



**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Vegyéssz mérnöki Kar**

**Rév Endre**

**Folyamattervezés és -modellezés III.  
Pinch-technika**

Budapest, 1994

## ELŐSZÓ

Ez a jegyzet elsősorban az Európai Közösség Oktatási és Nevelési Bizottságának (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, Directorate – General XXII – Education, Training and Youth), ezen belül a Tanács 1990. május 7.-i 90/233/CEE és az 1993. április 29.-i 93/246/CEE határozatainak szellemében létrehozott „TEMPUS Phare Trans-European Cooperation Scheme for Higher Education” program keretén belül a “The European Training Foundation” közvetítésével (S\_JEP-09257-95 szerződés alatt) nyújtott, valamint az **Országos Játék Alapítvány** és a **Környezetgazdálkodási Oktatás Fejlesztéséért Alapítvány** nagylelkű adományainak is köszönheti létét, mert ezek nélkül nem vettem volna a fáradságot, hogy a jegyzetírás időrabló és -- valljuk be -- elég hálátlan feladatához fogjak.

A *pinch technika* feladatát a **BEVEZETÉS**ben vázolólok, itt inkább csak annyit mondok róla, hogy 10-15 évi fejlődés után olyan eszközzé nőtte ki magát, melynek jelentősége vetekszik a *flowsheeting* jelentőségével (amire sajnos a pinch technikához hasonlóan nincs megfelelő magyar fordítás). Nyugodtan kijelenthetjük, hogy ma már pinch technika nélkül nincs vegyipari folyamattervezés, energetika és környezetvédelem. A pinch technika rövid időn belül ugyanolyan szabványos része lesz a vegyészmérnöki felsőoktatásnak, mint a termodinamika, a transzportfolyamatok, a *flowsheeting*, vagy a kémiai reaktorok stabilitása. Várhatóan szerepelni fog a gépészmérnökök, biomérnökök, energetikusok és környezetvédők oktatási programjaiban is.

A jegyzet túlnyomó része az energiafogyasztás csökkentésével foglalkozik. Ennek nem csak közvetlen gazdasági, hanem közvetetten környezetvédelmi jelentősége is van, mert minden felhasznált kWh energiához az energiaforrások adott struktúrájában hozzátartozik az a meghatározott mennyiségű és összetételű füstgáz, melyet az energiaszolgáltató hőerőművek termelnek. A vízfelhasználás csökkentését célzó jegyzetrészek természetesen közvetlenül környezetvédelmi kérdéseket tárgyalnak, habár itt sem elhanyagolható a gazdasági érdekek szerepe.

A *pinch technika* nevének első tagja ("*pinch*", ejtsd: *pincs*) nem magyar eredetű szó. Egyelőre nem is magyar szó, hanem angol, és jelentése: *csíp, csipet, csippent, összeér, összeérint, szorosán közrefog*. Korábbi magyar nyelvű közleményeimben *szűkületnek* fordítottam, mert a pinch technikában a *pinch* egy bizonyos szűk keresztmetszet meghatározásával van kapcsolatban. Eredeti jelentése azonban a pinch technikában is az összeérésre, érintésre utal, így jogosabb lenne érintési vagy összeérési technikáról, esetleg csipőtechnikáról beszélni. Részben azért, mert e fordítások félrevezetőek és suták, részben pedig azért, mert nagyon sok ugyanilyen nehezen lefordítható szakszó alakult már ki a pinch technika irodalmában, e rövidre szabott, s lehetőleg tömör jegyzetben az eredeti angol szakkifejezéseket alkalmazom, s fordítás helyett inkább megmagyarázom jelentésüket, esetenként eredetüket.

A pinch technika egyes részleteit kb. egy évtizede oktatom a Budapesti Műszaki Egyetem Vegyészmérnöki Karán (jelenleg főleg a Folyamatmérnöki szakirány hallgatóinak), s mindig kérem a hallgatókat, hogy ne hallgassák el, ha esetleg jó ötletük támad magyar fordításra. Sajnos ez a fordítási eljárás nem elég hatékony, ezért inkább a jegyzet, majd esetleg szakkönyv olvasóitól kérem megelőlegezett köszönettel, hogy jelezzék, ha mérnöki tapasztalataik és magyar nyelvérzékük által vezérelve hazai használatra alkalmas kifejezést találnak.

