

7. AZ AUTOMATIZÁLT TECHNOLÓGIAI TERVEZŐRENDSZEREK (Cser István)

Az alkatrészgyártás **technológiai tervezése a gyártástervezés része**, eredményei a gyártástervezés további feladatainak megoldásához szolgálnak alapinformációként. A tervezés célja olyan technológiai folyamat tervezése, melynek révén a kívánt funkcionális rendeltetésű gyártmány előállítható, mégpedig a legkedvezőbb gazdasági eredmény mellett [19], [78], [29]. A leggyakoribb **optimálási kritériumok és céfüggvények (7.1. ábra)**:

$t \rightarrow \min$ (gyártási idő minimalizálása): t_{\min}

$K \rightarrow \min$. (gyártási költség minimalizálása): K_{\min}

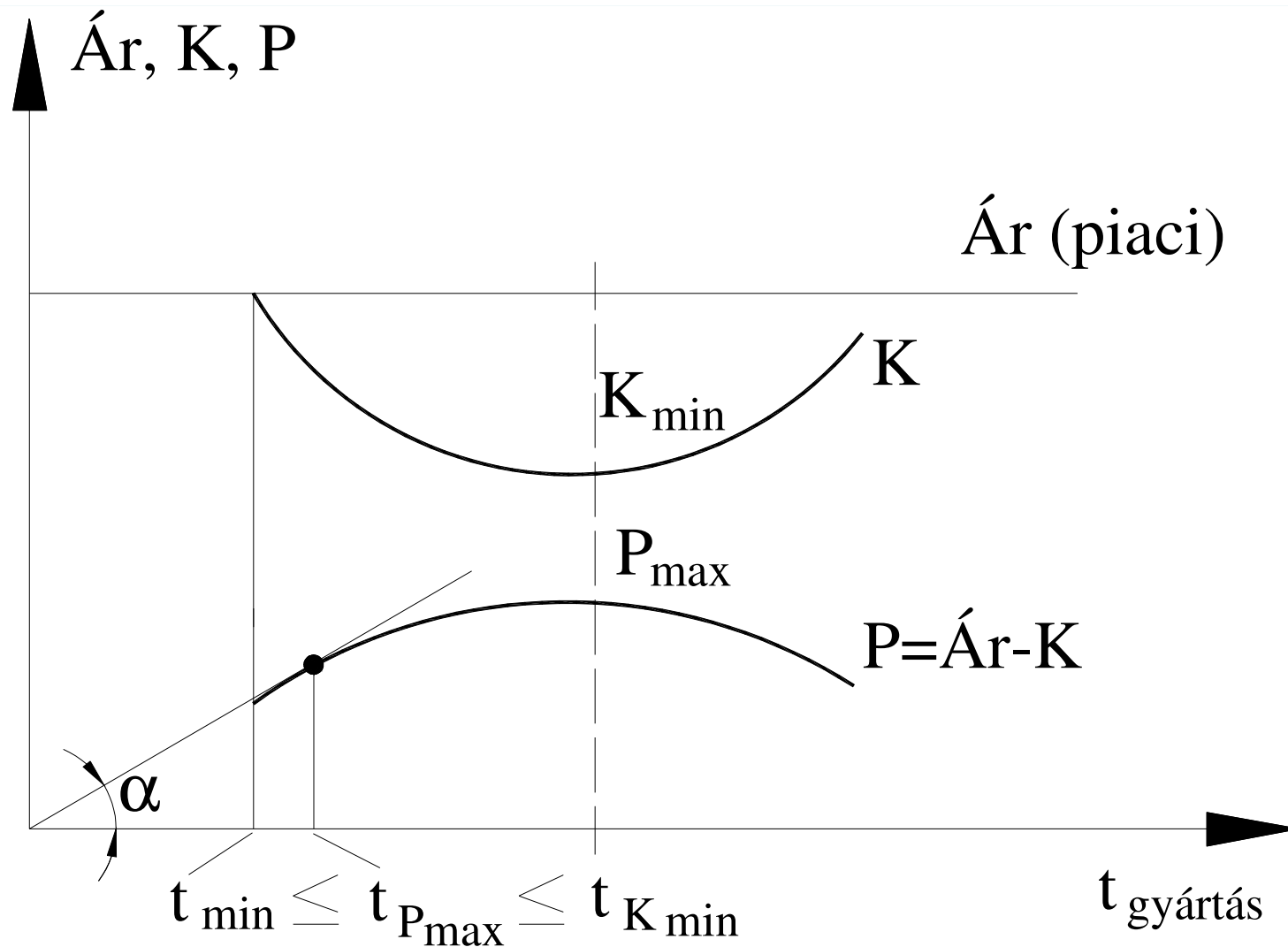
$P \rightarrow \max$. (profit maximálása): P_{\max}

$p \rightarrow \max$. (maximális nyereségráta): p_{\max} , adott időegység alatti
max profit

$$p = \frac{\text{Ár} - K}{t} = \frac{P}{t} \rightarrow \max \quad (7.1)$$

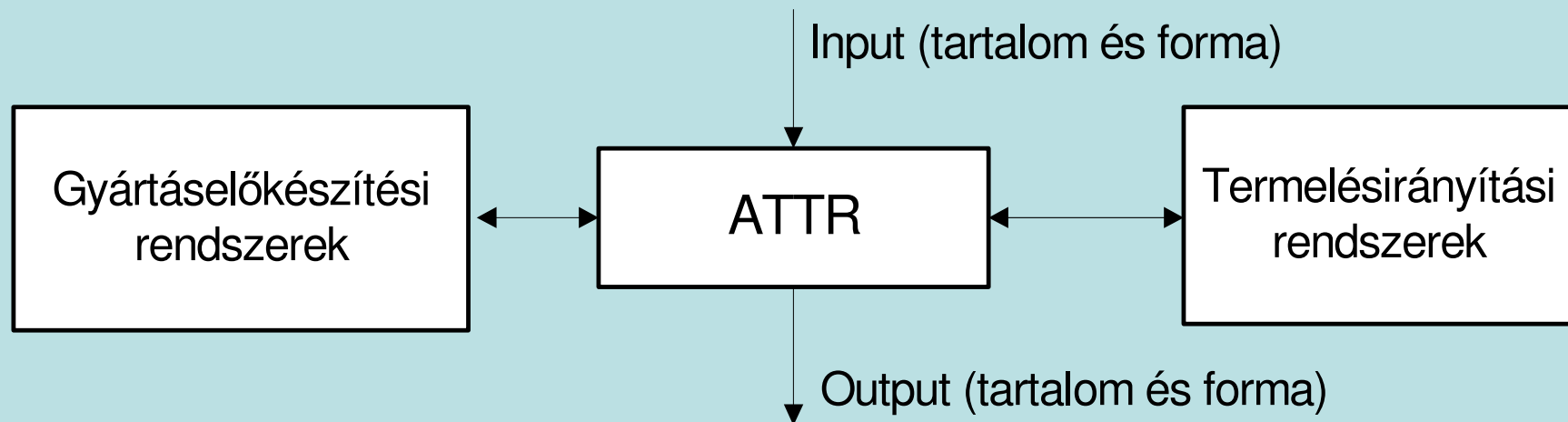
$$\frac{dp}{dt} = \frac{\frac{dP}{dt} \cdot t - P}{t^2} = 0 \quad (7.2)$$

$$\frac{dp}{dt} = \frac{P}{t} \quad (7.3)$$



7.1. ábra
Optimálási célfüggvények a technológiai tervezésnél

A technológiai tervezőrendszer (ATTR) jellemzi, hogy milyen és hogyan megadható bemenő adatokból (input), milyen tervezési eredményeket (output) állít elő és képes-e kapcsolatot létesíteni a gyártáselőkészítés és termelésirányítás más rendszereivel (7.2. ábra).



7.2. ábra
Az ATTR fő jellemzői

Fontos ATTR-tulajdonság az adaptálhatóság helyi viszonyokra, aminek megvalósítását segíti a technológiai adatbázis, a processzor-posztprocesszor felépítés, a fokozatos adaptálás/illesztés elvének következetes alkalmazása a rendszerben. Jó tudni a rendszerről az alkalmazott tervezési elvet, ami lehet generatív, variáns vagy variogeneratív [80].

A **generatív** elv esetében a rendszer a mérnöki heurisztika szabályai szerint lépésről lépésre dönt a következő tervezési elemről. Ha a tervezés elakad, akkor visszatér egy korábbi tervezési lépéshez, fázishoz. Ez a módszer a teljes alkatrészből kiindulva szintetizálja a technológiai folyamatot.

