



Fejlesztés-módszertani ismeretek

Szerzők: Dr. Kamondi László
Sarka Ferenc
Dr. Takács Ágnes

Lektor: Dr. Kollányi Tibor

Korszerű anyag-, nano- és gépészeti technológiákhoz kapcsolódó műszaki képzési területeken kompetencia alapú, komplex digitális tananyag modulok létrehozása és on-line hozzáférésük megvalósítása (TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0001)

Tartalomjegyzék

1. A TERVEZÉSMÓDSZERTAN ELMÉLETI ALAPJAI	7
1.1. Irodalmi áttekintés	7
1.2. Tervező iskolák, tervezésmódszertani eljárások.....	10
1.2.1. Az intuitív tervezési modell.....	12
1.2.2. Kognitív tervezési modell	12
1.2.3. A diszkurzív tervezési modell.....	13
1.3. A módszertani modellek szintézise	20
2. A KONCEPCIONÁLIS TERVEZÉS	22
2.1. Termékstruktúrák felbontása funkciókra	22
2.2. A funkcióstruktúrák matematikai leírása	24
2.2.1. Fabejárési módszerek.....	24
2.2.2. Teljes kombinálási módszerek.....	26
3. MEGOLDÁSVÁLTOZATOK VIZSGÁLATA, ÉRTÉKELEMZŐ ELJÁRÁSOK.....	28
3.1. Az értékelemzés módszerei.....	28
3.1.1. Value Analysis–Értékjavítás.....	28
3.1.2. Value Engineering–Értéktervezés	28
3.1.3. Value Control–Értékellenőrzés	28
3.2. Az értékelemzési munka	29
3.3. Értéktervezés–Műszaki értékelemzés.....	31
3.3.1. Bináris értékelő eljárások	31
3.3.2. Pozícionális értékelő eljárások.....	33
3.3.3. Az eljárások szintézise	35
3.4. Értékelési eljárások a módszeres tervezésben.....	36
3.4.1. A műszaki értékelés folyamata	37
3.5. Műszaki- és gazdasági értékelemzés	40
4. A KONSTRUKCIÓS TERVEZÉS	41
4.1. A kialakítás folyamatának áttekintése.....	41
4.1.1. A kialakítási folyamat legfontosabb elemei.....	42
4.1.2. A kialakítás alapszabályai.....	44
4.2. A mérnöki számítások alapelvei.....	49
5. GYÁRTÁSHELYES TERVEZÉS	52
5.1. Gyártás szempontjából helyes szerkezeti felépítés.....	52
5.2. Az építőelemek gyártáshelyes kialakítása.....	53
5.2.1. Öntéshelyes kialakítás	53
5.2.2. Kivágás- és hajlítás helyes kialakítás.....	56
5.2.3. Fúrás helyes kialakítás.....	59
5.2.4. Hegesztés-helyes kialakítás	60
5.2.5. Szerelés helyes kialakítás	69
5.2.6. Méret- és tűréshelyes kialakítás	74
5.2.7. Az igénybevétel helyes kialakítás.....	77
6. TERVDOKUMENTÁCIÓ	80
6.1. Jogszabályok és szabványok.....	80
6.2. Tervdokumentáció tartalma	80
6.3. Előzetes Kockázatelemzés	81
6.4. Mérnöki számítások	82
6.5. Műszaki rajzok	83
6.5.1. Alkatrészejz.....	83

6.5.2. <i>Összeállítási rajz</i>	83
6.5.3. <i>Feliratmező, rajzszámozás, darabjegyzék (tételjegyzék)</i>	84
6.6. <i>Használati utasítás</i>	85
6.7. <i>A gép adatlapja, a gép megjelölése</i>	86
6.8. <i>Megfelelőségi nyilatkozat</i>	87
7. FELHASZNÁLT IRODALOM	89

Alkalmazott jelölések

A skalár mennyiségeket normál vastagságú latin, vagy görög betűk, a vektormennyiségeket aláhúzott, normál vastagságú latin betűk, a mátrixokat félkövér latin betűk jelölik. A jegyzetben KISKAPITÁLIS betűvel szedett személynevek a hivatkozott kutatókat jelölik. Az irodalmi hivatkozások [i]-ben szerepelnek, a Felhasznált irodalom című fejezetben szerző szerinti ABC-rendben összefoglalt munkáknak megfelelően.

Latin, nagybetűvel jelölt mennyiségek	
A	Alapelv
D	Dátum
E	Egy termék értéke
F	Feladat
$G_{B,i}$	Valamely bemeneti adat
$G_{K,i}$	Valamely kimeneti adat
H	Hatásváltozat
JME	Javított megoldáselem
M	Megoldásváltozat
ME	Megoldás elem
P	Valamely termék ára
Sz	Értékelési szempont
S	Struktúra mátrix
TT	Csoporttagok száma
V	Megoldásváltozat
V_h	Hatáslánc változatok száma
V_m	Megoldásváltozatok száma
V_{opt}	Optimális megoldás
$V_{\ddot{o}}$	Összes megoldásváltozat
V_p	Változatpár
V_{sz}	Hatáslánc változatok szintenkénti száma
W	Egyéni súlyozó mátrix

Latin, kisbetűvel jelölt mennyiségek	
a	Elemek száma
d	Részhatás
d_t	Részhatásonkénti hatásváltozatok
f	Funkció

i	Ciklusváltozó
j	Ciklusváltozó
k	Sorozat tagszáma
m	Ciklusváltozó
n	Ciklusváltozó
p_{\min}	A megoldásváltozatra adható legkisebb pontszám
p_{\max}	A megoldásváltozatra adható legnagyobb pontszám
\underline{q}	Sorrend vektor
\underline{q}_i	A sorrend vektor egy adott eleme
s	Elemi súlyozási tényező
\underline{s}	Súlyozó vektor
sz	A hatáslánc szintjének száma
t	Adott részhatás sorszáma
z	A morfológiai mátrix meghatározásához szükséges elemek száma

Egyéb jelölések

CE	Conformité Européenne (Európai Megfelelőség)
EK	Európai Közösség
IKIM	Ipari Kereskedelmi és Idegenforgalmi Minisztérium
GKM	Gazdasági és Közlekedési Minisztérium
GM-KHVM	a Gazdasági Minisztérium és a Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium
NFGM	Nemzeti Fejlesztési és Gazdasági Minisztérium
MSzT	Magyar Szabványügyi Testület
SzMM	Szociális és Munkaügyi Minisztérium

Előszó

A tervezőmérnök küldetése, hogy megtalálja egy-egy adott műszaki probléma optimális megoldását azon lehetőségek határain belül, melyet a műszaki tudományok fejlettségi szintje és a társadalom pillanatnyi igényei és lehetőségei határoznak meg. A tervező feladata tehát, hogy a tudomány aktuális állását a mindenkori felhasználói igényekhez igazítva fejlesszen ki újabb és újabb termékeket. A műszaki tudományok fejlettségének, valamint a társadalmi igényeknek a metszéspontja a tudományos ismeretek folyamatos bővülése, alakulása révén mindig máshol van; ami tulajdonképpen nem jelent mást, mint hogy a változó igények révén a tervezőmérnöknek mindig terveznie kell, a mérnöki munka örök.

A jelen jegyzet az elnyert Társadalmi Megújulás Operatív Program Tananyagfejlesztés és tartalomfejlesztés különös tekintettel a matematikai, természettudományi, műszaki és informatikai (MTMI) képzésekre című, TAMOP – 4.1.2-08/2/A/KMR kódú pályázat támogatása révén valósulhat meg. A jegyzet megírásával a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki- és Informatikai Karára a Gépészmérnöki, valamint az Ipari termék- és formatervező alapszakra beiratkozott hallgatók tanulmányait kívánjuk segíteni. A jegyzet jó segítséget nyújt a hallgatóknak a gépészeti tervezés módszerei, valamint a Terméktervezés módszertana című tantárgyakból a vizsgára való felkészülésre. A jegyzet Gyártáshelyes tervezés, illetve Tervdokumentáció című fejezetei a Gépelemek I. és Gépelemek II. című tárgyak oktatásában is jól alkalmazható, hiszen számos kiváló példát tartalmaz a mérnökhallgatók számára a helyes konstrukciós kialakításra vonatkozóan.

A jegyzet megírása azért vált szükségessé, mert a korábbi anyagok a hagyományos egyetemi képzésben résztvevők számára előírányzott tananyagot tartalmazták, azonban a BSc. képzés számára nélkülözhetetlenné vált ezen tananyagok átstrukturálása.

A szerzők

Miskolc-Egyetemváros, 2011.

1. A TERVEZÉSMÓDSZERTAN ELMÉLETI ALAPJAI

1.1. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A koncepcióképzés módszeres megközelítésével kapcsolatban az elmúlt száz évben számos tanulmány foglalkozott. A szakterület kutatói rendkívül nagyszámú módszert mutattak be. Ezek mindegyike egy lépésről lépésre történő tervezési útmutató, hiszen a módszeres koncepcióképzés alap gondolata az, hogy a tervezés megtanulható tevékenységgé váljon.

A módszeres géptervezés gyökerei az 1920-as évek Németországból erednek. WÖGERBAUER [95] 1943-ban megjelent könyvében tett javaslatot arra, hogy a teljes feladatot részfeladatokra kell bontani, azokat pedig üzemi, és gyártási feladatokra. A „*Konstruktionssystematik*” kifejezést BINIEK [12] használta először 1952-ben. Az első konferencia, mely a *Conference on Design Methods (Tervezési módszerek konferencia)* elnevezést kapta, 1962 szeptemberében került megrendezésre Londonban [18].

KESSELRING [52] 1942-ben megjelent könyvében mutatta be konvergens közelítő eljárásának alapjait, amit később a VDI 2225 [94] foglalt össze. Kesselring már 1937-től publikált az értékelő eljárásokról, mely publikációk alapjául a berlini Siemens gyárnál szerzett gyakorlati tapasztalatai szolgáltak.

Az ilmeneai iskola megalapozói BISCHOFF és HANSEN voltak. Hansen [41] az átfogó tervezési rendszerére vonatkozó elvi szempontokat 1965-ben megjelent könyvében foglalta össze, jóllehet már az '50-es évek eleje óta foglalkozott a tervezésmódszertan alapjaival.

RODENACKER [73] szerint minden olyan gép, vagy készülék, mely egy meghatározott cél, vagy funkció ellátására készül egy fizikai eseményen alapul. A tervezési folyamatot olyan információátalakításként fogja fel, mely során a megoldás kidolgozása az absztrakttól a konkrét felé halad.

A berlini iskola megalapítója BEITZ volt. Munkássága szorosan összekapcsolódik a darmstadti tervezőiskola megteremtőjével, PAHLlal, hiszen számos közös publikációjuk jelent meg [67].

A közép-európai gyökerek átnyúlnak Amerikába is, hiszen a cseh származású HUBKA számos alkalommal publikált közösen az osztrák származású, de Kanadában élő kollégájával EDERrel [46]. Hubka [45] a Műszaki Rendszerek Elméletének (*Teorie technických systémů*) megalkotója, a rendszerszemléletű tervezésmódszertan megalapozója, az ICED (*International Conference on Engineering Design*) elnevezésű konferencia egyik életre hívója.

A tervezési katalógusokról is ismert ROTH [74] elsők között volt, akik felismerték a grafikus számítógépekben rejlő, a módszeres tervezés területén sikerrel alkalmazható automatizálási lehetőségeket, így módszerének elvi alapjai nem csupán a táblázatosan összegyűjtött anyagok tudásbázisként való alkalmazására fókuszáltak, de az a gondolat is foglalkoztatta, hogy a teljes koncepcióképzési fázist automatizálhatóvá tegye. Ennek érdekében dolgozta ki algoritmikus tervezői modelljét.

