauxitra fontos követelmény, hogy benne az Al_2O_3:SiO_2 arány (szaknyelven a modulusz) 8-nál nagyobb legyen.

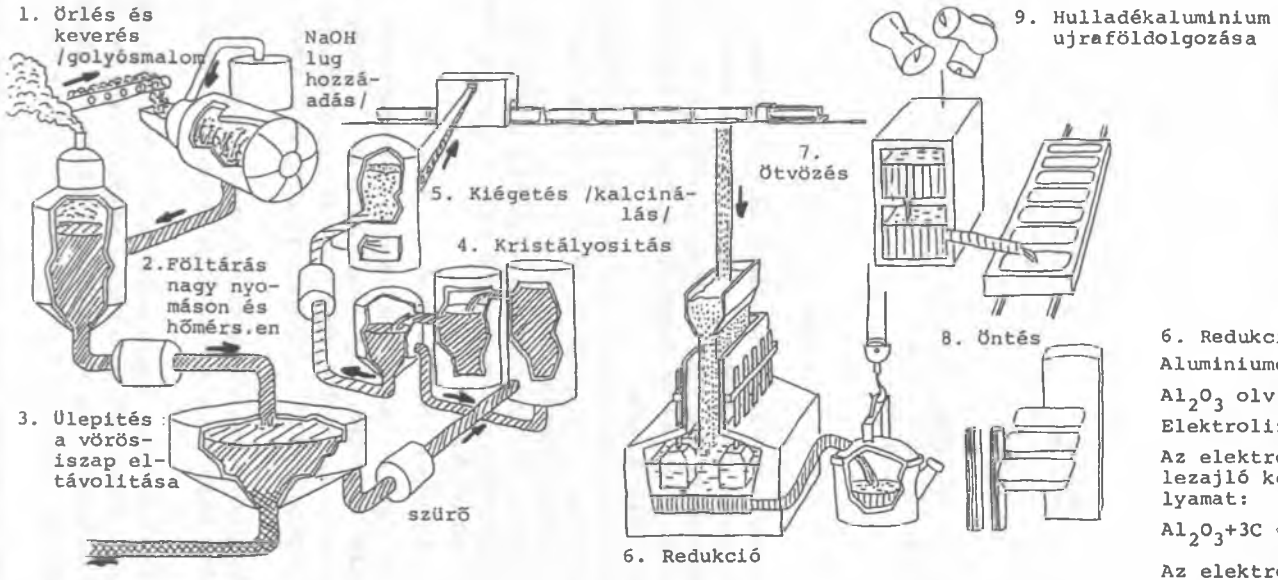
3. *Ülepítés.* Az autoklávokból kikerülő oldatot higítják és nagyméretű (6000 m^3-es) Dorr-ülepítőtartályokban választják el a vörösiszapnak nevezett oldhatatlan csapadéktól.

4. *Kristályosítás.* Az aluminátlúg oldatból lassan alumíniumhidroxid válik ki. Ezt a folyamatot beoltással, alumíniumhidroxid kristályok adagolásával gyorsítják.

5. *Szűrés.* A kivált kristályokat tartalmazó sűrű oldatba tárcsa- és dobszűrő-felületek merülnek, melyekre az egyik oldalon létesített alacsonyabb nyomás szívja föl a kristályokat.

6. *Kiégetés (kalcinálás).* A nedves alumíniumhidroxidot forgódobos kemencében fokozatosan 1200°C-ra hevítik. E folyamatban az alumíniumhidroxid fokozatosan timföldnek nevezett alumíniumoxiddá ég ki:

A TIMFÖLDGYÁRTÁS ÉS AZ ALUMINIUMKOHÁSZAT
LEGFONTOSABB TECHNOLÓGIAI LÉPÉSEI



2. $Al/OH/_3 + 3\ NaOH = Na_3AlO_3 + 3\ H_2O$

A bauxit Fe_2O_3 és SiO_2 tartalma nem oldódik, de alumino-hidro-szilikát $/Na_2O.Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O/$ képződése von el aluminiumot is. Ezért fontos követelmény az, hogy a bauxitban az $Al_2O_3:SiO_2$ arány - a modulusz - 8-nál nagyobb legyen.