A **variáns** (típustechnológiai) elv esetében az első tervezési lépés az alkatrész technológiai osztályozása, melynek alapján megállapítható, mely alkatrészcsoportokba sorolható be az adott alkatrész és ahhoz a csoporthoz milyen tipustechnológia tartozik, aminek adaptálásával az adott alkatrész technológiai folyamata megtervezhető.

A **variogeneratív** (félgeneratív) tervezési elv esetében a felületcsoporthoz rendelt „**elemi**” **típustechnológiai folyamatokból szintetizálja** a rendszer az alkatrész gyártásának technológiai folyamatát.

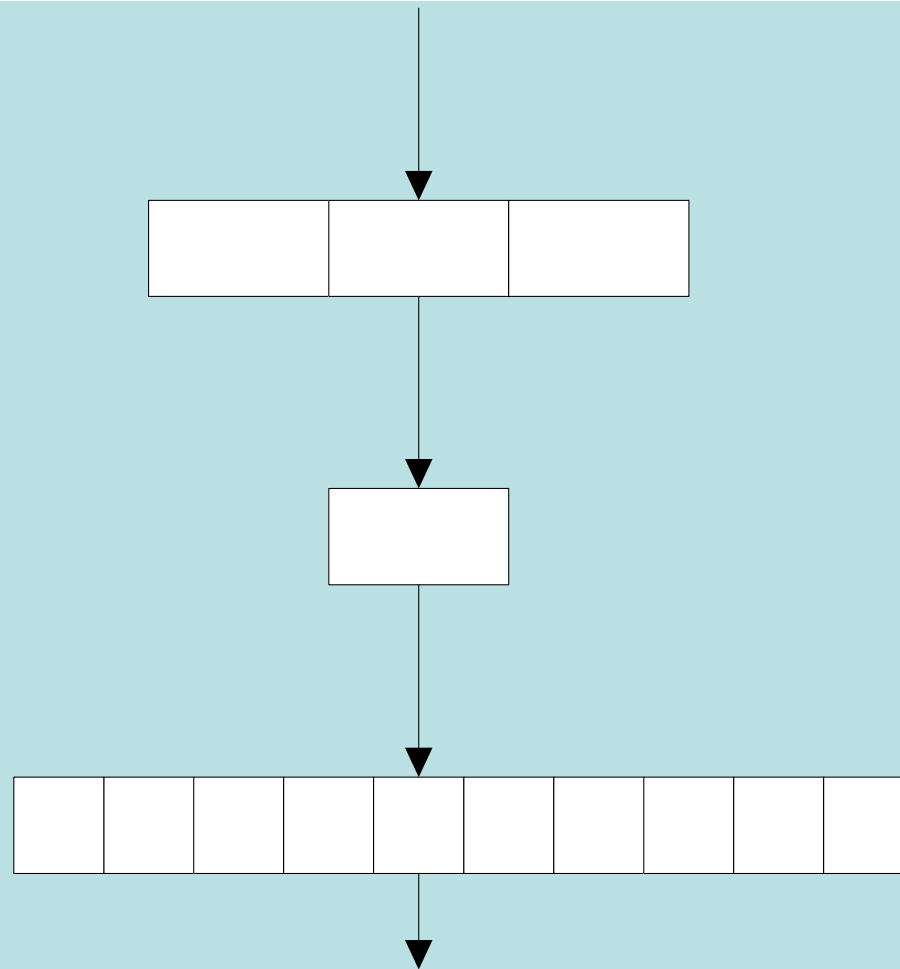
A **jövőt a variogeneratív elv és a mesterséges intelligencia** (AI = Artificial Intelligence) **ötvözése képzí**. Ugyanis a technológusi tudás receptek (típusmegoldások), modellek és intuitív (zavaros, hiányos, ellentmondásos) részekből áll. További lényeges tulajdonságok az alábbiak:

A **modularitás** azt jelenti, hogy valamennyi zárt feladatmegoldást, főként az ismételten előfordulókat célszerű külön modulban megvalósítani. Vertikális és horizontális modularitást különböztetünk meg.

Vertikális modularitás az egymás után következő tervezési szinteknek megfelelő modulok.

Horizontális modularitás pedig az egy tervezési szinten belüli tagozódás egymást kiegészítő és helyettesítő modulokra.

vertikális



horizontális

7.3. ábra

Vertikális és horizontális modularitás

A **modularitás** révén biztosítható tulajdonságok a nyitottság, a továbbfejleszthetőség egyes modulok cseréjével vagy újak hozzácsolásával. Továbbá rugalmasság, adaptálhatóság a konkrét alkalmazási környezetre, ami számítástechnikai és technológiai jellegű (gyártórendszer összetétele, egyes gyártóberendezések technológiai képességei, alkalmazott gyártóeszközök, helyi technológiai szokások). Ennek figyelembevételéhez kell a technológiai adtabázis és tudásbázis, a fokozatos illesztés elvének megvalósítása, a processzor-posztprocesszor felépítés, az interaktív tervezés lehetőségének biztosítása.

A **kompatibilitás** más rendszerekkel való együttműködési képesség. Feltétele közös modellek alkalmazása (2D-s műhelyrajz modell, 3D-s munkadarab modell) továbbá szabványos interfészek (input, output, CLDATA).

7.1. Az alkatrészek technológiai osztályozása

Az alkatrész-osztályozás célja a technológiai tervezés típustechnológiai folyamatok alapján és a gyártás szervezése a csoportmegtömökálás elvére alapozva.

A **csoportmegtömökálás** lényege, hogy a gyártástechnológiájuk alapján egy csoportba sorolható munkadarabok gyártására egy gyártósort kell szervezni. Így a gyártás relatív tömegszerűsége nő, következésképpen a gyártóberendezések a technológiai sorrend szerint telepíthetők, aminek révén csökken a műveletközi szállítás. Egységes szerszámozás, készülékezés, speciális szerszámok, készülékek alkalmazása gazdaságossá válik.

Az alkatrész technológiai kódja megmondja, hogy az alkatrész mely technológiai csoportba tartozik és ahhoz milyen típustechnológiai folyamat tartozik.

A csoportmegtömökálás mindig típustechnológia alkalmazására épít, a típustechnológiára épülő technológiai tervezés nem feltétlenül igényli a csoportmegtömökálás alkalmazását.

A **reprezentáns (vezér, komplex) alkatrész** képviseli az azonos technológiai sajátosságokkal bíró alkatrészek csoportját és amelyre a **típustechnológiai folyamat készül**. Ebből egyszerűsítéssel, némi átszámítással előállítható az egyedi alkatrész technológiai folyamata. Az alkatrészek osztályozási, csoportosítási elveinek kialakítása függ a helyi gyártási körülményektől (gyártandó alkatrészféleségek és azok darabszáma, rendelkezésre álló gyártóberendezések és gyártóeszközök, stb.).

Célszerű olyan **osztályozási rendszert** kialakítani, melyben az adott **alkatrész technológiai kódja a műhelyrajz alapján meghatározható**. Előfordul, hogy az osztályozási rendszer explicit formában utal az alkalmazandó megmunkálási módra, szerszámgépfajtára (pl: függőleges marógépen, vízszintes marógépen, gyalugépen megmunkálandó prizmatikus alkatrész).

. Szerencsésebb, ha a kódrendszer a munkadarab alakjára, méreteire, pontossági követelményeire épül, azaz a kódolás a **műhelyrajz alapján elvégezhető**. Ebben az esetben a számítógépes alkatrészmodellből kiindulva automatikus kódolás is elvégezhető.

Példa a technológiai kód felépítésére:

1. A munkadarab jellege:

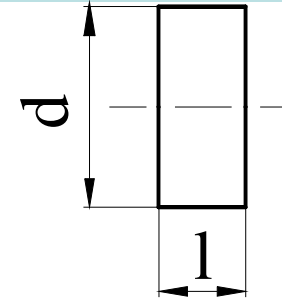
- 1-forgástest,
- 2-prizmatikus,
- 3-szekrényes stb.