1. táblázat. A tervezésmódszertan mérföldkövei

MEGJELENÉS ÉVE	SZERZŐ	MÉRFÖLDKÖVEK	ORSZÁG
1852	Redtenbacher [71]	Prinzipien der Mechanik und des Maschinenbau	Németország
1854	Reuleaux [70]	Konstruktionslehre für den Maschinenbau	Németország
1881	Bach [3]	Die Maschinenelemente	Németország

1928	Erkens [36]	Beiträge zu Konstruktionserziehung	Németország
1942	Kesselring [52]	Die starke Konstruktion	Németország
1943	Wögerbauer [95]	Die Technik des Konstruierens	Németország
1948	Zwicky [98]	The morphological method of analysis and construction	USA
1950	Nieman [65]	Maschinelemente	Németország
1952	Biniak [12]	Konstruktionssystematik. Feingerätetechnik	Németország
1954	Kesselring [54]	Technische Kompositionslehre	Németország
1956	Altschuller [1]	Theory of inventive problem solving	Oroszország
1957	Matousek [60]	Konstruktionslehre des allgemeinen Maschinenbaus	Németország
~1960	Cross [22]	Design Ability	Anglia
1965	Hansen [41]	Konstruktionssystematik	Németország
1963-1971	Leyer [57]	Maschinenkonstruktionslehre	Németország
1970	Rodenacker [73]	Methodisches Konstruieren	Németország
1973	Hubka [45]	Design Science, rendszerszemléletű tervezés	Európa
1973	Koller [55]	Eine algorithmische-physikalische orientierte Konstruktionsmethodik	Németország
1973	VDI [90]	VDI 2221	Németország
1973	Tajnafoi [80]	Hajtóműelmélet (hajtómű változatok módszeres feltárása)	Magyarország
1974	Roth [74]	Aufbau und Handhabung von Konstruktionskatalogen	Németország
1976	Tajnafoi [82]	Szerszám gép morfológia	Magyarország
1977	Pahl és Beitz [67]	Konstruktionslehre	Németország
1978	Suh [77]	Axiomatic design	USA
1980	Yoshikawa [96]	General design theory	Japán
1985	Pugh [69]	Total design	Anglia
~1985 óta	Eder [35]	Transformation system	Canada
1989	Cross [19]	Engineering design methods	Anglia
1989	Mittal és Frayman [63]	Configurative design	USA
1992	Bercsey és Vajna [8]	Autogenetische Konstruktionstheorie	Magyarország, Németország
1993	Linde és Hill [58]	WOIS	Németország
1999	Furka [38]	Kombinatorikus kémia	Magyarország
2001	Otto [66]	Reverse engineering techniques in product design	USA

A közép-európai módszerekkel –*logikai felépítésének tekintetében*– szemben áll ALTSHULLER tervezői szemlélete, a Feltalálói Problémamegoldás Módszere, a Теория Решения Изобретательских Задач (*Theorija Reshenija Izobretatel'skih Zadach*), vagyis a TRIZ módszer [1]. A szabadalmi hivatalnok a benyújtott szabadalmakat tanulmányozva jutott arra a gondolatra, hogy vajon nem tartalmazznak-e a találmányi leírások valamiféle rejtett törvényszerűségeket. Számos szabadalmat vizsgált meg, végül az 1970-es évekre összeállította javasolt módszerét.

A TRIZ módszerhez nagyon hasonló szemléletű eljárást dolgozott ki LINDE és HILL [58], az Ellentmondásorientált Innovációsstratégiát (*Widerspruchorientierte Innovationsstrategie*), vagyis a WOIS módszert, melynek alapjait 1988-ban, LINDE fogalmazta meg disszertációjában. A WOIS a TRIZ alapkonceptióit használja, de megpróbál olyan módszereket, mint a QFD, brainstorming, szinektika, rendszerelmélet, értékelemzés konzisztens módon integrálni. LINDE a WOIS-ban, a TRIZ-zel ellentétben jövőbeni fejlesztési módszerek felfedezésére helyezi a hangsúlyt. Számára a hajtóerőt műszaki innovációk kifejlesztése jelenti. Sokkal inkább értékeli az innovatív feladatállítások generálását, mint a megoldásukhoz szükséges elemeket. Magyarországi vonatkozásban említést kell tenni a budapesti tervező iskoláról, mely a terméktervezés módszertanának és korszerű eszközrendszerének fejlesztésével, kutatásával foglalkozik. Ennek a kutatási területnek a hazai megalapozója BERCSEY [6], [7], [8], [9], hiszen számos idegen nyelvű irodalom magyarra fordításában működött közre, emellett számos jegyzet [10], [11] összeállítását irányította, melyek a tervezésmódszertan tudományának hazai oktatását segítik. Mindemellett új módszerek kidolgozásával is foglalkozott, mint például az Autogenetikus Algoritmus, amelyet VAJNÁVAL közösen végzett [8], [89]. HORVÁTH [5] a terméktervezéshez szükséges számítógépes rendszerek kutatásával-fejlesztésével foglalkozik. A miskolci tervezőiskolát TERPLÁN és TAJNAFŐI alapozta meg. A géptervezés általános elveinek terméktervezésre történő alkalmazását DÖBRÖCZÖNI [10], [11] és KAMONDI [10], [11], [50], [51] vezette be az oktatásba. TAJNAFŐI [80], [81], [82] a szerszámgépekkel kapcsolatosan dolgozott ki több jelentős módszert. Ezen módszerek felhasználásával például LIPÓTH [59] és TAKÁCS [86] számítógépes struktúrageneráló módszereket dolgozott ki.

Az irodalomkutatás során feldolgozott publikációk közül számos tanulmány született a világ más területein (*Észak-Európa, Japán, Amerika*). Ezek azonban túlnyomó többségben más tudományterületeken (*pl.: számítástechnika*,) kutadják a tervezésmódszertan eszközeit.

A konfiguratív feladat fogalma a számítástechnika területéről származik, MITTAL és FRAYMAN 1981-ben tett javaslatot a fogalom bevezetésére [63]. TIIHONEN és társai [87], [88] a szoftver termékcsaládok konfiguratív tervezésére dolgoztak ki módszert. BROWN 1998-ban úgy vélte [16], hogy a konfiguratív tervezés a terméktervezésre közvetlenül nem alkalmazható, mert maga a folyamat számos lépését tekintve pontatlan. DECIU és társai [34] azonban a ZADEH [97] által kidolgozott fuzzy halmazelmélet segítségével alkalmazták a konfiguratív tervezést az ipari terméktervezés területén, így a BROWN által említett, a funkciók kapcsolódására vonatkozó pontatlanságot kiküszöbölték.

A kombinatorikus kémia fogalma FURKÁTÓL [38], [39], [40] származik. Tapasztalatai során megállapította, hogy egy új gyógyszer kifejlesztéséhez rendkívül nagyszámú vegyületet kell előállítani. Kutatásai során különböző peptid- és fehérje láncok kapcsolatait vizsgálta. Ezek alapján vetette fel azt a lehetőséget, hogy a kombinatorika segítségével viszonylag gyorsan szinte végtelen számú vegyület generálható.

Az 1. táblázat a tervezésmódszertan legjelentősebb eredményeit foglalja össze. A táblázatból kitűnik, hogy nagyon sok német mérnök, módszertan kutató foglalkozott a módszeres tervezés fejlesztésével, így az az igény, hogy a tervezés tanulható, tanítható képességgé váljon, Európából indult és terjedt el az egész világon.

1.2. TERVEZŐ ISKOLÁK, TERVEZÉSMÓDSZERTANI ELJÁRÁSOK

Az intuitív gondolkodás a rendszerszemléletű tervezés szerves része, a tervezési folyamat minden lépésében megfigyelhető. SHIGLEY [76] szerint a kreativitás lényege a döntéshozó képesség, amely végigkíséri a tervezőmérnök munkáját a teljes tervezési folyamat során.

Egy tervezési feladat optimális megoldásának keresése közben a megoldással kapcsolatos szemlélet mindig változik. A feladat megismerésének folyamata teszi szükségessé, hogy a tervezőmérnök elképzelése a feladatmegoldásról folyamatosan változzon, hiszen amikor elkezd dolgozni, még nagyon keveset tud az adott termékről, azonban minél alaposabb piac- és szabadalomkutatást végez, annál több tényezőt tud figyelembe venni. Ahogyan a mérnök egyre több részletét ismeri meg a feladatnak, úgy változik nézete a termék-megoldással kapcsolatban is. Ennek megfelelően PÓLYA [68] a feladatmegoldást négy szakaszra osztja fel, melyek:

- a feladat megértése,
- a részfeladatok egymáshoz kapcsolódásának vizsgálata a megoldás alapötletének megtalálásához, valamint a megoldási terv elkészítéshez,
- a terv végrehajtása,
- a megoldás elemzése.

Előfordulhat, hogy a probléma megoldásának keresése közben olyan komplex ötlet merül fel, hogy már a feladat megértésének fázisában „látszik” a megoldás, azonban ez rendkívül ritka. PÓLYA úgy véli, hogy ha nem gyullad ki a megoldás szikrája az első pillanatban, akkor be kell tartani az általa javasolt lépéseket. Szerinte a legrosszabb eset az, amikor annak ellenére, hogy nincs meg a frappáns, intuitív ötlet, a megoldás keresője mégis elhagyja a négy szakasz valamelyikét, és anélkül kezdi el kidolgozni a megoldást, hogy megértette volna, mik a pontos követelmények. PÓLYA rendkívül nagy figyelmet fordít a feladatrészek folyamatos ellenőrzésére.

Ebben a fejezet részben az egyes tervezőiskolák alapvető jellemzői, illetve néhány tervezésmódszertani eljárás kerül bemutatásra. A fejezet végén a módszerek szintézise kerül tárgyalásra.

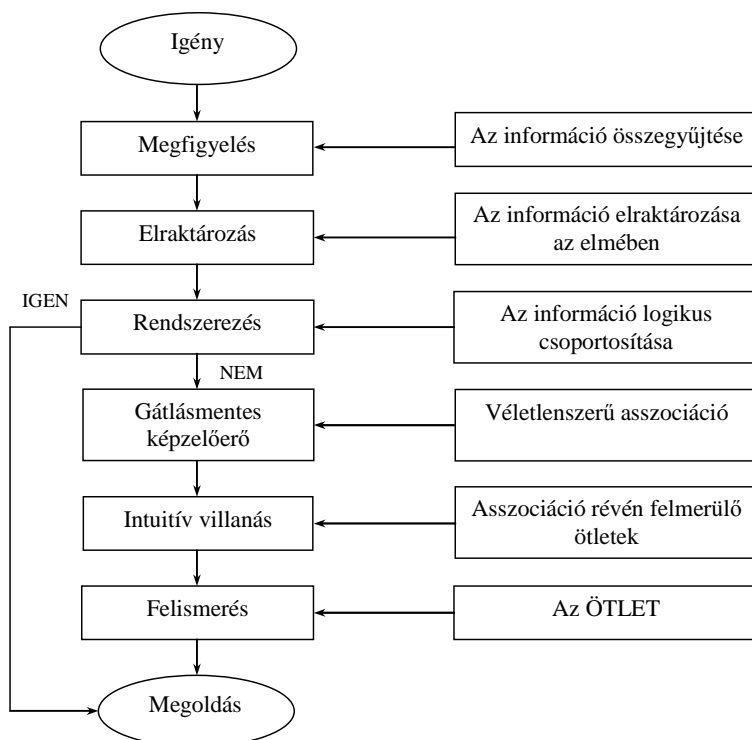
SELYE [75] az intuíción tudattalan intelligenciaként említi, mely révén elmélkedés, vagy következtetés nélkül jutunk ismeretekhez. Felfogása szerint az intuíció racionális megértés nélküli, közvetlen felfogást, vagy megismerést jelent. *„Az intuíció az eredetiség, a találékonyság, a leleményesség minden változatának gyújtószikrája. Az a villanás, amely a tudatos gondolkodás és a képzelőerő között érintkezést teremt”*.