4. A föltárásnál ismertetett kémiai reakciót ellentétes irányban müködtetve az oldatból kiválasztják az aluminiumhidroxidot.

5. A vákumdobszürőn szürt és mosott $Al/OH/_3$-t forgódobos kemencében, fokozatosan 1200 fokra hevitik: $Al_2O_3.3H_2O \xrightarrow{265^oC} Al_2O_3.H_2O \xrightarrow{455^oC} \gamma Al_2O_3 \xrightarrow{1200^oC} \alpha Al_2O_3$.

6. Redukció = Aluminiumelektroliz

Al_2O_3 olv.p. 2045°C

Elektrolizis 960°C

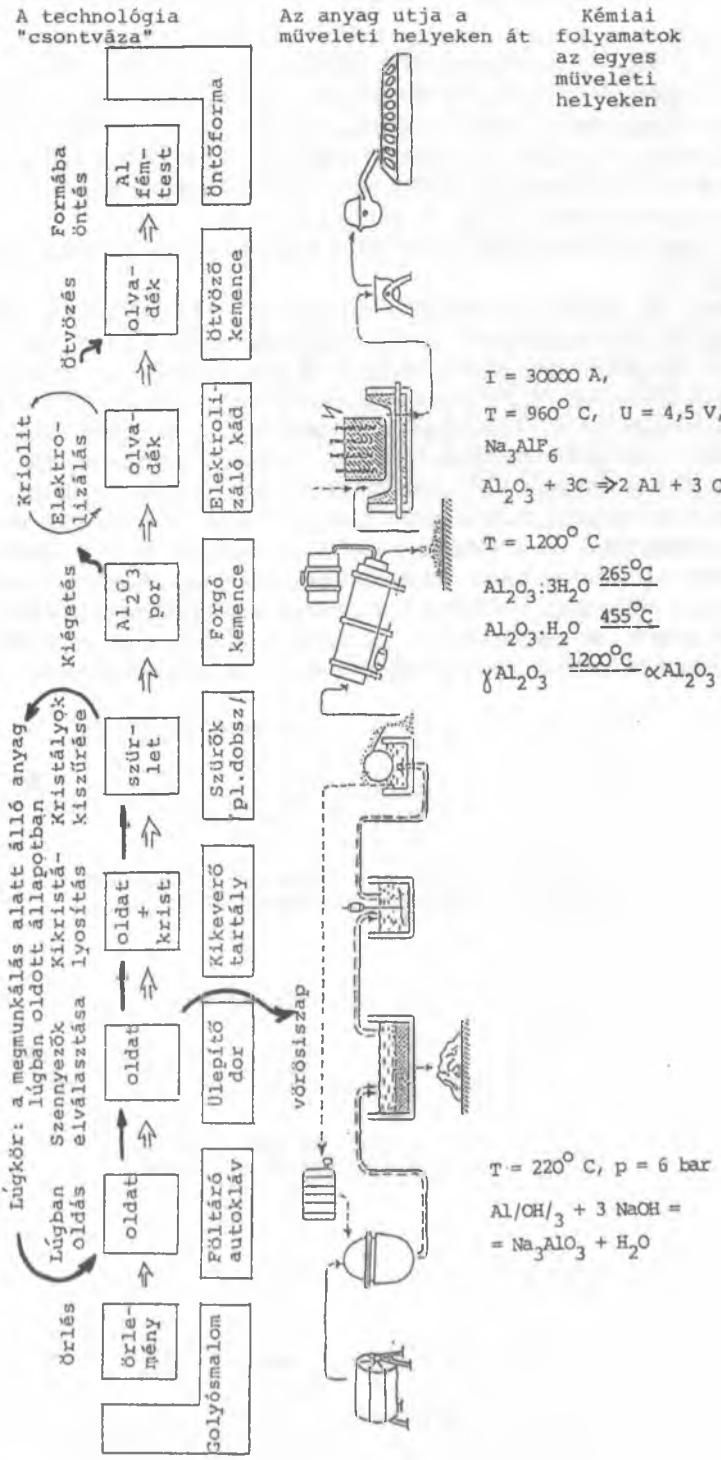
Az elektrolizisben lezajló kémiai folyamat:

$Al_2O_3+3C \Rightarrow 2\ Al+3\ CO$

Az elektrolit-folya a kriolit $/Na_3AlF_6/$ olvadéka.

1 tonna aluminium e lektrolizisséhez 15 MWóra energia szükséges.

7. ábra


A technológia "csontváza"
Az anyag utja a müveleti helyeken át
Kémiai folyamatok az egyes müveleti helyeken
Öntőforma
Al fém-test
Formába öntés
Ötvözés
olva-dék
Ötvöző kemence
Kriolit
Elektro-lizálás
olva-dék
Elektroli-záló kád
Kiégetés
Al_2O_3 por
Forgó kemence
Lúgkör: a megmunkálás alatt álló anyag lúgban oldott állapotban
szűr-let
Szűrők pl.dobsz/
Kristályok kiszűrése
Kikristá-lyosítás
oldat + krist
Kikeverő tartály
Szennyezők elválasztása
oldat
Ülepítő dor
vörösiszap
Lúgban oldás
oldat
Főltáró autoklív
Őrlés
Őrle-mény
Golyósmalom
I = 30000 A,
T = 960° C, U = 4,5 V,
Na_3AlF_6
$Al_2O_3 + 3C \Rightarrow 2\,Al + 3\,CO$
T = 1200° C
$Al_2O_3 \cdot 3H_2O \xrightarrow{265^\circ C}$
$Al_2O_3 \cdot H_2O \xrightarrow{455^\circ C}$
$\gamma Al_2O_3 \xrightarrow{1200^\circ C} \alpha Al_2O_3$
T = 220° C, p = 6 bar
$Al(OH)_3 + 3\,NaOH =$
$= Na_3AlO_3 + H_2O$

8. ábra

$$Al_2O_3.3H_2O \rightarrow Al_2O_3.H_2O \rightarrow \gamma Al_2O_3 \rightarrow \alpha Al_2O_3$$

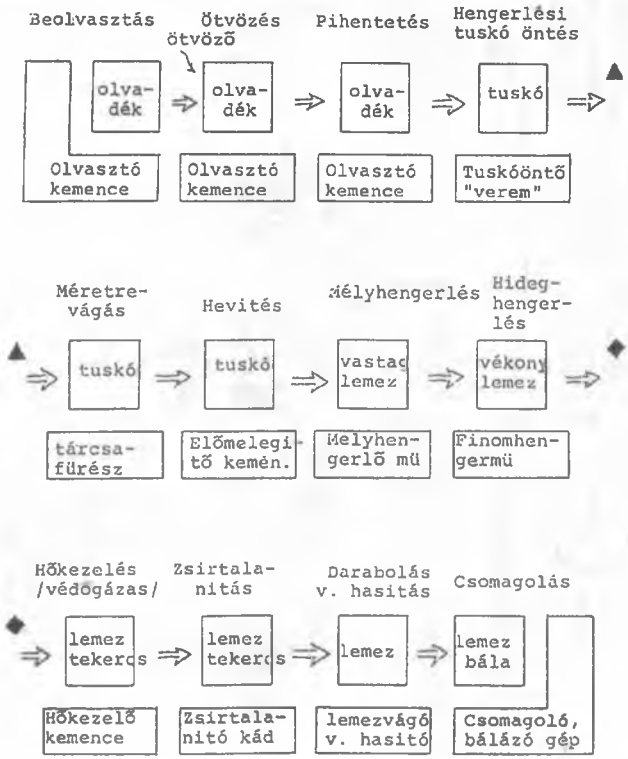
7. *Redukció*, az alumínium elektrolízise. Az alumínium olvadáspontja 2045°C; a kriolitnak, a Na_3AlF_6 vegyületnek csak 960°C. Ezért az alumíniumoxidot kriolitban föloldva, elektrolízissel alakítják át fémalumíniummá. Az alumínium a katódon válik ki, az anódon pedig oxigén fejlődik. A folyamathoz tehát nem ötvöződő katódra és nem oldódó anódra van szükség. Mindkét feltételnek eleget tesz a szénelektród. Az elekrolízis 4,5 V feszültségen, 30000 A áramerősségei történik: egy tonna alumínium kiválasztásához mintegy 15 MW óra energia szükséges.