A további kódolási paraméterek függnnek a munkadarab jellegétől. Itt példaként forgástestekre mutatjuk be a kódolás egy lehetséges változatát. **Tehát forgástestekre (1) további lehetséges változata a kódolásnak.**

2. Az l/d viszony:

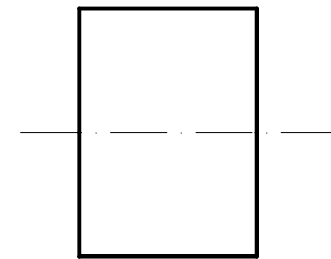
1-tárcsák

$$l/d \leq 1/2$$



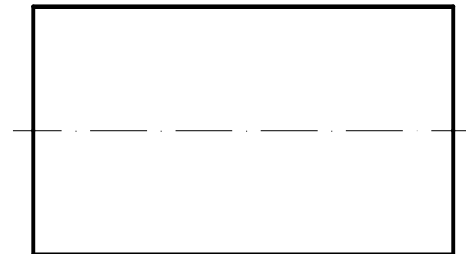
2-tárcsák, hüvelyek

$$1/2 < l/d \leq 1$$



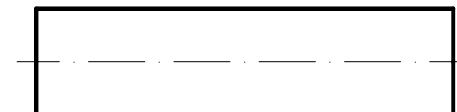
3-hüvelyek, tengelyek

$$1 < l/d \leq 3$$



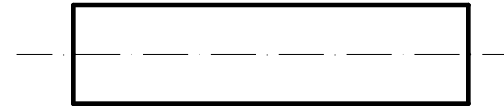
4-tengelyek

$$3 < l/d \leq 6$$

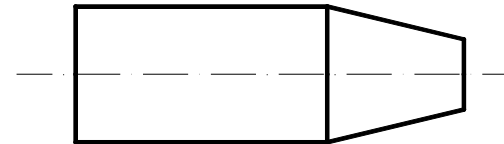


3. Külső felületek jellege, alakja:

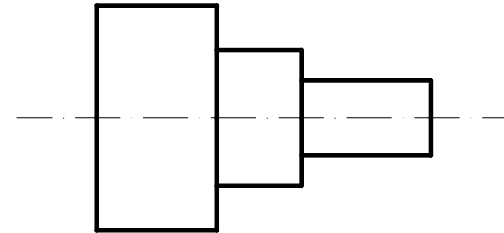
1-hengeres felület



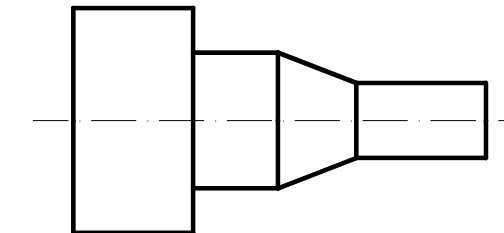
2-hengeres, kúpos



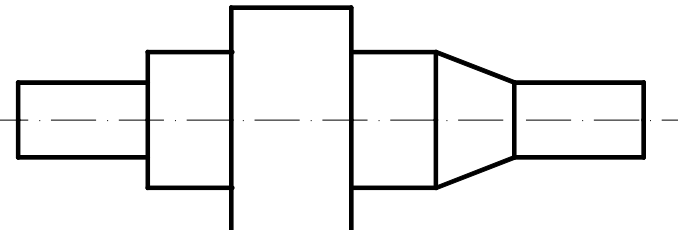
3-lépcsős egyik irányban



4-lépcsős egyik irányban+kúpos



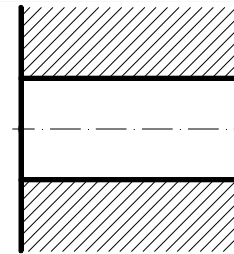
5-lépcsős mindkét irányban



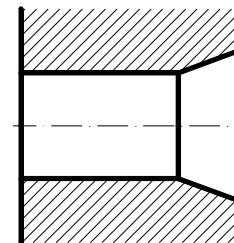
•
•
•

4. Belső felületek jellege, alak

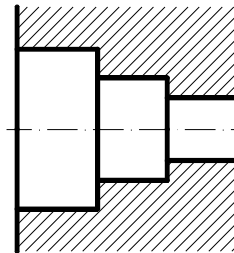
1-hengeres



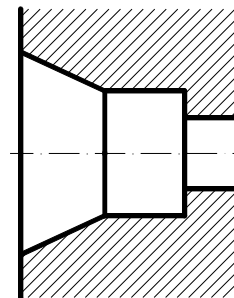
2-hengeres, kúpos



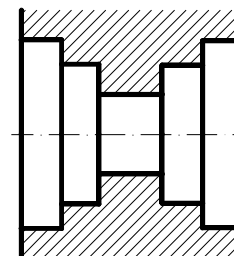
3-lépcsős egyik irányban



4-lépcsős egyik irányban, kúppal

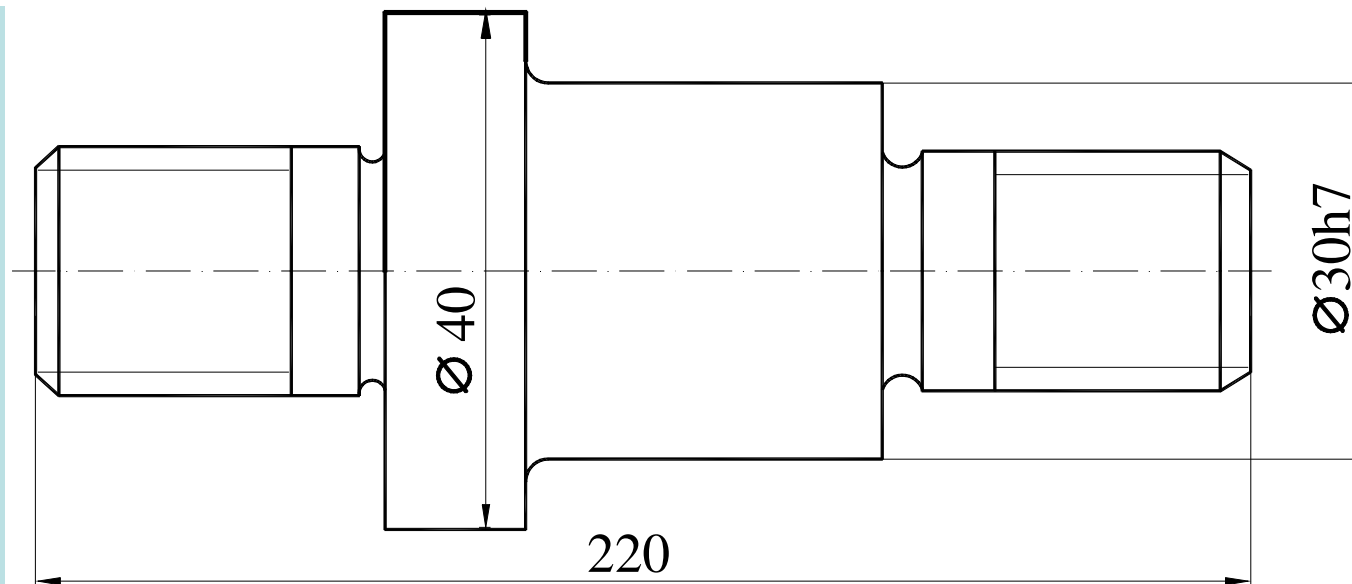


5-lépcsős mindkét irányban



•
•

<p>5. <i>Mellékelemek:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 1-menet 2-bordás felület 3-fogazás 	<p>6. <i>Mellékelemek:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 1-horony 2-rögzítő furat 3-síkok, sokszögalakzatok
<p>7. <i>Alkatrész maximális $\emptyset (D_{max})$:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 1- $D_{max} \leq 10$ 2- $10 < D_{max} \leq 25$ 3- $25 < D_{max} \leq 50$ 4- $50 < D_{max} \leq 100$ 	<p>9. <i>Előgyártmány fajtája:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 1-rúd 2-cső 3-süllyesztékes kovácsdarab 4-öntvény 5-lemez
<p>8. <i>Munkadarab anyaga:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 1-acél 2-ötvözött acél 3-öntöttvas 	<p>10. <i>IT osztály:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 1-IT5-ig 2-IT6 – IT7 3-IT8 – IT9
<p>11. <i>Hőkezelés:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 1-hőkezelés nincs 2-izzítás 3-normalizálás 4-nemesítés 5-edzés 	