Az 1. ábra szerint az alkotó elme a megfigyelés során a tényeket összegyűjti, elraktározza, majd pedig a csoportosítás során valamilyen logika szerint rendszerezi azokat. Sok esetben már ekkor megjelenik az az ötlet, ami a feladat megoldását elősegíti, azonban számos esetben előfordul, hogy az ember tudattalan képessége, a képzelőerő segítségével, véletlenszerű asszociációk hosszú iterációs láncolata révén felmerülő ötletek, intuitív villanások közül felismeri az *Ötletet*, így jutva el a feladat megoldásához. Az intuíció tehát az a képesség, mely az absztrahálás során felvillanó alkalmazható ötleteket a tudatba hozza. Az intuitív villanás, a „megsejtés”, mely annak ellenére, hogy az 1. ábra szerinti lépések váltották ki, nem vezethető le azokból a formális logika alkalmazásával.

HANSEN [41] ezzel szemben úgy értelmezi az intuitív munkát, hogy az ötlet többnyire egyszerű, és világos gondolatmeneten alapszik, hiszen minden új idea az agyban raktározott tapasztalatokból, megfigyelésekből, ezek kombinációjából születik, csupán maga a folyamat –*amely révén az újító termék, vagy gép megszületik*–, jelentősen gyorsabb. Ennek megfelelően a valóságban soha nem beszélhetünk véletlenről, vagyis zseniális ötletről. HANSEN szerint az intuitív folyamat mesterséges lelassításával feltárulnak azok az elemek, melyekből a megoldás fel-

épült, létrejönnek azok a megoldások is, melyeket az agy automatikusan elvetett volna. Ilyen formán maga az intuitív gondolkodás rekonstruálható és az intuíció tapasztalatszerzéssel fejleszthető. A kevesebb tervezői tapasztalattal rendelkező mérnöknek azonban lehetősége van arra, hogy „*mesterséges intuícióval*” ugyanúgy megtalálja a feladat elvégzését optimálisan biztosító megoldást, mint a tapasztaltabb konstruktőrök.

Összességében megállapítható, hogy az intuitív problémamegoldás minden forrás szerint a megszerzett tapasztalatokból eredő ötleteken alapul. A fogalom meghatározása szempontjából lényegtelen, hogy az intuíció segítségével megszülető megoldások milyen lépéseken keresztül jöttek létre. HANSEN elmélete arra világít rá, hogy az intuitív tervezés pótolható, jól közelíthetően rekonstruálható egy olyan módszer segítségével, amely lépésről lépésre támogatja a tervezőt a logikus gondolkodásban. A tervezési módszerek kialakításával már számos elméleti kutató foglalkozott, ennek megfelelően különböző szemléletek alakultak ki. Leggyakrabban az intuitív, a kognitív, és a diszkurzív modellek szerinti felosztást említi a szakirodalom. Ennek a fejezetnek a legfőbb célja, hogy ezeket a modelleket bemutassa.



1. ábra. Az intuíció SELYE alapján

Az intuitív tervezési folyamatot a felismerés hirtelen tudatossá válása indítja el. Ez a feladatmegoldási metódus nem csupán a tervezőmérnök rátermettségétől, de kreativitásától, munkahelyi környezetétől is függ. A kreativitás nem tanulható meg, azonban fejleszthető, az egyéni tapasztalatoktól, tanulással elsajátított –*műszaki, gazdasági, jogi, orvosi, stb.*– ismeretektől, kultúrától, intelligenciától függő individuális képesség.

Egy-egy műszaki probléma intuitív megoldása révén már számos szabadalom született az évszázadok során, és minden bizonnyal még fog is születni. Azonban a módszer számos szempontot tekintve hátrányos, ezek közül a két legfontosabb a következő:

- megfelelő ötlet ritkán születik a megfelelő időpontban, mivel az intuíció emberi akarral nem kényszeríthető ki; tehát az intuíción alapuló mérnöki munka, időben nem tervezhető.

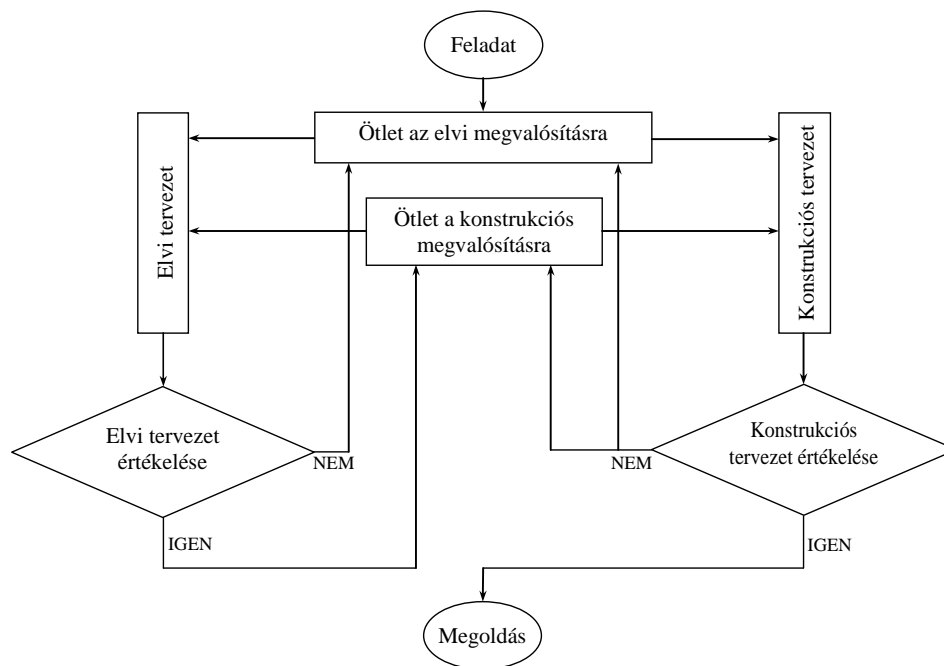
- nem rendelkezik mindenki ugyanakkora kreativitással, valamint szakmai tapasztalattal; tehát az intuitív tervezés minősége nem homogén, nagyon függ a tervező személyétől.

Emiatt arra kell törekedni, hogy valamilyen útmutatásnak megfelelően a tervező, egy előre meghatározott folyamatot járjon végig, mely egy elvárt minőségű műszaki tervet produkál elvárt idő alatt.

1.2.1. Az intuitív tervezési modell

Az 2. ábra az irodalomkutatás során feltárt intuitív tervezést leíró modellek alapján készült [80], [81]. A modell jellemzője, hogy a feladatmegoldás két szinten –*az elvi megoldás- és a tényleges konstrukció szintjén*– valósul meg. Tehát egy-egy tervezési feladat elvégzése során, több szinten több fajta ötlet szükséges.

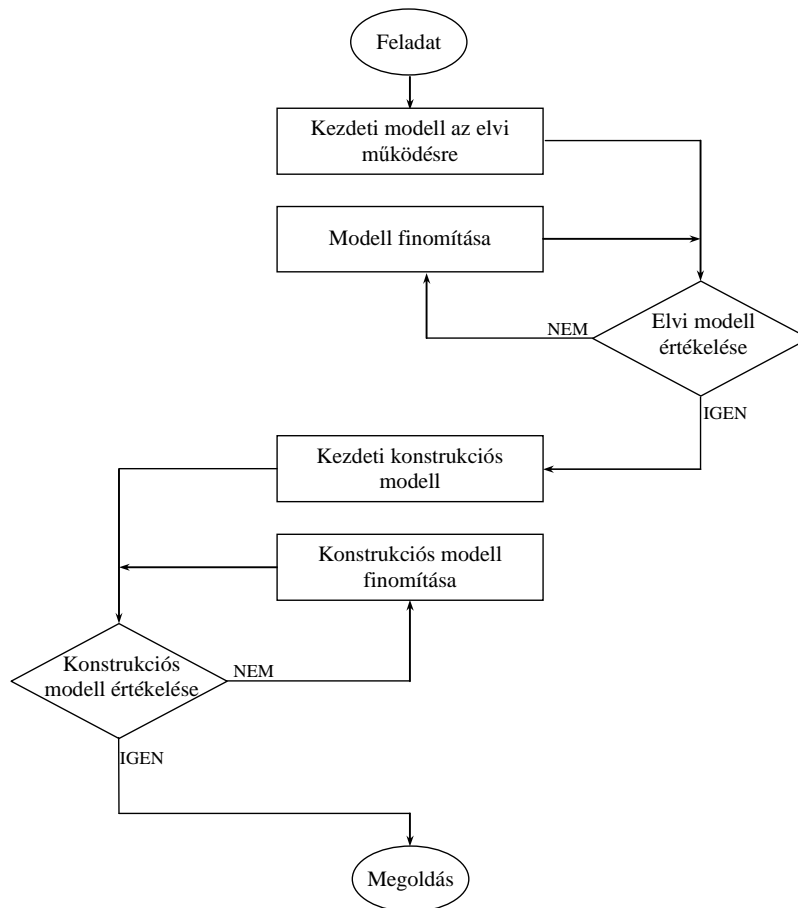
A modell fontos jellemzője, hogy a tervező mérnök annyiszor jut vissza az ötlet szintjére, ahányszor a funkcionális értékelés során nem bizonyul megfelelőnek az ötletből kifejlesztett tervezet; az intuitív tervezés tehát nem monoton előrehaladó folyamat. A munka során a tervező bármelyik szintről bármelyik szintre kerülhet csapongó ötletei miatt.



2. ábra. Az intuitív tervezés modellje

1.2.2. Kognitív tervezési modell

A kognitív modell folyamatstruktúrája az intuitív tervező rendszerek folyamatához hasonlítható leginkább, ám ebben az esetben egy nagyrészt nyílt, előrehaladó rendszerről beszélünk, amelyben a feladat megoldásainak különféle szintjein lokális ciklusok ágazódnak. Az intuíció a folyamat végéig nagy jelentőséggel bír –*hiszen a tervezőnek folyamatosan új ötletekre van szüksége*–, azonban megjelennek az előíró szemlélet fontos jellemzői is, vagyis maga a tervezés előírt lépések szerint halad. Ezen kognitív folyamatok legfontosabb jellemzője, hogy megpróbálják leírni, szimulálni a tervezőmérnök munka közbeni gondolkodási tevékenységét.



3. ábra. A kognitív tervezési modell OSHUGA alapján [44]

1.2.3. A diszkurzív tervezési modell

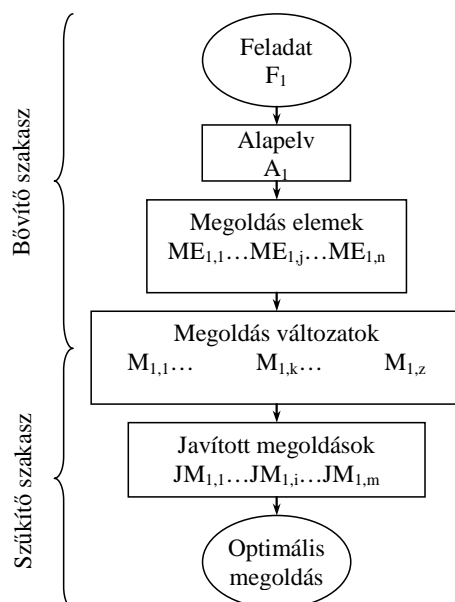
Az előíró, vagy diszkurzív modellek nem jelentik az intuíciónak teljes háttérbe szorítását, azonban segítik a konstruktort az adott feladat optimális megoldásának megtalálásában intuitív ötlet hiányában is azáltal, hogy előírják a tervezőnek, hogy milyen lépéseket kell elvégeznie az adott tervezési probléma megoldásához. Mindemellett lehetőséget biztosítanak arra, hogy akár egy teljesen új koncepció jelenjen meg a tervezési folyamat végén, mint legjobb megoldás. A diszkurzív módszerek az intuitív módszerekhez hasonlóan tehát szintén a legjobb megoldást keresik, azonban ezt a legjobb megoldást több lehetőség közül választják ki.