A pinch technika egy egyszerű ötletből indul ki, de -- mint a jegyzetből is kitűnik -- a rá épített szabályok, módszerek, alkalmazások szerteágazóak. Egy kicsiny, gyengének látszó ötlet meglepően nagy eredményeket produkált, és a módszerek csinos kis pinch-csapatává nőtte ki magát. Nyugodtan nevezhetnénk e csapatot - a Wald-Disney féle jól ismert és közkedvelt rajzfilm után szabadon - akár *Csipet Csapat*-nak is.

## BEVEZETÉS

A pinch technika alkalmazása eredetileg az energiavisszanyerés egy speciális feladatának megoldását célozta. Mint azóta kiderült, az alkalmazott technika általában alkalmas bizonyos energiavisszanyerési, energiagazdálkodási feladatok megoldására, s először meglepő módon bizonyos anyagvisszanyerési problémák megoldására is. Ennek oka ma már világosan látható: a pinch technika a Termodinamika I. és II. főtételeinek szerencsésen együttes kezelésén alapul. A megmaradási törvényt ügyesen kombinálja a spontán megvalósuló transzportra előírt előjelfeltétellel (spontán hőátadás csak melegebb helyről hidegebb hely felé, spontán komponensátadás csak nagyobb koncentrációjú hely felől a kisebb koncentrációk irányába történhet).

A pinch technika azonban jóval több annál, mint amit a fenti rövid jellemzés sejtet. A technikai részleteken túl egy bizonyos mérnöki szemléletet, tervezési, fejlesztési filozófiát is közvetít. A folyamattervezés központi kérdése a folyamatot alkotó részegységek kiválasztása és optimális kapcsolási rendjük kijelölése. Az optimális szerkezet (kapcsolási rend) kijelölésére elvben több út is kínálkozik. Az egyiket tömören a *matematikai programozás* útjának nevezhetjük, ennek során fejlett matematikát és számítástechnikát alkalmaznak. Egy másik út a konkrét mérnöki tapasztalatokat sűrítő *heurisztikus szabályok* alkalmazása.

A *pinch technika* egy harmadik utat követ: biztos tudományos és mérnöki ismereteink alapján egzakt módon meghatározza a korlátozások által megengedett materiális szélsőértékeket (minimális fogyasztást, minimális egységszámot, stb.), és ezek mentén végez, közel optimális szerkezethez vezető előtervezést. A pinch technika irodalmában vaskövetkezetességgel jelenik meg két fő motívum: a **targeting** és az **előtervezés**. **Targeting**nek nevezzük azt a tevékenységet, melynek eredményeképpen valamely részcélt kiválasztva, más célokat és korlátokat elhanyagolva, meghatározzuk az egyszerűsített feladat egzakt optimumát (maximális energiavisszanyerést, minimális szennyvízkibocsájtást, maximális hozamot) anélkül, hogy akár csak egyetlen konkrét strukturát felvázoltunk volna. A pinch technika technikai részleteiből következik, hogy a targeting közvetett hozamaként az *előtervezés* menete is egyértelmű, egyszerű, viszonylag könnyen, akár papír és ceruza felhasználásával, de mindenképpen átláthatóan történik. Ennek óriási jelentőségét az alkalmazó mérnök becsülheti csak igazán, akinek feladata, hogy a tervjavaslatokat a maga teljességében előre soha nem rögzíthető üzemi korlátokkal összevesse és egyeztesse.

A pinch technika vezető kutatóközpontja a **UMIST** (University of Manchester, Institute of Science and Technology) tanszéki jogú **CPI** (Centre for Process Integration) kutató és oktató egysége, melyet **Bodo Linnhoff** vezet. E központ szoros technikai és anyagi kapcsolatban áll a köré szervezett **PINCH konzorciummal**. Ennek tagjai 1986-ban a következők voltak: **Shell, BASF, BP, Exxon, Union Carbide, Bayer, DSM, Norsk Hydro, Dow Chemicals, Atlantic Richfield, Lummus Crest, Unilever, DuPont, Elf France, Linnhoff March, KTI, Mitsubishi, EPRI, M W Kellogg,**

**Proctor and Gamble.** Azóta a konzorcium összetétele változott, de az nem, hogy a vezető világcégek egyesültek a kutatás támogatására és eredményeinek kihasználására.

Néhány jellemző eredményt összegeznék az alábbi táblázatok.