mindkét irányban lépcsős

nincs belső felület

acél

rúd előgyártmány

hőkezelés nincs

Techn. kód: 1 4 5 0 1 1 3 1 1 2 0

forgástest

l/d=5.5

menet

horony

IT7

$D_{\max} \varnothing = 40$

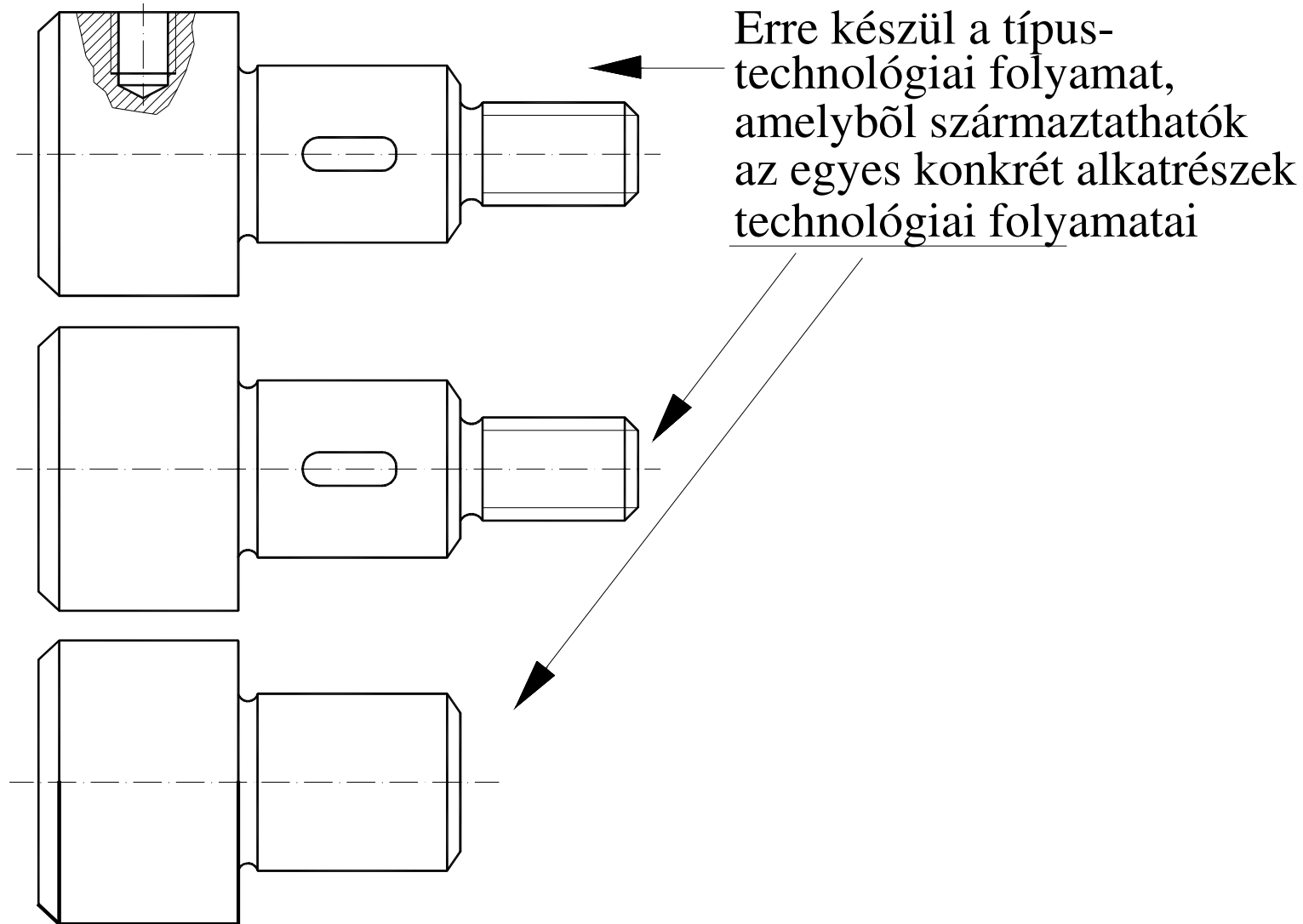
7.4. ábra

Példa a technológiai kód felépítésére

Kézi kódolás nehézkes, fárasztó, egy idő után monotonná válik. Korszerűbb a számítógépes párbeszédés kódolás, még korszerűbb a munkadarab modell (leírás) alapján automata felismerés és kódolás megvalósítása

A **típustechnológia** alapján történő technológia tervezést a 7.5. ábra vázolja. **Reprezentáns** (vezér, komplex) **alkatrész** egy valós vagy kitalált alkatrész, rendelkezik az adott technológiai csoportba tartozó alkatrészek összes tulajdonságával.

Reprezentáns alkatrész



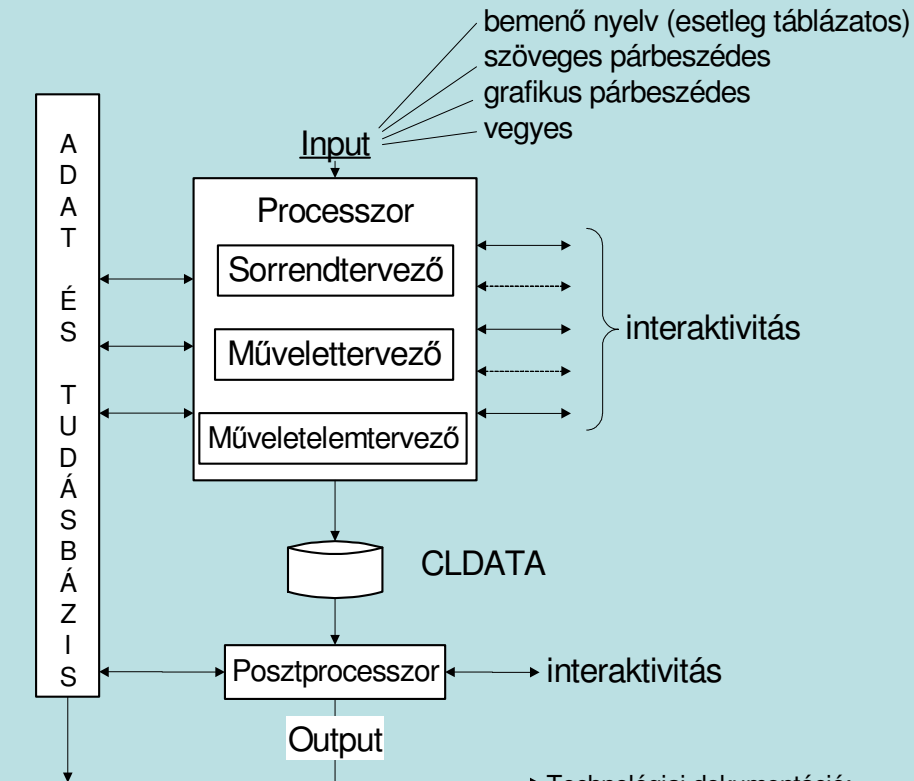
7.5. ábra

Technológiai tervezés típus technológia alapján

A típustechnológiai folyamatból a konkrét folyamat származtatása automatizált üzemmódban a műveleti sorrendtervezés szintjén problémamentes. A **művelettervezés** szintjén már gondot jelenthet a méretes szerszámok kiválasztása (nincs alkatrészleírás). A műveletelemtervezés szintjén a forgácsolási paraméterek többnyire átszámítás nélkül alkalmazhatók, igaz így létrejön egy eltérés az optimumtól. A mozgásciklusok tervezéséhez parametrikus algoritmusok alkalmazhatók.

7.2. Az ATTR-ek fő építőelemei, APT bemenő nyelv, CLDATA

Az ATTR-ek fő építőelemeit, komponenseit a 7.6. ábrán foglaltuk össze.



Fő adatcsoportok:

- gyártórendszerek leírása, adatai
- gyártóberendezések adatai
- gyártóeszközök (szerszámok, készülékek) leírása, adatai
- típustechnológiai megoldások
- technológiai tervezési szabályok
- technológiai adatok
- anyagok megmunkálhatósági jellemzői
- szabványok, normáliák (ISO tőréstábla) szabványos alakzatok méretei, stb.
- szövegek, üzenetek
- tervezési eredmények, közbenső eredmények, kiindulási adatok

Technológiai dokumentáció:

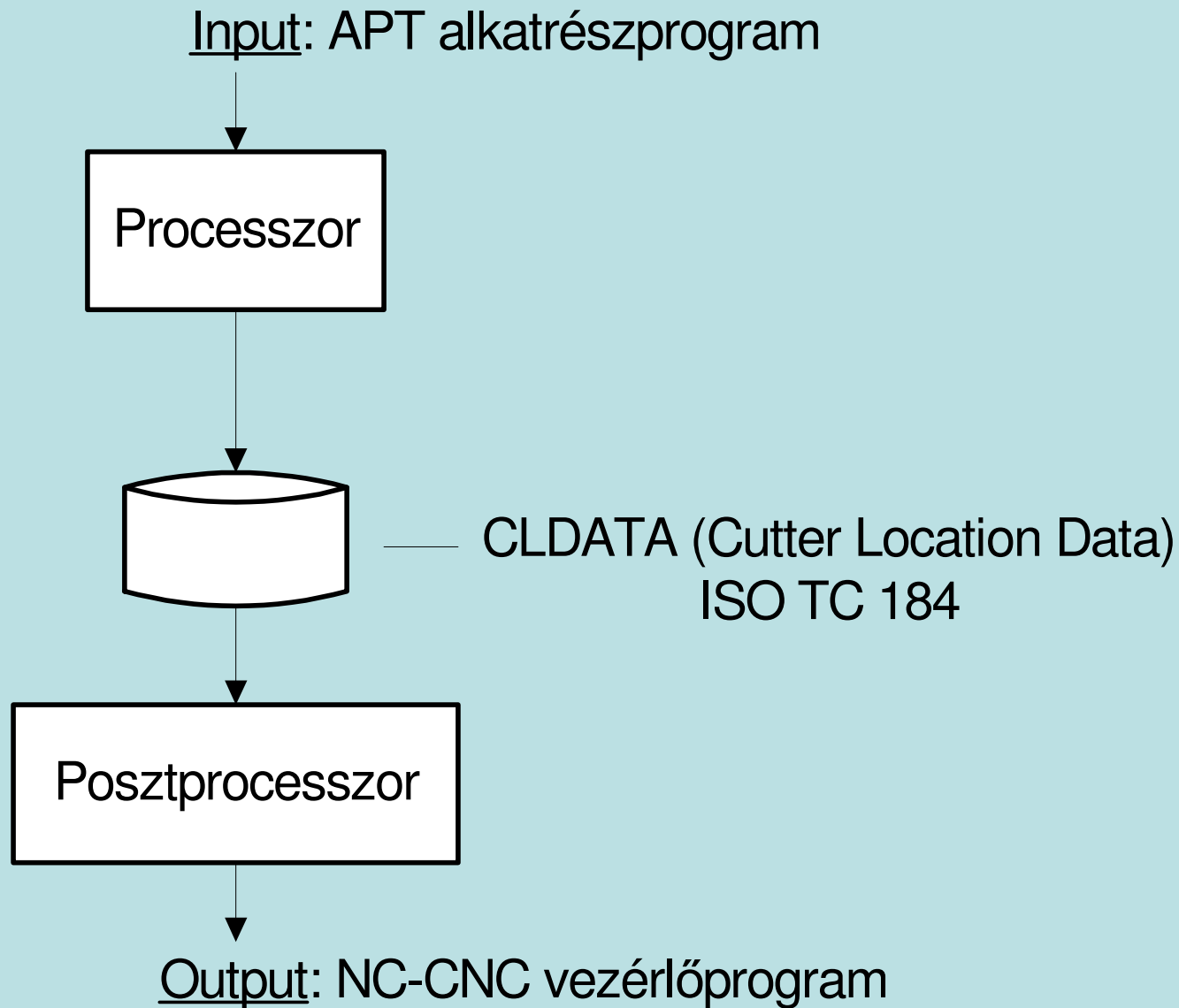
- műveleti sorrendterv
- művelettervek
- gyártóeszköz-lista
- NC-CNC vezérlőprogramok

7.6. ábra
Az ATTR felépítése

APT (**A**utomatically **P**rogrammed **T**ools) az **első NC programozási rendszer**, az 1950-es évek második felében dolgozták ki a MIT-ben (Massachusetts Institut of Technology). Alapul szolgált számos további rendszer kidolgozásához (APT alapú rendszerek: EXAPT, NELAPT, IFAPT, ADAPT, FAPT stb.) valamint ISO szabványajánlásokhoz. **Az APT nyelvet a korszerű CNC gyártók a vezérléshez opcióként ajánlják, ekkor az APT az ISO NC nyelv helyett használható CNC programozásra.**

Fontosabb ismérvei (7.7. ábra):

- szabad formátumú bemenő nyelv az alkatrészprogram leírására,
- processzor-posztprocesszor struktúra,
- CLDATA processzor-posztprocesszor közbenső nyelv.



7.7. ábra
Az APT felépítése

Ezek a mai ATTR-ekre is jellemzőek. Az APT alapú bemenő nyelvi és a CLDATA ISO ajánlás, kidolgozásának alapjául szolgált.

A **bemenő nyelv** az alkatrészprogram leírására szolgál a műszaki nyelvhez közelálló fogalmakkal, adott nyelvtani szabályok szerint.

Fontosabb jellemzői a bemenő nyelvnek:

a szintaxis, a bemenő nyelv nyelvtana,

a szemantika, a nyelvi mondatok, az alkatrészprogram értelmezése, fogalmi oldala.

A **predefinitás** azt jelenti, hogy az alkatrészprogramban egy fogalomra csak meghatározását (definícióját) követően lehet hivatkozni.

A **modalitás** öröklődést jelent, azaz az alkatrészprogramban egy utasítás mindaddig érvényben marad, míg megváltoztatását kiváltó utasítás meg nem jelenik.

A **horizontális struktúra** a nyelvi mondatok felépítését tárgyalja, míg a **vertikális struktúra** a nyelvi mondatok alkatrészprogramon belüli sorrendiségét szabályozza.

A nyelvi elemek fő csoportjai:

a) az alkalmazható jelek (betűk, számok, speciális jelek),

b) a szavak (hossza, felépítése: pl. APT-ben maximum 6 karakter és betűvel kezdődik), megkülönböztethetőek:

- szótári szavak, melyek lehetnek főszavak (a mondat típusát határozzák meg), módosítók (módosítják a mondat típusát, megadják a következő paraméter jelentését, valamilyen önálló jelentéssel bírnak),
- szótáron kívüli szavak (azonosítók, formális paraméterek),

c) karakterlánc (string, szöveg),

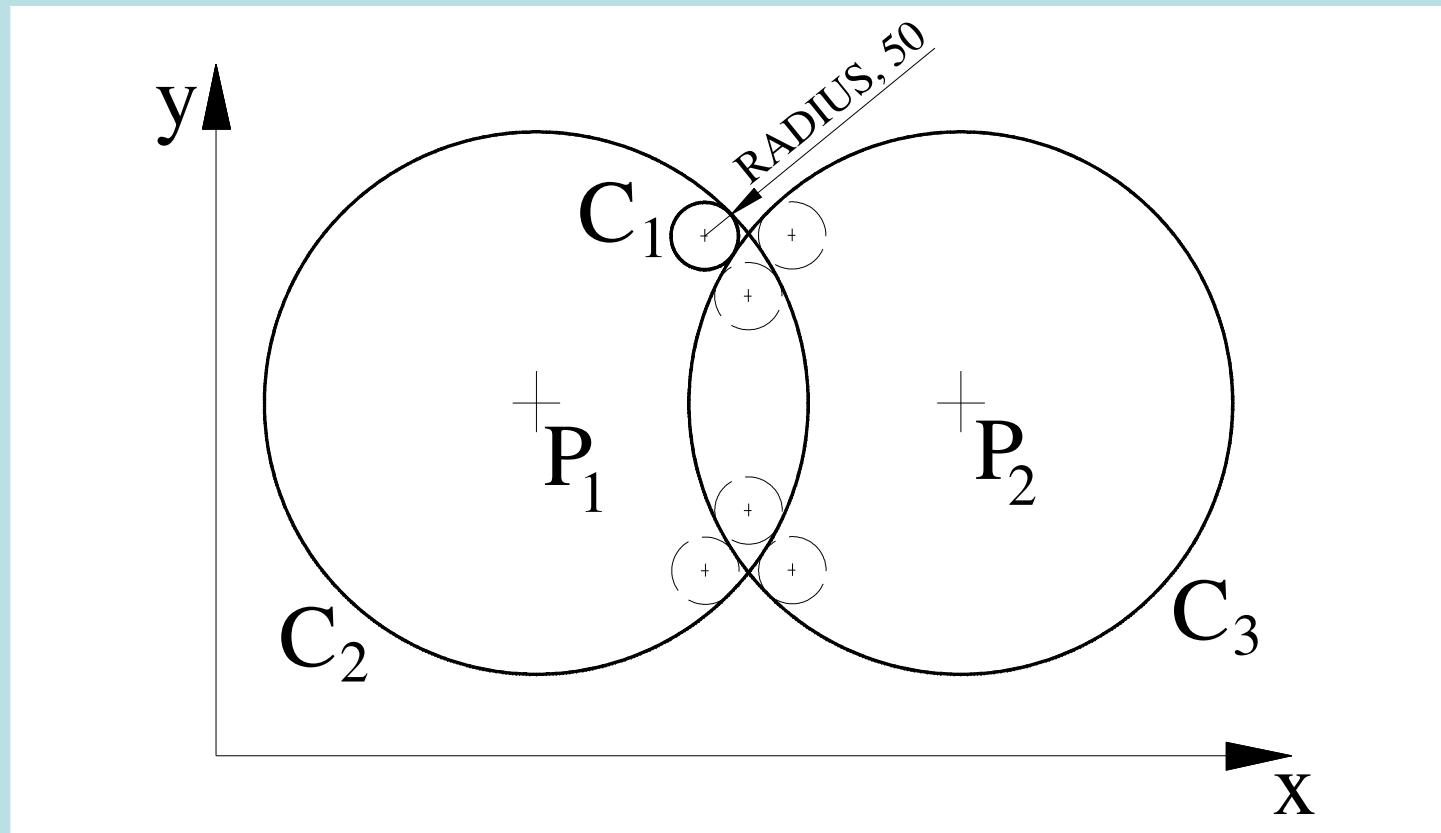
d) mondat, utasítás, melynek összeállítási szabályait a nyelv rögzíti.