A diszkurzív tervezés folyamata két nagy szakaszra, egy bővítő- és egy szűkítő folyamatra bontható. A két folyamat határán a megoldásváltozatok halmaza áll, mely halmaz elemeinek száma attól függ, hogy hány megoldáselemet lehet összekombinálni. Minél nagyobb a megoldáselemek száma, annál nagyobb megoldáshalmaz keletkezik. Túl sok megoldáselem esetén, megnő annak az esélye is, hogy előáll az ún. 'Kombinatorikus robbanás' jelensége. Ez azt jelenti, hogy az egyedi megoldáselemek variálásával elvileg kialakítható megoldásváltozatok száma meghaladja az emberi áttekinthetőséget –mely képesség akár egyénenként is más lehet. A kombinatorikus robbanás kezelésének határai számítógépes támogatással jelentősen kitolhatók.

Az intuíciónak –így az egyén műszaki ismeretei és tapasztalata– azonban ebben az esetben sem hanyagolható el, mivel a megoldáselemek feltárása során a tervező mérnöknek kreativitására is szüksége van amellet, hogy a gyakorlat során megismert lehetőségeket számba veszi.

1.2.3.1. Alaprendszer felállítása: Hansen tervezői modellje

HANSEN [41] munkássága során a tervezési folyamatot összrendszerként vizsgálta, amely összrendszer alaprendszerek logikailag egymáshoz fűzött lánczemeiből áll. Az alaprendszer tulajdonképpen egy-egy részfeladat megoldását jelenti, mely a teljes tervezés során többször megismétlődhet, természetesen mindig a folyamat egy magasabb logikai szintjén.



4. ábra. Az alaprendszer HANSEN alapján

HANSEN szerint az alaprendszer felépítésének első lépcsője az alapelv kidolgozása a feladat absztrahálása révén. Ezután következik az alapelvben feltárt probléma elemeihez a megoldás-elemek ($ME_1, \dots, ME_i, \dots, ME_n$) feltárására és megfogalmazására, mely megoldáselemek számát minél nagyobbra kell növelni azért, hogy a tervezőmérnök minél több lehetőség közül választhasson. Harmadik lépésként a megoldáselemeket kombinálni kell egymással, így állíthatók elő a megoldásváltozatok ($M_1, \dots, M_j, \dots, M_m$). A szelektálás, amely során a megoldásváltozatok nagyszámú halmazából az optimális megoldást kell megtalálni, általában egy kétlépcsős elemzőeljárás, a hibaanalízisből –*a használhatatlan megoldások elvetése, a kedvezőbb megoldások hibáinak kijavítása*– és az értékelésből áll. A műszaki értékelés során a javított megoldásoknak konkrét kritériumoknak kell eleget tenniük. Az értékelés végeredményeként a tervező azt a legjobb megoldást kapja meg, mely a célkitűzésben megfogalmazott feltételeket a legjobban képes kielégíteni a kombinációs úton előállított megoldásváltozatok közül.

1.2.3.2. Tervezés algoritmus szerint: Koller tervezői modellje

RODENACKER [73] hipotézise szerint a műszaki rendszerekben csak az energia, anyag és jel állapota, tulajdonságai valamint áramlásának iránya és nagysága változhat. KOLLER [55], [56] ezt az elméletet dolgozta tovább. Munkássága során célul tűzte ki a tervezési folyamat algoritmizálhatóvá tételét, annak érdekében, hogy később a tervezői munka számítógéppel támogatható legyen. Módszertanának alapja, a tervezés folyamatának a lehető legtöbb munkalépcsőre történő felbontása.

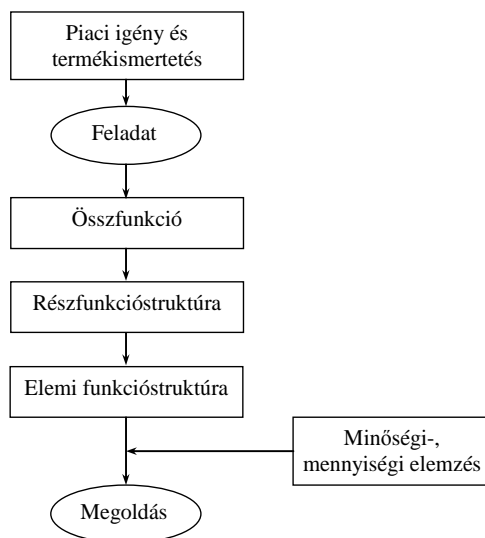
KOLLER az egyes munkalépcsőket olyan feketedobozként fogja fel, amelyben a bemenő adatból kimenő adat jön létre:

$$G_{B,i} \Rightarrow G_{K,i} \quad (1)$$

A bemenő és a kimenő adat lehet anyag, energia, vagy információ. KOLLER szerint azt a jelenséget, amely a teljes tervezési folyamat egy-egy feketedobozában lejátszódik, 12 fizikai alaplételem valamelyikével le lehet írni. A teljes megoldás ezeknek az alaplételemeknek a láncolatával teljes mértékben meghatározható, vagyis a tervezési feladat megoldásának összefüggése ezek összességéből adódik:

$$\sum G_{B,i} \Rightarrow \sum G_{K,i} \quad (2)$$

Számítógépes alkalmazás esetén szükséges a folyamat egyes lépéseinek elvégzésére vonatkozó logikai szabályok felállítása. Ennek következtében a funkcióelemzés megoldása egy olyan funkcióstruktúra, mely logikailag és fizikailag összekapcsolt alaplételemekből áll.



5. ábra. KOLLER tervezői módszere

1.2.3.3. Tervezés katalógussal: Roth tervezői modellje

A tervezői katalógusok a tervezési problémák ismert és bizonyított megoldásainak gyűjteményei. A tervezési katalógusokon alapuló módszeres tervezés alap gondolata az, hogy a konstruktőr a legjobb megoldás keresése során ne csak saját ötletét vegye figyelembe, hanem használja fel mások dokumentált tudását.

2. táblázat. Tervezői katalógusok

FELHASZNÁLÁSI TERÜLET	SZERZŐ
Alapelvek tervezői katalógusokhoz	Roth
Kötések	Diekhöner, Ersoy, Ewald, Fuhrmann, Gießner, Grandt, Hinterwalder, Kastner, Kollmann, Kopowski, Lohkamp, Roth, Wölse,
Vezetékek, csapágycsatlók	Diekhöner, Ewald, Roth
Hajtástechnika, energiatermelés, erőátviteli vezetékek	Ewald, Jung, Kopowski, Raab, Roth, Schneider
Kinematika, mechanizmuselmélet	Schneider, Raab, Roth,

	VDI 2727 Blatt 2, VDI 2222 Blatt 2
Hajtás	Diekhöner, Ewald, Lohkamp, VDI 2222 Blatt 2
Biztonságtechnika	Neudorfer
Ergonómia	Neudorfer
Kikészítő eljárások	Roth

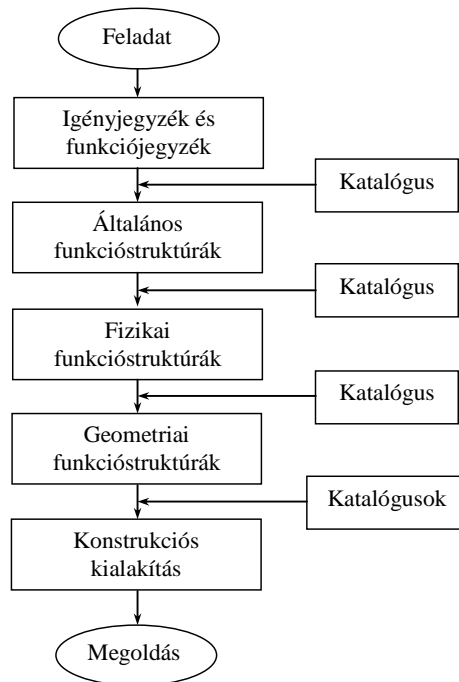
Az ismertebb tervezői katalógusok a felhasználási terület alapján a 2. táblázat szerinti csoportokra oszthatók. A táblázat azt is bemutatja, hogy az egyes területeken kik állítottak össze tervezési katalógust.

Ahogy a 6. ábra is szemlélteti, ROTH módszerének alapja a feladat pontos megfogalmazása, mely magába foglalja a funkciójegyzék és a követelményjegyzék összeállítását. A funkciójegyzék egy olyan lista, mely a fizikai hatások, hatáselvek meghatározásából megfogalmazott funkciókat sorolja fel. ROTH ezeket a funkciókat általánosan fogalmazta meg. Teóriája háromféle funkcióstruktúrát ismertet, melyek katalógusok segítségével egymásba átvihetők.

ROTH szerint egy feladatot (*összfeladatot*), mely folyamatok egész sorát tételezi fel, könnyebb akkor megoldani, ha azt részfeladatokra lehet bontani. Ennek a módszernek az az elve az alapja, mely szerint az összfeladatot olyan egyszerű feladatokra kell visszavezetni, melynek már léteznek jól működő, ismert megoldásai.

ROTH az általános funkciókból (*energia-/anyag-/információ tárolása- /vezetése-/átalakítása-/megváltoztatása-/összekapcsolása*) általános funkcióstruktúrákat épít fel. Ezek az általános funkcióstruktúrák egy-egy adott szerkezet elvi működését írják le. Ezekhez katalógus segítségével fizikai elveket, hatásokat, axiómákat rendel, így fizikai funkcióstruktúrákat épít fel, melyek adott esetben logikai,- vagy vektoriális funkcióstruktúrával is helyettesíthetők. Ezen funkcióstruktúrákból katalógus segítségével geometriai funkcióstruktúrákat hoz létre, melyek egy-egy részegység mechanizmusok formájában történő egymáshoz való kapcsolódására mutatnak lehetőséget.

ROTH különös figyelmet szentel a követelményjegyzék összeállításának. Abból indult ki, hogy az igények listájának nem egy meghatározott tervezési szakaszhoz kell kötődnie, hanem az egész tervezési folyamatra érvényesnek kell lennie, ezért a követelményjegyzéket a feladat megfogalmazásától kezdve folyamatosan bővíteni kell.



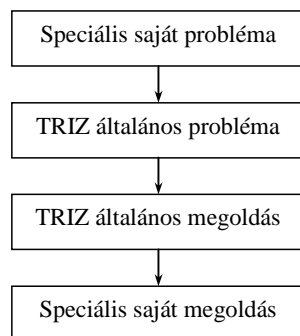
6. ábra. A teljes tervezési folyamat ROTH alapján

ROTH módszertani elmélete teljes egészében az általa összeállított tervezési katalógusokra épül. Ezeknek a táblázatoknak a legfőbb előnye mellett, hogy a már meglévő elveket, megoldásokat rendszerezik, hogy számos kiegészítő tulajdonságot tartalmaznak a műszaki megoldás fizikai, mechanikai tulajdonságait illetően. A 2. táblázat szerint ROTH nem csupán a módszer alapjait fektette le, de a technika számos területén aktívan részt vett a különböző katalógusok összeállításában.