8. *Ötvözés.* A különféle fém-végtermékek összetételét ötvözőfémek hozzáadásával állítják be.

9. *Öntés.* Az olvadt fémet kezelhető egységekben félkésztermékké alakítják; kismélységű hűtött keretbe vezetik, amelynek alját egy lassan süllyedő tálca képezi. A beömlő új rétegek folyamatosan szilárdulnak rá erre az alapra. Ilyen öntési technológiával több méter hosszú, hengeres vagy hasáb keresztmetszetű tömbök önthetők.

Az alumínium további földolgozása hengerműben, présműben (sajtolóműben), húzóműben vagy formaöntődében történhet. A félkész termékek előállítási műveletsorát tekintjük át a gyártás technológiájának második részében (9. ábra).

Az alumíniumgyártás technológiája több példaértékű mozzanattal rendelkezik, ezért is választottuk az ismertetésre kerülő technológiák sorába. Timföldgyártási szakaszában (7. ábra) a Bayer-eljárásnál fölismerhető egy állandóan cirkuláló részrendszer, az *oldóanyag áramkör,* amely a veszteségek pótlása után zárul. Hasonló szerepet játszik, de hordozóanyag szerepkörrel bővítve, a víz a kerámia- vagy papíripari technológiában. Ajkán a lúgkörből egy melléktermék-hasznosító kör ágazik



9. ábra

le: a gallium-előállító üzem. Típusértékű ebben az, hogy az oldókör más technológiákban is forrása lehet a melléktermékeknek.

Az alumíniumgyártási technológia kényszerpályája több olyan műveleti helyet tartalmaz, amely megjelenik más (itt bemutatásra nem kerülő) technológiában is. A timföldgyártási szakaszban ilyen a golyósmalom, a Door-ülepítő, a dobszűrő és a kalcináló kemence. A fémmegmunkálási szakaszban például az ötvözőkemence, a meleg és hideg hengersor, a hőkezelő kemence. Ezek a fémtermékeket gyártó technológiákban mind közös fémmegmunkáló kényszerpálya-elemek.

Az oktatásban nagyobb szerepet kaphatna a technikai műveltség, ha a technikát a gondolkodási rendszer fejlesztése eszközének tekintenék. Ebben az értelemben *a technika tárgya* a természetvizsgálat tárgyaihoz hasonló: *hétköznapi, elérhető jelenségek csoportja, melyek tanulmányozása során rendező elveket ismerhetünk meg, s ezekre gondolkodási rendszert építhetünk.* Más tantárgyakban a közismereti anyag megtanításán túlmenően a gondolkodási rendszer fejlesztése is cél. Sajnos, a technika oktatásában e rendező elvek igényes kimunkálása helyett bizonyos rutincselekvések bemutatása ma még az iskolai gyakorlat. Holott az egyetemes gondolkodási, cselekvési formák, életszervezési, rendszerépítési és működési-működtetési egyetemes törvények megtanítására van szükség. Ez a célunk fejlesztési programunkban.