Egy APT mondat általános felépítésére nézzünk meg egy kördefiníciót:

[<azonosító>=]<főszó>{<módosító>!<paraméter>!<azonosító>}}

PI: C1=CIRCLE/TANTO, IN, C2, OUT, C3, RADIUS, 50, YLARGE

Ez az utasítás a **C1** azonosítójú kört definiálja, mely érinti belülről a C2 és kívülről a C3 jelű kört, sugara 50 mm és y-nagyobb irányban fekszik (7.8. ábra).



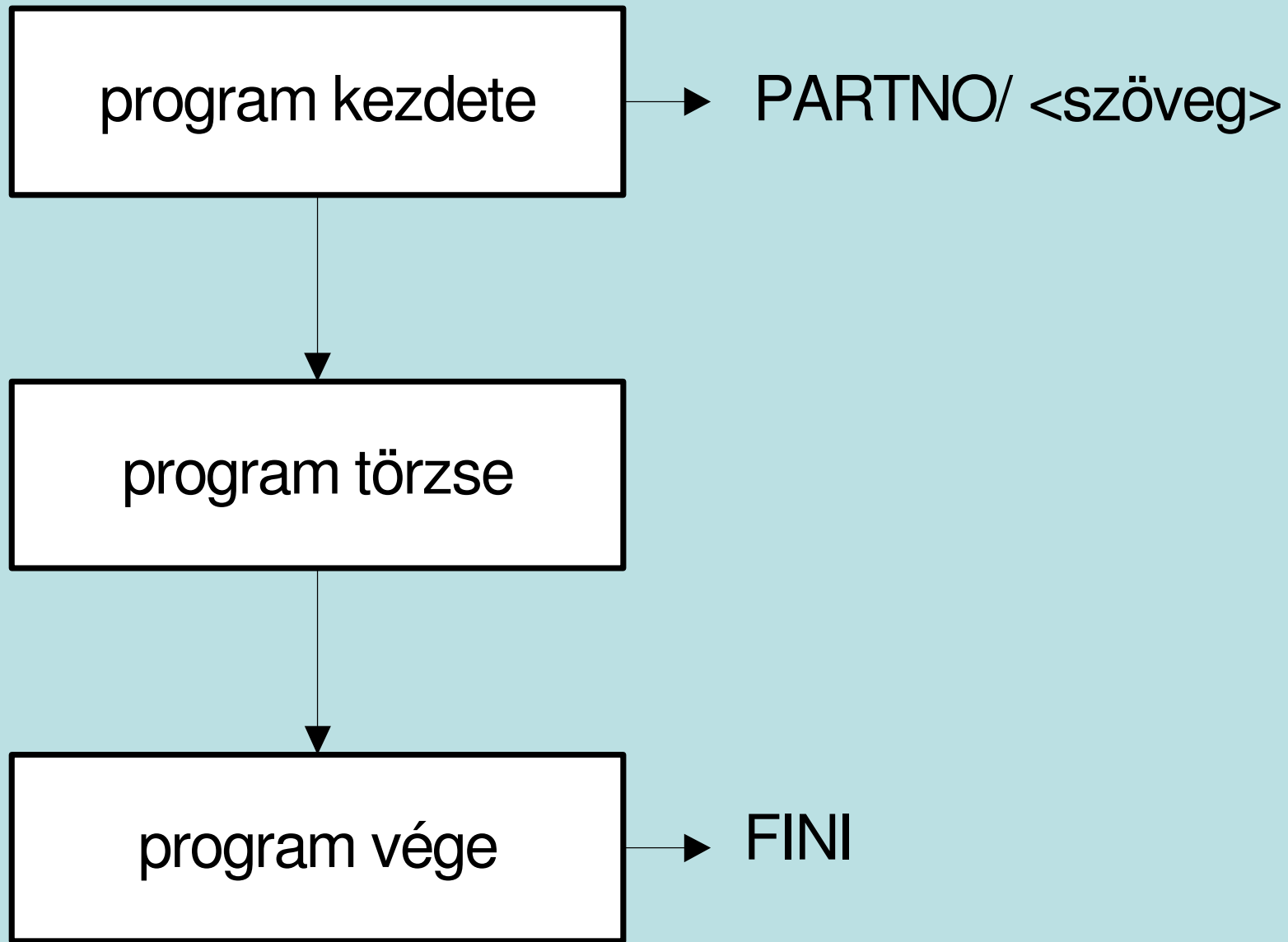
7.8. ábra
Két kört érintő kör

Az azonosító és törtvonal utáni paraméterek elhagyhatók, pontosabban vannak olyan mondattípusok, ahol ezekre nincs szükség.

Példaként:

- szerszám előírása: TOOLNO/256432, 22
- orsóforgás (fordulatszám és forgásirány): SPINDL/400, CLW
- előtolás megadása fordulatonkénti dimenzióban: FEDRAT/0.5, PERREV
- szerszámmozgás adott pontba: GOTO/P2
- szerszámgép leállítása: STOP

e) **alkatrészprogram:** nyelvi mondatok rendezett halmaza, melynek fő egységeit a 7.9. ábra mutatja.



7.9. ábra
APT alkatrészprogram felépítése

A **programtörzs** fő adatcsoportjai:

- általános adatok a munkadarabra, megmunkálásra vonatkozóan,
- geometriai leírás, definíciók,
- technológia:
 - technológiai definíciók,
 - technológiai definíciók aktivizálása,
 - megmunkálási helyek kijelölése,
 - esetleg elemi technológiai utasítások.

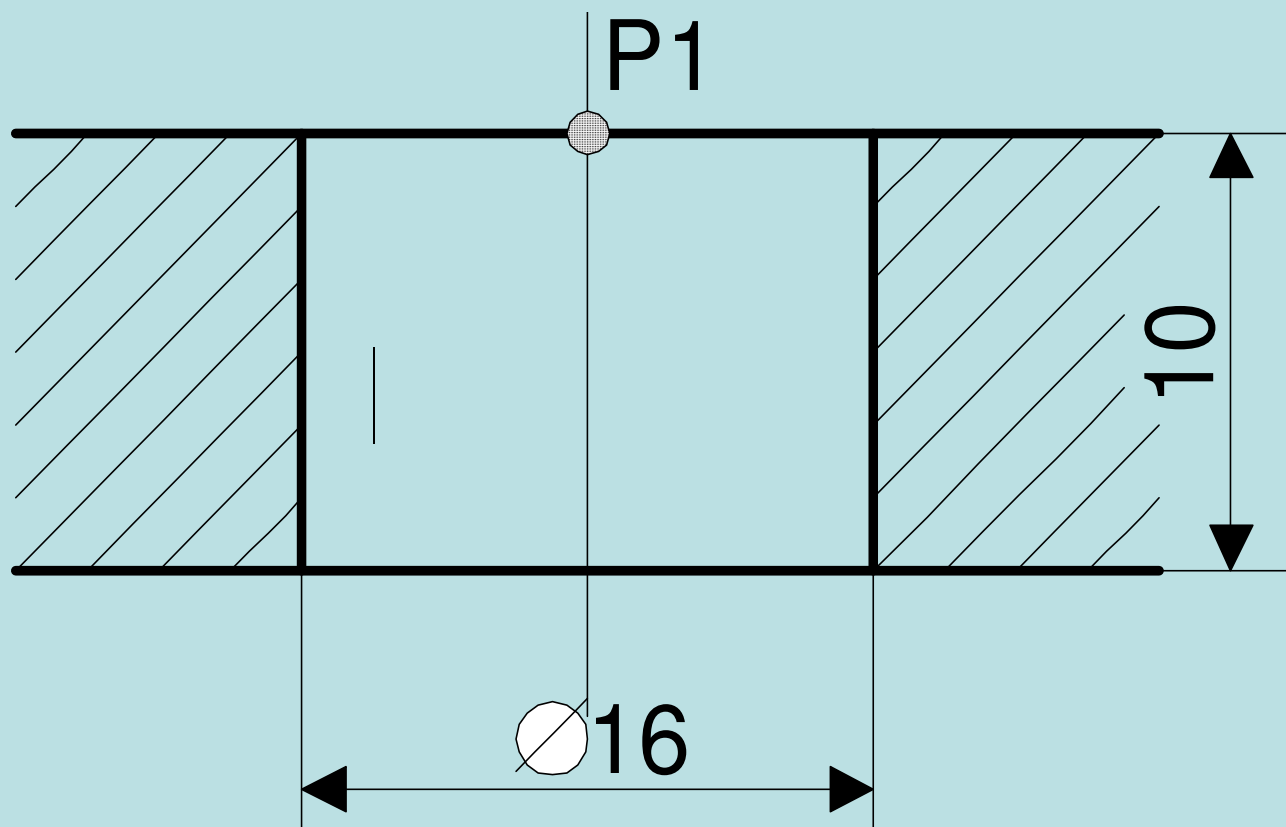
Példaként a program kezdete lehet PARTNO/FÚRÁS, HÁZ6678