1.2.3.4. A Feltalálói Problémamegoldás Módszere

A TRIZ elméletet 1946-ban ALTSHULLER [1], kezdte kifejleszteni az akkori Szovjetunióban. A módszer mozaikszavas neve az orosz, Теория Решения Изобретательских Задач (*Theorija Reschenija Izobretatel'skij Zadach*) elnevezésből származik, mely nem más, mint a „Feltalálói Problémamegoldás Módszere”.

A TRIZ elmélet megalkotásának első lépése az általános alapelvek, vagyis az ún. *40 alapvető irányelv* megfogalmazása volt, amely alapelvek listáját a felmerült problémák vizsgálata során tapasztalt szabályszerűségek alapján állították össze, melyhez számos szabadalmat tanulmányoztak.



7. ábra. A TRIZ feladatmegoldási módszere

A TRIZ elmélet szerint a fejlesztés öt különböző kategóriában valósulhat meg [2]:

- Első kategória: nyilvánvaló, már létező rutin megoldások, a vizsgált szabadalmak 32%-a erre a szintre sorolható.
- Második kategória: létező rendszer kisebb fejlesztése, a vizsgált szabadalmak 45%-a sorolható erre a szintre.
- Harmadik kategória: egy létező rendszer alapvető fejlesztése, ismert megoldások segítségével. Ezek a találmányok a vizsgált szabadalmak 18%-át teszik ki.
- Negyedik kategória: olyan találmányok, melyek új elvek felhasználásával elégítik ki a találmány elsődleges funkcióit. Jellemzően nem a már bevált megoldásokon alapulnak, inkább a tudományból veszik az újdonság alapját szolgáló ötletet. Az ALTSCHULLER csoportja által vizsgált szabadalmaknak 4%-a sorolható a fejlesztés negyedik szintjére.
- Ötödik kategória: nagyon ritka tudományos felfedezés, mely alapvetően új rendszer kialakítását jelenti. ALTSCHULLER kutatásai szerint a megvizsgált szabadalmaknak csupán 1%-a sorolható a fejlesztésnek erre a szintjére.

A Feltalálói Problémamegoldás Módszere –*csakúgy, mint a többi módszeres tervező eljárás*– egy speciális eszkörendszer segítségével keresi a legjobb megoldást. Az eljárás lényege: a felmerülő problémát általánosítva kell megoldani, ezáltal adódik a saját probléma megoldása.

A TRIZ módszer alap gondolata, hogy az adott feladat ellentmondásokra épül; a módszer ezen konfliktusok feloldásával keresi a megoldást, a megoldás megtalálását pedig az irányelvekkel segíti. Az ellentmondásokat két csoportra lehet osztani:

- technikai ellentmondások,
- fizikai ellentmondások.

A technikai ellentmondások esetében a cél az ellentmondás teljes feloldása. Tehát annak a törvényszerűségnek a kiküszöbölése, hogy egy adott mérnöki paraméter javítása egy másik mérnöki paraméter gyengülését eredményezi. A fizikai ellentmondás azt fejezi ki, hogy egyszerre kell teljesülnie két egymásnak ellentmondó állapotnak. Ebben az esetben valamilyen szeparációs eljárást kell alkalmazni.

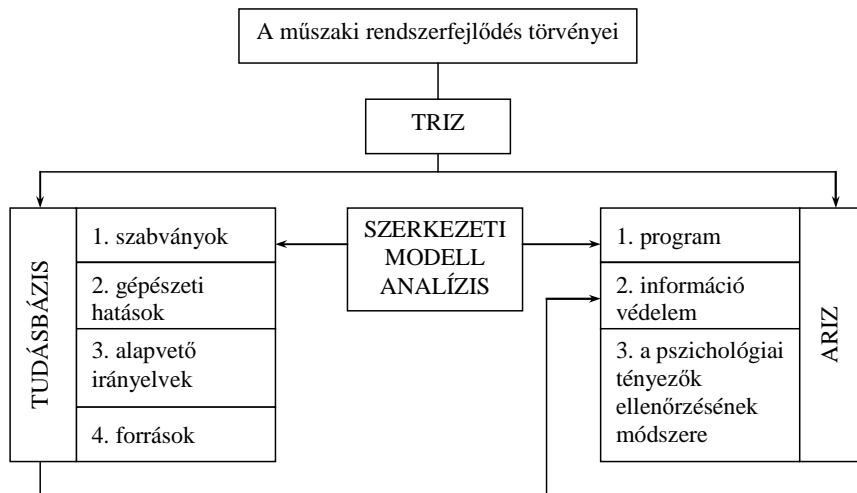
A technikai ellentmondások feloldásához nyújt segítséget az ún. *ellentmondási mátrix*. Ez egy 39x39-es táblázat, sorai az adott feladatra jellemző javuló tulajdonságokat tartalmazzák, oszlopai pedig az ezzel párhuzamosan gyengülő jellemzőket. Az *i*-edik sor és a *j*-edik oszlop metszéspontjában található e_{ij} mező azokat a kódokat tartalmazza, melyek a 40 alapelv valamelyikére utalnak. Az ellentmondási mátrix tehát egy olyan adatbázis, mely azokat az ismert megoldásokat foglalja magába, melyek képesek az ellentmondások kiküszöbölésére.

	Gyengülő paraméterek		Javuló paraméterek								
	1. Mozgó objektum tömege	2. Álló objektum tömege	3. Mozgó objektum hossza	4. Álló objektum hossza	5. Mozgó objektum területe	...					
1. Mozgó objektum tömege		-	15	8	-	29	17				
2. Álló objektum tömege	-				1	-					
3. Mozgó objektum hossza	8	15				15	17				
4. Álló objektum hossza	-		35	28							
5. Mozgó objektum területe	2	17		14	15					...	
...											

8: ellensúly
 15: dinamika
 29: pneumatika és hidraulika
 34: újratöltés és helyreállítás

8. ábra. Az ellentmondási mátrix részlete

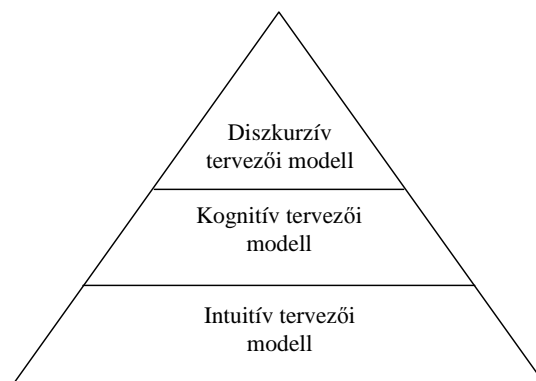
ALTSHULLER 1959 és 1985 között fejlesztette ki az ARIZ-t (*Algorithm of Inventive Problems Solving*), vagyis a feltalálói problémamegoldás algoritmusát, mely magába foglal egy olyan programot, mely a felmerülő ellentmondások kiküszöbölése révén a probléma megoldását adja. A TRIZ szerkezeti felépítését a 9. ábra szemlélteti. A TRIZ tudásbázisát az ARIZ egy szerkezeti modell analízis révén hasznosítja, mely az adott tervezői problémának egy olyan formális nyelvre lefordított modellje, amit az ARIZ kezelni tud.



9. ábra. A TRIZ szerkezeti felépítése

1.3. A MÓDSZERTANI MODELLEK SZINTÉZISE

Az intuitív tervezés nagymértékben támaszkodik a benyomásokra, az egyéni kreativitásra, a tervező mérnök korábbi tapasztalataira. Azonban ezekkel a képességekkel és előzményekkel nem minden konstruktőr rendelkezik. Ez tette szükségessé az irányelvek, a különböző módszerek szerint történő előíró –*vagy más néven diszkurzív*– tervezést. Ezeknek az eljárásoknak köszönhetően a koncepcionális tervezés, az elvek és hatások megfogalmazása, az elvonatkoztatás egyszerűbbé válik, a mérnök társadalom ismeretei gyorsabban bővülnek.



10. ábra. Intuíció piramis

Az intuitív és a kognitív tervezés nagy hátránya a diszkurzív tervezéshez képest, hogy csupán egy megoldást vizsgál, tökéletesít. Ezzel szemben a diszkurzív tervezés lehetővé teszi, hogy az irányelvek segítségével, módszeresen létrehozott megoldásváltozatok közül, értékeléssel válassza ki a tervező mérnök a legjobb megoldást. Megállapítható tehát, hogy az irányelvek, valamint a tervezői katalógusok, vagyis összefoglaló néven az előíró módszerek nélkülözhetetlenek a modern tervezés során, hiszen napjainkban számos lehetőséget kell megvizsgálnia a tervező mérnöknek, hogy új, vagy újszerű megoldást tudjon előállítani.

Az előíró tervezés eszközei az irányelvek, a katalógusok és az algoritmusok. A tervezés-módszertani eljárások irányelvek segítségével adnak tanácsot, hogy bizonyos variációk közül

melyiket érdemes választani, katalógusok szisztematikusan felépített tudástárából javasolnak jól működő elvet, hatást, funkciót, konstrukciós megoldást, az adott probléma konkrét műszaki realizációját.

A módszeres tervezés eszközszerének hatékonyabb alkalmazása érdekében célszerű ezen eszközök (például: a ROTH-féle katalógusok, és a KOLLER-féle logikai operátorok) automatizálása, számítógépi alkalmazása. Ez nem annyira a távoli jövő feladata, hiszen napjainkban is léteznek már számítógépes tudás-táblázatok, azonban ezek még korántsem teljes körűen alkalmazzák a már meglévő tervezői katalógusokat.

3. táblázat. A tervezési modellek jellemzői

	INTUITÍV MODELL	KOGNITÍV MODELL	DISZKURZÍV MODELL
Tervezési szintek közötti átjárhatóság	Bármelyik szintről bármelyik szintre lehet jutni attól függetlenül, hogy hol tart a tervezési folyamat.	Csak a szinteken belül van visszacsatolás (elvi tervezésen belül/ konstrukciós tervezésen belül). A szintek között csak előrehaladás van.	Van visszacsatolás a teljes tervezés során, de alapvetően folyamatos előrehaladás jellemző.
A várható tervezési idő	Előre nem kalkulálható	Becsülhető	Előre kalkulálható
A terv várható minősége	Előre nem kalkulálható	Előre nem kalkulálható	Előre kalkulálható
Megoldásváltozatok száma	Kevés	Kevés	Számos
Az intuíció fontossága	Nagyon fontos	Fontos	A legkevesebb intuíció szükséges

A 3. táblázat az intuitív-, a kognitív- és a diszkurzív tervezői modellek jellemző tulajdonságait foglalja össze. A pszichológiai szemléletű tervezési modellek hierarchiáját a 10. ábra az intuíció szempontjából szemlélteti. A piramis alakja (a vízszintes metszék) mutatja az intuíció szükségességét és mennyiségét az egyes tervezési modellekben. Végző soron megállapítható, hogy az intuíció minden tervezési folyamat során jelen van, és néhol fontos szereppel bír. Ar-ra nincs garancia, hogy a diszkrét megoldáselemek variálásán alapuló módszeres tervezési technika biztosan jobb eredményt hoz, mint az intuitív. Az viszont bizonyos, hogy a megoldáselemek számának növelése növeli a módszeres tervezési technika eredményének biztonságát.