**1. Táblázat: Első eredmények a Union Carbide-nál**  
("Pinch technology has come of age", CEP, 1984 alapján)

Eljárás	Projekt típusa	Energia-költség - 10 <sup>3</sup> \$/év	Beruházási költség ezer \$	Megtérülési idő Hónap
Petrolkémiai	módosítás	1050	500	6
Speciális kémiai	módosítás	139	57	5
Speciális kémiai	módosítás	82	6	1
Licencsomag.	új üzem terv.	1300	megetakarítás	-
Petrolkémiai	módosítás	630	ismeretlen	?
Nagy tömegű szervesanyag	módosítás	1000	600	7
Nagy tömegű szervesanyag	módosítás	1243	1835	18
Speciális kémiai	módosítás	570	200	4
Nagy tömegű szervesanyag	módosítás	2000	800	5

**2. Táblázat: Eredmények Polley, G.T. (SERC Bulletin, 1986) alapján**

Eljárás	Projekt típusa	Energia-költség - 10 <sup>3</sup> £/év	Beruházási költség, ezer £	Megtérülési idő Hónap
Petrolkémiai	módosítás	700	330	6
Speciális kémiai	módosítás	93	38	5
Speciális kémiai	módosítás	55	4	1
Nagy tömegű szerves	új	160	megetakarítás	-
Spec. kémiai	új	50	meget.:75	-
Nagy tömegű szerves	új	400	ugyanaz	-
Nagy tömegű sav	új	40	meget.:70	-
Nagy tömegű szerves	módosítás	670	400	7
Étolaj	módosítás	450	-	-
Szeszfőzde	módosítás	300	-	10-15
Szintetikus gyanta (soktermékes, szakaszos üzem)	módosítás	250	-	3-24
Etiléngyártás	új üzem terv.	430	meget.: 470	-
Olajfinomító	módosítás	1870	3000	19

# TARTALOMJEGYZÉK

	oldal
<b>Előszó.....</b>	<b>5</b>
<b>Bevezetés.....</b>	<b>7</b>
<b>1. Energia-targeting és a pinch alapjai.....</b>	<b>9</b>
1.1. Kitérő: egyszerűsített hővisszanyerési probléma ....	9
1.2. Összetett vonalak szerkesztése .....	11
1.3. CC-diagram és pinch .....	14
1.4. "Shifted" és "unshifted" CC-diagramok .....	16
1.5. Grand Composite Curve (GCC-diagram) .....	17
1.6. Hőkaszkád-számítás .....	20
1.7. Pinch-szabályok .....	24
<b>2. Hőcserélő hálózatok szintézise .....</b>	<b>26</b>
2.1. A hőcserélő hálózatok szintézis-feladata .....	26
2.2. Vertikális és cikk-cakkos (párhuzamos és keresztező) hőátadás .....	28
2.3. Pinch tervezés .....	32
2.4. Távol a pinchtől .....	38
2.4.1. A maradék feladat ellenőrzése és rejtett pinch ..	38
2.4.2. Hajtóerő-profil alkalmazása .....	42
2.4.3. Hőfokintervallumok és ciklustörés .....	43
<b>3. Szupertargeting .....</b>	<b>48</b>
3.1. Minimális felület .....	48
3.2. Összköltség és szupertargeting .....	50
3.3. Szupertargeting módosítás esetén .....	51
3.4. Topológiai csapda és sokrétű pinch .....	54

<b>4. A GCC és az integráció .....</b>	<b>58</b>
4.1. Mire való a GCC? .....	58
4.2. Redukált GCC és utility pinch .....	58
4.3. Egyoldalú kapcsolat a hőerőművel .....	61
4.4. Termikus szétválasztó rendszerek integrációja a	61
4.5. A GCC zsebei .....	65
4.6. Hőszivattyúk és hűtőgépek integrálása .....	66
4.7. Másodlagos segédközeg-igények és UGCC .....	68
4.8. Teljeskörű integráció .....	72
<b>5. Anyagvisszanyerés és pinch .....</b>	<b>79</b>
5.1. Kinyerőszerkezetek és anyagcserélő hálózatok .....	79
5.2. Anyagcsere CC, koncentráció-kaszád és pinch .....	80
<b>6. Vízhasználó hálózatok .....</b>	<b>86</b>
6.1. Vízvonal, határvonal .....	86
6.2. Összetett határvonal (LCC) és pinch .....	87
6.3. A vízfogyasztó hálózat kijelölése .....	88
6.4. Regenerálás és újrafelhasználás .....	92
6.5. Regenerálás és visszaforgatás .....	97
6.6. Több szennyező komponens esete .....	99
<b>7. Vízkezelő hálózatok .....</b>	<b>105</b>
7.1. A vízkezelő hálózatok szintézisének feladata .....	105
7.2. Egyetlen kezelési eljárás és a pinch .....	107
7.3. Pinch szabályok .....	111
7.4. Több kezelési eljárás és több szennyező komponens ..	114