Az **általános adatok** lehetnek:

PART/MATERL, C45, RA, 12.5, IT8

CLDIST/0.5, 2

SAFPOS/800, 800, 1000



7.10. ábra
Furatjellemzők a technológiai definícióhoz

Geometriára példa:

ZSURF/100

P1=POINT/50, 50

P2=POINT/100, 100

Technológiai definícióra példa (7.10. ábra):

T1= DRILL/DIAMETH, 16, DEPTH, 10, CORED

Technológiai definíció **aktivizálása**: WORK/T1

Megmunkálási hely kijelölése: CUT/P1, P2, INVERZ

Aktivizálás vége: WORK/NOMORE

Elemi technológiai utasításokra példa

TOOLNO/779837, 12

SPINDL/800, CCLW

RAPID

GOTO/(P3=POINT/80, 80, 102

FEDRAT/0.2

GODLTA/-15

RAPID

GODLTA/15

GOTO/800, 800, 1000

FINI

ATP mozgásutasítások, a szerszám mozgáspálya leírása:

a) **Pozicionáló mozgások** utasításai

mozgás adott pontba:

GOTO/P1

GOTO/X1, Y1, Z1

mozgás növekménnyel:

GODLTA/dx, dy, dz

GODLTA/dz

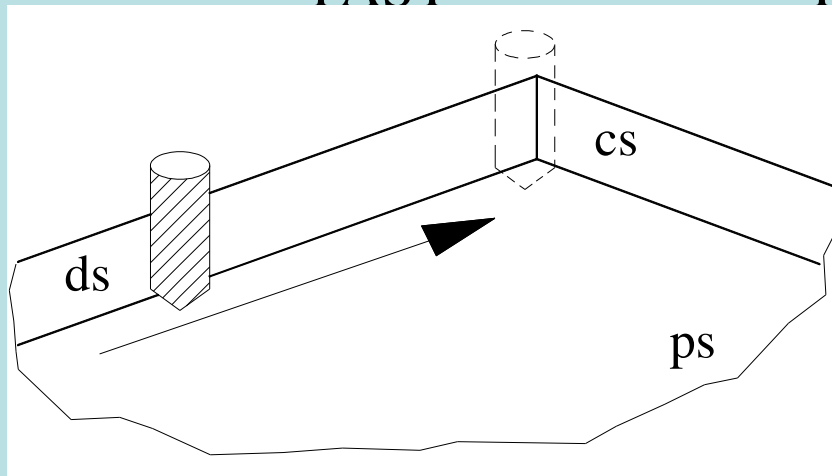
b) **Pályamenti mozgást vezérlő** utasítások

ráállítás adott felületekre (7.11. ábra):

GO/
ON , ds,
PAST

TO
ON ,
PAST

TO
ON , cs
PAST



ds = drive surface = vezető felület
cs = check surface = ellenőrző felület
ps = part surface = alkatrész felület

7.11. ábra

ATP felülettípusok a szerszám mozgáspálya leíráshoz

Mozgás felületek mentén:

előre GOFWD
hátra GOBACK
jobbra GORGT
balra GOLFT

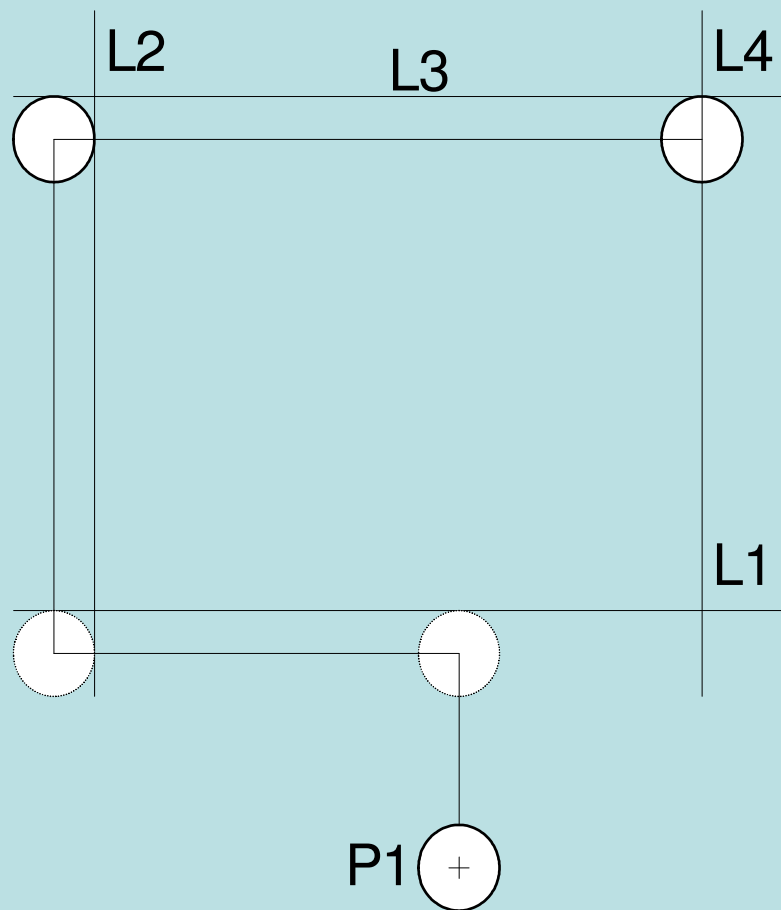
TO
/ON ,
PAST

ds,

TO
ON , cs
PAST

Az adott mozgás iránya (GOFWD, ... GOLFT) mindig az előző mozgás irányához viszonyítva adandó meg.

Példa a szerszám mozgáspálya leírására (7.12. ábra):



GOTO/P1
GO/[TO_L]L1
GOLFT/L1, PAST, L2
GORGT/L2, TO, L3
GORGT/L3, ON, L4

7.12. ábra

Mozgáspálya leírása APT nyelven

A **CLDATA** (Cutter Location Data) a rekordok szekvenciális sorozata. A rekordok szavakból állnak. A rekordok általános felépítése:

Rekord							
Sz0	Sz1	Sz2	Sz3	Sz4	Sz5	...	Sz _n ≤245
4 Byte	4 Byte	4 Byte	4 Byte	8 Byte	8 Byte	...	8 Byte

Az első négy szó mindig 4 Byte hosszúságú és egész (I) típusú. A további szavak ($n \leq 245$) mindig 8 Byte hosszúságúak, típusuk lehet: I – egész szám, R – valós szám, N – név (azonosító), T – string.

A rekordok első négy szava:

Sz0 (I) = length, a rekord további szavainak száma

Sz1 (I) = iseqno, a rekord sorszáma

Sz2 (I) = a rekord típuskódja

Sz3 (I) = a rekord alaptípus kódja (ha van) vagy valamilyen kód típusú adat

A további szavak típusa és jellege a rekord típusától, altípusától függ. Szintaxis, szemantika, modalitás, horizontális és vertikális struktúra értelmezése mint a bemenő nyelvnél.