2. A KONCEPCIONÁLIS TERVEZÉS

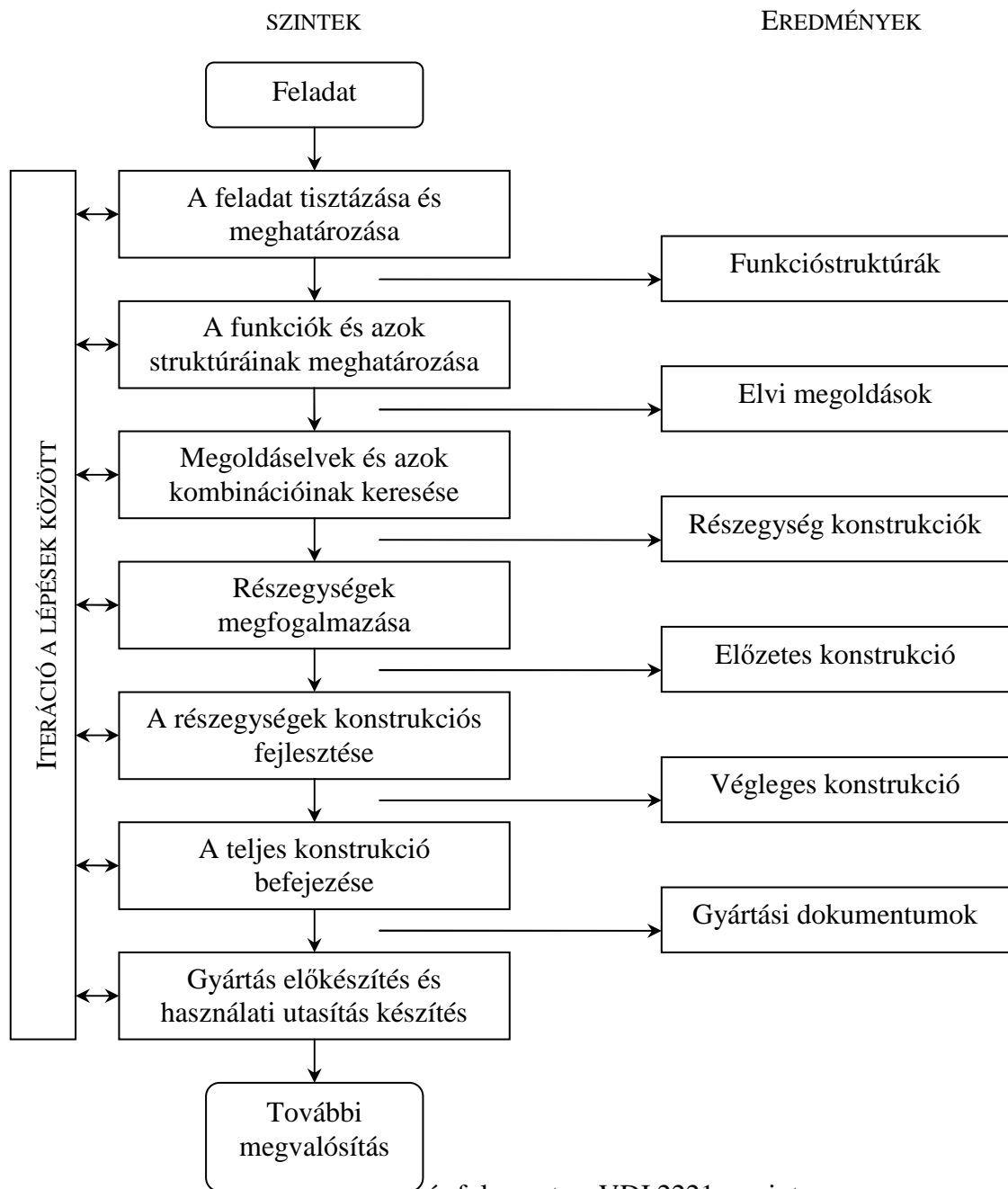
Az előző fejezetben a tervezésmódszertani eljárások lényegesen leegyszerűsítve kerültek bemutatásra, tekintve, hogy nem a módszer teljes megismerése, csupán annak elvi alapjainak megértése volt a cél. A módszerek közt számos eltérés mutatkozik, de a tervezési folyamat nagyobb lépéseiről, és azok sorrendjéről mindegyik egyformán vélekedik. A legszemléletesebben talán a 11. ábra szerinti folyamatábra írja le a tervezési folyamatot. Nem véletlen, hiszen a német mérnökök szövetsége, a VDI éppen ezzel a céllal működik, ezért jött létre, hogy a különféle munkamódszereket egyesítse, ezzel segítve a gyakorló mérnökök munkáját. Nyilván nem csak a tervezésmódszertan tudományára, hanem a gépészeti ismeretek minden területére kiterjed tevékenységük.

A jegyzet következő fejezetei a teljes mérnöki munkának azt az első két fázisát mutatják be, melyek a leginkább meghatározzák a későbbi munkát. Ez nem más, mint a koncepcióképzés, valamint a konstrukciós tervezés. A koncepcióképzés valójában a tervezőmérnök feladatról alkotott elképzeléseinek rendszerezését jelenti. Erre különféle technikák léteznek, melyeket szintén csak nagy vonalakban ismertet a jelen fejezet. A konstrukciós tervezés kérdéseivel, szabályaival és elveivel külön fejezetek foglalkoznak. A tervezés során elkészítendő dokumentumokkal a jegyzet utolsó fejezete foglalkozik, amely fejezet a keletkezésük sorrendjében ismerteti a szükséges dokumentumokat, a 11. ábra fázisainak megfelelően.

2.1. TERMÉKSTRUKTÚRÁK FELBONTÁSA FUNKCIÓKRA

Az előző fejezetben bemutatott három fő irányzat –*intuitív, kognitív, diszkurzív eljárások*– közül a további tárgyalás szempontjából a tervezési folyamat koncepcionális szakaszának diszkurzív megközelítése a leglényegesebb. Ezeket a módszereket általánosan szemlélve egyértelműen megállapítható, hogy a koncepcióképzés egyes szegmensei, szekvenciái meghatározott sorrendben követik egymást, az egyes elméletek csupán abban különböznek, hogy az egyes szegmensekben előírt feladatot milyen segédeszközökkel hajtja végre a tervező mérnök. Ezek a segédeszközök elméletenként átfedésekkel változnak, a módszerek kidolgozói ezek alkalmazását nem előírják, csupán javaslatot tesznek használatukra.

SELYE [75] szerint bármit kutassunk is, az első kérdés az, hogy milyen kisebb egységekből áll, és milyen nagyobb rendszerben foglal helyet egy bizonyos egység. A módszeres tervezés gyakorlatában is ez a nézet tűnik a legcélravezetőbbnek. A tervezési feladat a legkönnyebben úgy oldható meg, ha a teljes feladat minél mélyebben egymásba ágyazott, kisebb részekre, feladat egységekre van felosztva. A feladatmegoldás kulcsa tulajdonképpen abban rejlik, hogy a tervező a rá bízott feladatot milyen alapegységekre bontja. A tématerület kutatói ezeket az alapegységeket különbözőképpen nevezték el, ami gyakran nehézkessé teszi az egyes elméletek közti kapcsolatok megállapítását, az azonos lépések felismerését.



11. abra. A tervezés folyamata a VDI 2221 szerint

KOLLER [55], [56] azt javasolja, hogy a koncepcionális tervezés során az „összfunkció”-t „részfunkcióstruktúrák”-ra kell felosztani. HANSEN [41] az „eredő funkció”-t egymással egy logikai szinten lévő „funkciók”-ra osztja, míg ROTH [74] az „összfeladat”-ot bontja „részfeladat”-okra.

Egy közgazdasági meghatározás szerint funkció mindaz, amit a vevő (*fogyasztó, felhasználó*) a terméktől elvár és igényel. A közhasználat szerint valakinek (*valakinek*) a feladatát, rendeltetését jelenti. A funkció tulajdonképpen a vevő igényeinek lefordítása vállalkozói (*vállalati*) nyelvre [32]. Az értékelemzés fogalomrendszere azt az egységet, mely egy-egy feladatot (*funkciót*) megvalósít, funkcióhordozónak nevezi.

TAJNAFŐI [82] úgy foglalja össze a módszertani eljárások során alkalmazott funkciók jellemzőit, hogy a funkcióelemeket a feladatelemekből alakítják ki úgy, hogy azok célokat határozo-

zának meg és ne konkrét eszközöket. A konkrét eszközök pontosan meghatároznák a megvalósítás módját, ezáltal már a problémamegoldás kezdetén csökkentenék a lehetséges megoldások számát. Egy cél több megoldáselemmel is megvalósítható.

Többnyire minden módszer azt ajánlja, hogy a teljes feladatot részenként kell vizsgálni, a részfeladatokat pedig még kisebb elemekre, funkciókra kell bontani. A funkciók meghatározzák az egyes részfeladatokat alkotó elemek feladatát, de nem korlátozzák le, hogy az egyes elemek milyen fizikai/mechanikai/stb... elv szerint működjenek.

Az egyes elméletek alapján a funkciókról a következő fontos megállapítások fogalmazhatók meg:

- a funkciót úgy kell megfogalmazni, hogy azzal a tervező ne korlátozza a kialakítás elvi lehetőségeit a termékmegvalósítás során.
- a funkciók közt a legtöbb módszer esetében hierarchia figyelhető meg, tehát a funkció fogalom jelentése a feladatmegoldás különféle szintjein, különféle módon jelenik meg.

2.2. A FUNKCIÓSTRUKTÚRÁK MATEMATIKAI LEÍRÁSA

A gépészeti tervezés során általánosan kétféle funkcióstruktúra fogalmazható meg, úgymint:

- elemi funkcióstruktúra, mely lehet láncszerű, gyűrűszerű, vagy csillagszerű, és
- vegyes funkcióstruktúra.

2.2.1. Fabejárési módszerek

A következőkben a hagyományos tervezés-módszertani eljárások során használatos fabejárési módszerek kerülnek bemutatásra.

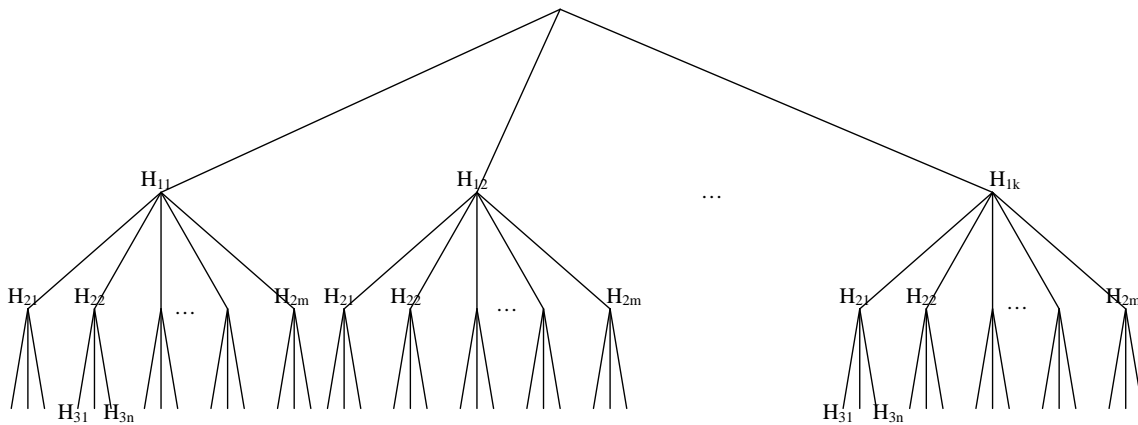
A morfológiai mátrix az egyes részfunkciókhoz tartozó megoldáselveket foglalja magába, a 12. ábra szerinti módon. A mátrix alapján az egyes részfeladatokra egy megoldáselvet kell kiválasztani. Az egyes részfunkciókat megvalósító megoldáselvekhez tartozó számokból álló számsor az egyes megoldásváltozatokat jelenti.