Példaként néhány rekord definíciója az alábbi:

1000-es típusú rekord:

Neve: CARDNO,

felépítése:

Sz1 (I) = isequno

Sz2 (I) = 1000, CARDNO

Sz3 (I) = icard az alkatrészprogram azon mondatának sorszáma, mely forrása a további rekordoknak.

2000-es típusú rekord:

Posztprocesszor utasítások (döntően a bemenő nyelv elemi technológiai utasításainak felelnek meg).

Általános felépítés:

Sz1 (I) = iseqno

Sz2 (I) = 2000

Sz3 (I) = altípus-kód, további szavak az altípuskódtól is függenek.

Sz3 (I) = 1002, HEAD

Sz4 (I) = 193

Sz5 (I) = ihead, megmunkáló fej, szán kódja

Utasítást ad a megnevezett (ihead) szán vagy megmunkáló fej működésbe lépésére.

Sz3 (I) = 1009, FEDRAT

Sz4 (I) = 501, PERMIN

504, PERREV

Sz5 (I) = s, előtolás értéke

Az előtolás bekapcsolása.

Sz3 (I) = 1025, TOOLNO

Sz4 (I) = e, szerszám azonosító kód

Sz5 (I) = f, szerszám helye a szerszámgépen

Esetleges további adatok a szerszám méreteire és korrekciójára vonatkozóan

Szerszám aktivizálása.

Sz3 (I) = 1031, SPINDL orsóforgás

Sz4 (I) = 71, ON bekapcsolás

Sz4 (I) = 72, OFF kikapcsolás

Sz4 (I) = 246, ORIENT orientált kikapcsolás, rögzítés

Sz4 (I) = 114, LOCK kikapcsolás + rögzítés

Orsóforgás be- és kikapcsolás.

Sz3 (I) = 1049, COUPLE

Sz4 (I) = 71, ON

Sz4 (I) = 72, OFF

Orsóforgás és előtolás szinkronizálása (menetvágáshoz).

Sz3 (I) = 5, RAPID

Gyorsmenet bekapcsolása.

Sz3 (I) = 1094, SAFPOS

Sz4 (I) = 53, NOMORE érvényesség vége

Sz4 (I) = 1258, FIX szerszámcsere gépi fix helyzetben

Sz4 (R) = x, szerszámcsere helyének koordinátái

Sz5 (R) = y, szerszámcsere helyének koordinátái

Sz6 (R) = z, szerszámcsere helyének koordinátái

Szerszámcsere helyzet előírása.

Sz3 (I) = 2, STOP

Sz3 (I) = 3, OPSTOP

Feltételes stop.

Sz3 (I) = 1012, OPSKIP

Sz4 (I) = 71, ON

Sz4 (I) = 72, OFF

Vezérlőmondatok feltételes átugrása.

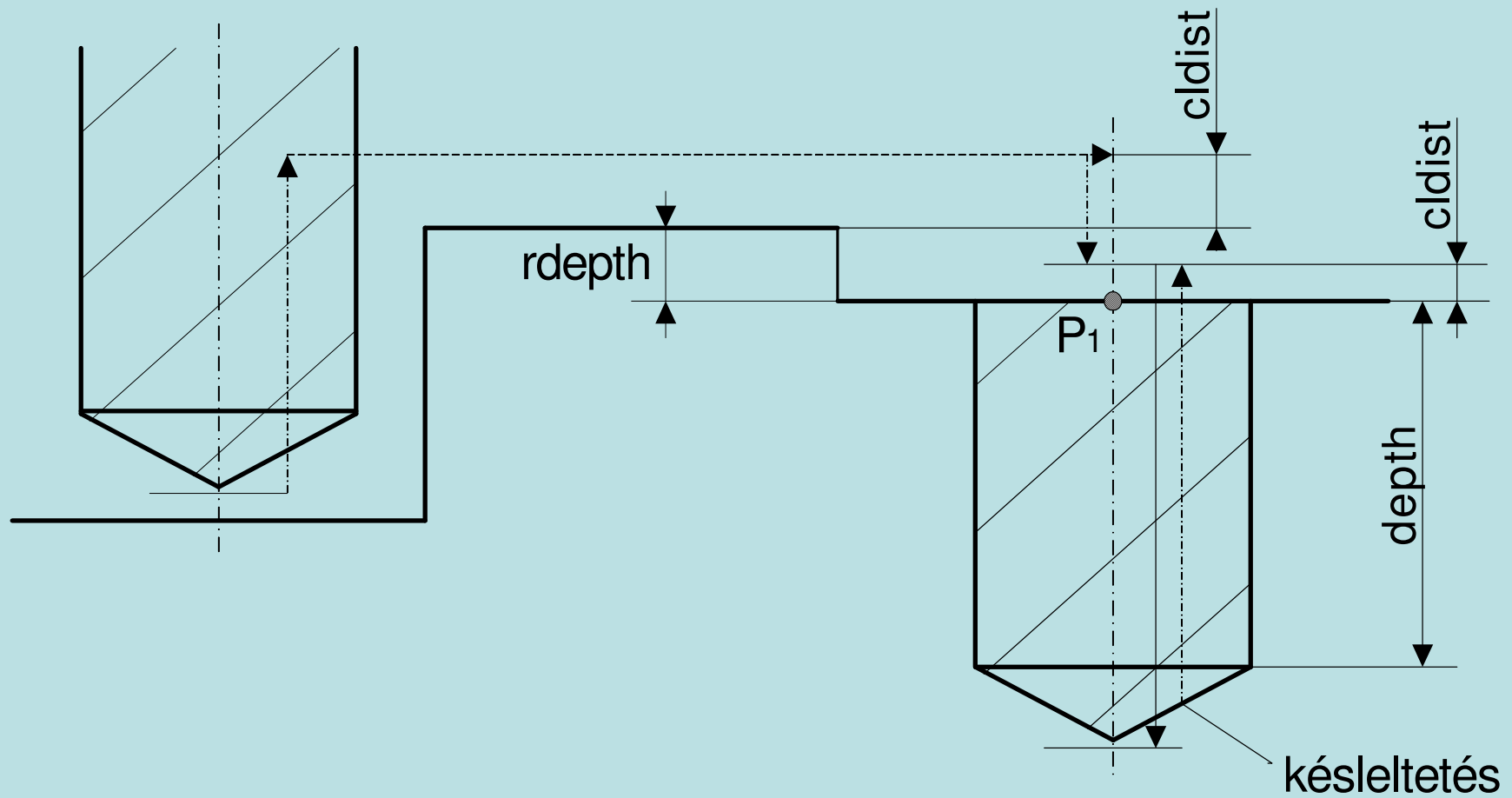
Sz3 (I) = 1010, DELAY késleltetés
Sz4 (I) = 98, SPIN sec-ban adva
Sz4 (I) = 97, REV orsófordulatok számával adva
Sz5 (I) = a, késleltetés értéke Sz4 dimenzióban
Késleltetés előírása.

Sz3 (I) = 1054, CYXLE ciklus
Sz4 (I) = 163, DRILL fúrás
Sz5 (I) = depth, mélység
Sz6 (I) = 316, MMPR [mm/ford]
Sz7 (R) = n, orsó fordulatszám
Sz8 (R) = cldist, biztonsági távolság
Sz9 (I) = 280, RAPTO gyors ráállás
SZ10(R) = rdepth, relatív szabad mélység (ütközési magasság)
Sz11 (I) = 279, DWELL
Sz12 (R) = delay, késleltetés fordulatban
Ciklusparaméterek megadása (7.13. ábra).

CYCLE/DRILL, fúrési ciklus bekapcsolása

GOTO/P1, fúrési hely előírása

CYCLE/OFF, ciklus kikapcsolása



7.13. ábra
Fúrési ciklus paramétereit és vázlatát

3000-es típusú rekordok:

Geometriai elemek normál alakja

4000-es , 5000-es típusú rekordok:

Egyenes vonalú szerszámmozgás, egyenes szakaszokkal közelített görbe pályán történő szerszámmozgás.

6000-es típusú rekord:

Szerszám geometria és interpoláció.

14000-es típusú rekord:

Sz2 (I) = 14000, FINI (CLDATA vége)

15000-es típusú rekord:

Görbe vonalú szerszámmozgás (pl.:körív mentén)

A fenti leírás áttekintést ad a CLDATA rekordok egy részéről. Egy posztprocesszor kidolgozásához ismerni kell az adott CAD/CAM rendszer CLDATA teljes specifikációját.

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