A morfológiai mátrix segítségével összekapcsolt megoldásváltozatok kiválasztására BIRKHOFFER [13] tett javaslatot, a mátrix alapján kidolgozható megoldások, úgynevezett megoldásfával történő leírásával. A megoldásfa minden szintjén más-más részfunkció megoldásváltozatai kapcsolódnak az előző szint részfunkcióihoz (13. ábra). A megoldásfa megmutatja egy adott feladat összes, ily módon előállítható megoldását. A kiinduló szögpontból, azaz a fa gyökeréből elindulva, a fa bármely következő élét választva valamely végélhez lehet jutni. Az így bejárt útvonalak más-más megoldást adnak.

A morfológiai mátrix a tervezési folyamat több fázisában is eredményesen használható, ezért a mátrix összeállításakor célszerűen kell eljárni. A mátrix úgy működik, hogy az egyes sorokban található megoldási lehetőségek közül mindig ki kell választani egyet, és ahhoz kell kapcsolni a következő sorban lévő kiválasztott elemet. Így különböző hatásláncok adódnak. Ha a mátrix egy részfeladatot foglal össze, akkor a kiválasztott hatáslánc egy másik részfeladat morfológiai mátrixából adódó hatáslánccal összekapcsolható.

Részhatások	A részhatások hatásváltozatai				
$d_1 = \sum_{i=1}^k H_i$	H ₁₁	H ₁₂	H ₁₃	...	H _{1k}
$d_2 = \sum_{i=1}^m H_i$	H ₂₁	H ₂₂	H ₂₃		H _{2m}
$d_3 = \sum_{i=1}^n H_i$	H ₃₁	H ₃₂	H ₃₃		H _{3n}
...					
$d_t = \sum_{i=1}^z H_i$	H _{t1}	H _{t2}	H _{t3}		H _{tz}

12. ábra. Morfológiai mátrix



13. ábra. Megoldásfa

A mátrix elemeinek kombinálása számos hatásláncot –*vagyis funkcióstruktúrát*– eredményezhet. A 12. ábra szerinti példát alapul véve az összes részhatások száma a

$$d = \sum_{i=1}^n H_i \quad (3)$$

szerint határozható meg. Az összefüggés megmutatja, hogy a morfológiai mátrix egyes soriban hány hatásváltozat található. A hatásváltozatok számának meghatározása után össze kell szorozni azokat, melyből a hatáslánc változatok száma adódik:

$$V_h = \prod_{t=1}^m d_t = \prod_{t=1}^m \left[\sum_{i=1}^n H_i \right]_t \quad (4)$$

A fenti összefüggésből látható, hogy egy néhány hatásból álló részfeladat is igen nagyszámú hatáslánc változattal adható meg. Hiszen maga a morfológiai mátrix eleve felteszi, hogy a hatáslánc a hatások mindegyikét tartalmazza. Abban az esetben, amikor a hatáslánc egyes hatásaihoz tartozó hatásváltozatok száma megegyezik ($d_1 = d_2 = \dots = d_s = d$), a hatáslánc változatok számát adó egyenlet a következő képpen módosul:

$$V_h = d^i \quad (5)$$

A megoldásfa szintjein az egyes szintekhez tartozó hatáslánc változatok száma ekkor a következő összefüggéssel határozható meg:

$$V_{sz} = d^{sz} \quad (6)$$

A változatok számának csökkentésére, vagyis a megfelelő megoldás kiválasztására szolgál a BIRKHOFER [13] által javasolt megoldásfa. BIRKHOFER elmélete szerint minden egyes részfeladatra megfogalmazható egy morfológiai mátrix, mely alapján egy-egy megoldásfa értelmezhető. Részfeladatonként tehető kikötés arra vonatkozóan, hogy mely hatást érdemes végül majd a teljes koncepcióban figyelembe venni. A hatáslánc változatok száma ily módon csökkenthető.

2.2.2. Teljes kombinálási módszerek

Egy új gyógyszer felfedezéséhez több tízezer új vegyületet kell előállítani és megvizsgálni. Azonban egy közel egy évtizedes múlttal rendelkező, magyar tudományos eredmény lehetővé tette több millió új vegyület előállítását néhány nap alatt, mindemellett egy új tudományág, a kombinatorikus kémia kialakulását is eredményezte [38], [39]. Az új eljárással egy hét alatt több mint hatmillió vegyületet lehet előállítani, melyek közül elemzéssel választják ki a szükséges variánsokat.

Ez a tudományos eredmény rávilágít a hagyományos módszeres tervezésnek arra a nagy hiányosságára, hogy a különböző módszerekkel számos megoldás ugyan előállítható, azonban ezekkel nem állítható elő minden képezhető változat az adott termék-elemek/funkciók alapján. Minden funkció minden funkcióval történő variálása természetesen számos használhatatlan, működésképtelen megoldást nyújtana, de ezek különféle értékelő eljárások segítségével elvethetők.

Néhány tanulmány már foglalkozott a teljes variálás lehetőségével [83], [84], [85]. Az eljárás az ismétléses variáció, valamint a bináris logika elvén alapul, vagyis az adott funkciók mindegyikét mindegyikkel variálva az összes lehetséges funkcióstruktúra legenerálható.

A bináris logika, a 0 és az 1 érték, vagyis két érték közül választ. A Bináris Struktúragenerálás éppen ezt használja ki, hiszen azt vizsgálja, hogy az egyes megoldásokat jelentő funkcióhalmazokban benne van-e az adott funkció (*benne van=1*), vagy nincs benne (*nincs benne=0*). Az ismétléses variáció, mint matematikai fogalom azt fejezi ki, hogy n elemből, ha az elemek ismétlődhetnek, hányféle módon képezhető egy k tagú sorozat. Ha ezt a korábbi bináris alapú logikával összevetjük, akkor a struktúragenerálás esetében az n számú elem a bináris logikai igennek és nemnek felel meg. A sorozat tagszámát a funkciók száma adja meg. Tehát az ismétléses variációra felírható

$$V_n^{k,i} = a^k \quad (7)$$

egyenlet szerinti általános összefüggés a

$$V_m = 2^f \quad (8)$$

egyenlet szerint alakítható.

4. táblázat. Struktúra mátrix (S)

f_1	f_2	f_3	...	f_{n-1}	f_n
0	0	0		0	0
0	0	0		0	1
0	0	0		1	0

0	0	0		1	1
...					
1	1	1		1	1

A (8) egyenlet azt mutatja meg, hogy f funkciószám esetén hány funkcióstruktúra generálható a teljes variáció szerint. A 4. táblázat szerinti struktúra mátrix n számú funkció esetén az egyes funkcióknak a funkcióstruktúrát alkotó elemhalmazba való tartozását szemlélteti. Belátható, hogy már nagyon kevés funkciószám esetén is olyan nagyszámú megoldás állítható elő, hogy a kombinatorikus robbanás (*nem más, mint az emberi áttekinthető képesség határa*) küszöbölése csak a számítógép segítségével lehetséges. A kutatások során több számítógépi program is készült, amelyek az itt leírt elméletre épülnek:

- A *Bináris Struktúrageneráló* szoftver [83] a rendelkezésre álló funkciókból egy felhasználó által formális nyelven előírt szabálykészletnek megfelelő összes lehetséges megoldást generálta. A szabálykészlet azt írta le, hogy egy adott funkció melyik funkcióval nem kapcsolódhat
- A *Visual Concept* elnevezésű szoftver [84], [85] többféle matematikai elv szerint, különféle módon képes az összes megoldásváltozat előállítására és szelektálására. Ezek közül az egyik szintén a bináris logika, de a fuzzy logikát, továbbá a véletlenszám generálást is felhasználja.

A tanulmányok bebizonyították, hogy a kombinatorikus robbanás határai számítógépes segítséggel jelentős mértékben kitolhatók, vagy akár teljesen ki is küszöbölhetők. Bebizonyosodott, hogy a számítógéppel segített funkcióstruktúra generálás során a figyelembe vett lehetőségek közül a legjobb választható ki az adott feladat megoldására.

3. MEGOLDÁSVÁLTOZATOK VIZSGÁLATA, ÉRTÉKELEMZŐ ELJÁRÁSOK

IVÁNYI [48] megfogalmazása szerint az értékelemzés olyan eljárás, amely a termék használhatóság-elemeinek és az ezekhez tartozó ráfordításoknak a kedvező kialakítását segíti elő. Az értékanalízis tehát egy precíz és mindenképpen kreatív része a tervezés folyamatának, mely a terv értékének növelésére irányul. A terv természetesen nemcsak termék lehet, hanem rendszer, folyamat, eljárás, gép, felszerelés, szerszám, szolgáltatás, vagy egy munkafolyamat, így az eljárás bármely szakterületen jó eredménnyel alkalmazható. Az értékelemzés, vagy más szóval funkcionális elemzés kidolgozását a II. világháború idején kialakult alapanyag beszerzési zavarok kényszerítették ki. Ekkor számos olyan termék született, mely pl. kevesebb anyagfelhasználást igényelt, és éppolyan jól ellátta feladatát, mint azok a változatok, melyekről ily módon kiderült, hogy túlméretezettek voltak. A túlméretezett termékek előállítása – *természetesen a többlet anyag miatt* – drágább volt, így a nyereség is kisebb volt. A General Electric munkatársát, L. D. MILES-t éppen ez a gondolat ösztönözte egy olyan módszer kidolgozására, mely változatlan funkcióstruktúra mellett a költségek tervszerű csökkentésére ösztönözte a tervezőket. Napjainkban ez a módszer az élet minden területén alkalmazható.

A következőkben az egydimenziós (*gazdasági-, vagy műszaki értékelés*) és a kétdimenziós (VDI 2225) [94] értékelemző eljárások kerülnek bemutatásra.

3.1. AZ ÉRTÉKELEMZÉS MÓDSZEREI

Az értékelemzés valamely termék (*anyag, folyamat, szolgáltatás, stb.*) funkciójának és költségének viszonyát tanulmányozza rendszeresen, és alkotóan bíráló módon, a költségek csökkentése céljából [32]. MILES [62] szerint minden funkciónak annyi az értéke, amennyibe a funkciót legkisebb költséggel teljesítő termék kerül.

3.1.1. Value Analysis–Értékjavítás

A Value Analysis meglévő termékek, anyagok, technológiák elemzését jelenti. A vállalati értékelemzők először a beszerzés területén, majd a forgalomban lévő termékek, valamint az alkalmazott technológiák területén végezték el elemzéseiket. Ezeknek a területeknek a vizsgálatához a meglévő értékek –*vagyis a felhasznált anyagok, technológiák, stb.*– adták az alapot.

3.1.2. Value Engineering–Értéktervezés

Az értékvizsgálatok során egyre világosabbá vált, hogy a költségeket leginkább a műszaki tervek szabják meg, minthogy a termék árát a termékhez felhasznált anyagok, a kiszámított méretek, a konstruálás során megválasztott gyártási technológiák határozzák meg. A műszaki tervezés során alkalmazott értékelemzést Value Engineeringnek –*vagyis műszaki értékelemzésnek*– nevezi a szakirodalom [32].

3.1.3. Value Control–Értékellenőrzés

Az értékelemző eljárás utolsó lépése, hogy az elemzők javaslatot tesznek a megoldásra. A javasolt megoldás megvalósításának munkatervét is az értékelemzők készítik el, majd pedig ellenőrzik a megvalósítás ütemét. Értékelik a megvalósítás eredményét is. Az értékelemzésnek

ezt a változatát Value Controlnak nevezik. Alkalmazható mind az értékjavítás, mint az értéktervezés javaslatának megvalósításánál.

3.2. AZ ÉRTÉKELEMZÉSI MUNKA

Egy termék értéke a tőle elvárt funkcióknak való megfelelésének, valamint a termék árának a hányadosa:

$$E = \frac{M_f}{P} \quad (9)$$

Ez azt jelenti, hogy minél nagyobb egy adott termék hasznossága és ezzel arányosan minél kisebb a termék előállítására fordított költség, annál kedvezőbb a felhasználó számára. Ennek kapcsán tisztázni kell a termékfunkció fogalmát, mely az értékelemzés témakörében meg egyezik a koncepcionális tervezés során tárgyalt termékösszfunkcióval, vagyis a terméknek, vagy részeinek rendeltetészerű feladata, működése, tulajdonsága.

Az optimális műszaki értékű termék esetében a

$$E_{opt} = \frac{\sum_{i=1}^n s_i \cdot f_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (10)$$

egyenlet úgy értelmezhető, hogy a termék valamennyi funkciója minimális költséggel teljesíthető a felhasználó által igényelt mértékben.

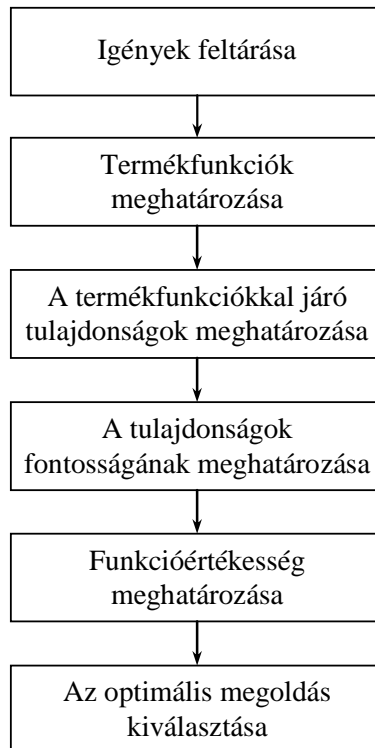
Az értékelemzés logikai struktúráját a 14. ábra szemlélteti. Egy termék értékelemzése a felhasználói igények feltárásával kezdődik. Ezek alapján az igények alapján határozza meg a terméktervező azokat a feladatokat –ún. *termékfunkciókat*–, melyeket a termék megvalósít. Ezután a termékfunkciókkal járó tulajdonságok meghatározása következik, mely tulajdonképpen az értékelő szempontok meghatározását jelenti. Az értékelő szempontok fontosságát is meg kell határozni, mert a termék funkcióértékessége csak így kerülhet meghatározásra. A termékváltozatokra vonatkozó funkcióértékesség meghatározása után ki lehet választani a termékváltozatok közül az optimális megoldást.

Az értékelemzés célkitűzései IVÁNYI [48] szerint:

- a termék piaci versenyképességének javítása,
- a termék önköltségének csökkentése,
- a termék minőségének javítása,
- a gazdasági eredmény javítása,
- a termelékenység növelése,
- a kapacitás jobb kihasználása, stb.

Ily módon az értékelemzés alkalmazható:

- új termékek optimális kialakítására,
- meglévő termékek korszerűsítésére, értékességük javítására,
- új munkafolyamatok kialakítására,
- meglévő munkafolyamatok kialakítására,
- egyéb, nem tárgyi termék kialakítására és javítására.



14. ábra. Az értékelemzés folyamata

Az értékelő kritériumok jellemzői, hogy:

- minden termékváltozatra alkalmazhatók legyenek,
- egymástól függetlenek legyenek,
- széleskörű értékelésre adjanak módot,
- pozitív megfogalmazásúak legyenek [11], ezzel biztosítva az egységes értékelési irányt [67].

A termékfunkciókkal járó tulajdonságok, vagyis az értékelő szempontok megfogalmazása után, célszerű azokat fontosságuk szerint rangsorolni. A rangsorolás többféle képpen is elvégezhető. IVÁNYI [47] a szempontok rangsorolását egy mátrixos értékelő eljárással szemlélteti. A mátrix általános alakját az 5. táblázat mutatja. A mátrix sorai és oszlopai az értékelő szempontokat tartalmazzák, melyeket egymással páronként kell összehasonlítani. Egy értékelőszempont-párból a fontosabb szempont kap 1-es értéket. A mátrix főátlójában 1-esek vannak, mivel ez a szempontok önmagukkal való összehasonlítását jelenti. Az értékelő szempontok rangsora a mátrix egyes soraiban lévő értékek összesítésével adódik. A vállalatgazdaságtan vállalati értékelő csoportra dolgozta ki az értékelemzést, így az értékelő szempontok rangsorolását is. Az 5. táblázat szerinti mátrix az ún. egyéni súlyozó mátrix; minden csoporttag egy ehhez hasonló mátrixot készít el. A végleges súlyszámok kialakítása egy összesítő táblázat alapján készül el, ahol a csoporttagok által megadott eredmények kerülnek összesítésre. A súlyozó vektor komponensei –*az egyes súlyszámok*– úgy adódnak, hogy a végső összesítő oszlop elemeit megoszlási viszonyzámmá kell alakítani. Ez tehát azt jelenti, hogy a súlyozó vektor komponenseinek az összege 1 kell, hogy legyen:

$$\sum_{i=1}^n s_i = 1 \quad (11)$$

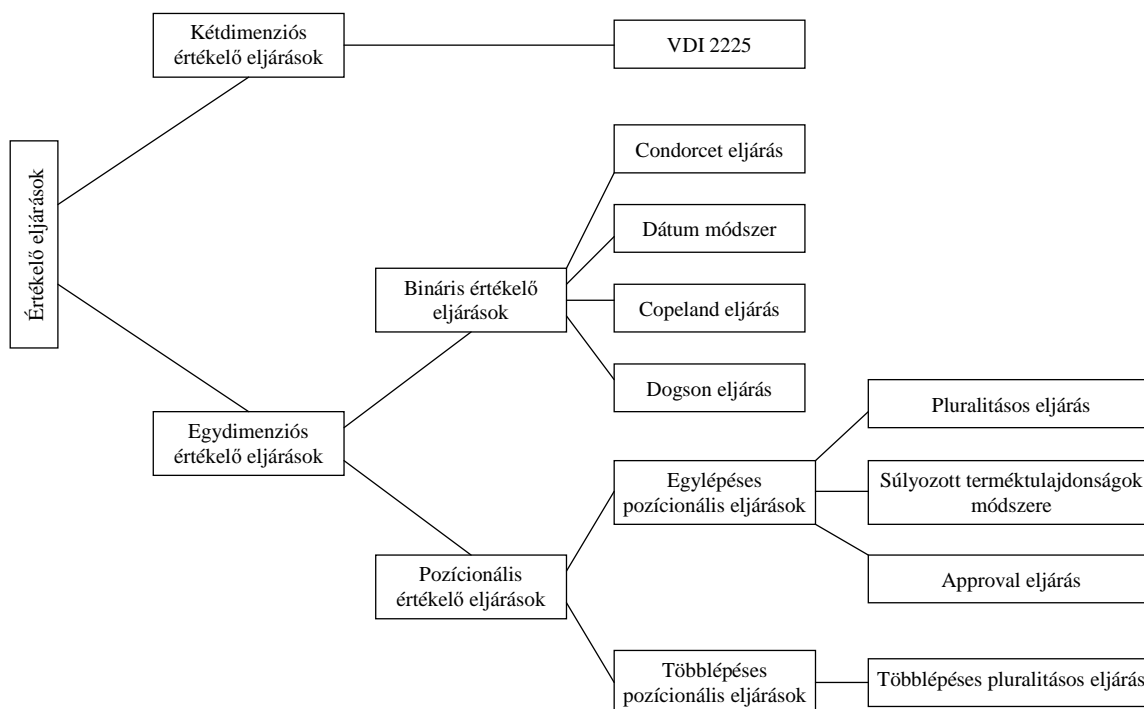
A súlyozó vektor n számú szempont esetén n elemű oszlopvektor. Az \underline{s} vektor i -edik eleme a vonatkozó kritérium relatív fontosságát mutatja.

5. táblázat. Egyéni súlyozó mátrix (W)

	Sz ₁	Sz ₂	Sz ₃	...	Sz _m	Σ	q
Sz ₁	1	1	1		1	1÷m	q ₁
Sz ₂	0	1	1		0	1÷m	q ₂
Sz ₃	0	0	1		0	1÷m	q ₃
...				1			
Sz _n	0	1	1		1	1÷m	q _n

3.3. ÉRTÉKTERVEZÉS–MŰSZAKI ÉRTÉKELEMZÉS

A műszaki értékelemzés, a gazdasági értékelemzéssel szemben nem a költségek megtakarítására orientálódik, sokkal inkább azt vizsgálja, hogy a termék milyen műszaki tartalommal bír. Ennek ellenére természetesen a műszaki értékelés során sem lehet teljesen kizárni a költségnyezőt. Az értékelés során figyelembe kell venni, hiszen két azonos műszaki paraméterekkel rendelkező termék közül gyakran a felhasználó is azt részesíti előnyben, amelyiknek kisebb az előállítási költsége, mivel azt a gyártó olcsóbban tudja bevezetni a kereskedelmi forgalomba is. A 15. ábra a fontosabb értékelemző eljárásokat rendszerezi. A következő részek ezeket az eljárásokat mutatják be, a teljesség igénye nélkül.



15. ábra. Fontosabb értékelemző eljárások [61]

3.3.1. Bináris értékelő eljárások

A bináris értékelő eljárások onnan kapták elnevezésüket, hogy az ilyen eljárások az egyes megoldásváltozatokat párosával hasonlítják össze. Azt vizsgálják, hogy az egyes megoldások jobbak, vagy rosszabbak egymásnál.

3.3.1.1. Condorcet módszer

6. táblázat. Optimális megoldás kiválasztása a Condorcet eljárás szerint

	Sz ₁	Sz ₂	Sz ₃	...	Sz _n	A többség szabálya szerint
V ₁ -V ₂	V ₁	V ₁	V ₁		V ₂	V ₁ >V ₂
V ₁ -V ₃	V ₁	V ₃	V ₁		V ₁	V ₁ >V ₃
...						
V ₁ -V _n	V ₁	V ₁	V _n		V _n	V ₁ =V _n
...						
V _n -V _(n-1)	V _(n-1)	V _(n-1)	V _n		V _n	V _(n-1) =V _n

A Condorcet értékvizsgálat a Többség módszer néven is ismert eljárás, mely során azt kell eldönteni, hogy az egymással párba rendezett változatok közül az adott értékelő szempontnak melyik felel meg jobban. Ehhez egy, a 6. táblázat szerinti táblázatot kell kitölteni, melynek rubrikáiban nem számszerűsített értékek vannak, hanem az adott párosítás szerinti jobb megoldásváltozat. A módszer szerint az a változat lesz az optimális megoldás, amelyik többször bizonyult jobbnak a többinél. A táblázat sorainak száma megegyezik a képezhető változatpárok számával:

$$V_p = \frac{i \cdot (i-3)}{2} + i \quad (12)$$

A módszer hátránya, hogy a vizsgált megoldásváltozatok számától négyzetesen függ az elvégzett munka mennyisége. A Condorcet eljárásnak számos módosítása, javítása létezik. Az egyik ezek közül a Dátum módszer.

3.3.1.2. Copeland módszer

7. táblázat. Copeland értékelő táblázat valamely értékelő szempont szerint

	V ₁	V ₂	V ₃	...	V _n	Σ	q
V ₁		(-1)/0/1	(-1)/0/1		(-1)/0/1	$(-(V_n-1)) \div (V_n-1)$	q ₁
V ₂	$-((-1)/0/1)$		(-1)/0/1		(-1)/0/1	$(-(V_n-1)) \div (V_n-1)$	q ₂
V ₃	$-((-1)/0/1)$	$-((-1)/0/1)$			(-1)/0/1	$(-(V_n-1)) \div (V_n-1)$	q ₃
...							
V _n	$-((-1)/0/1)$	$-((-1)/0/1)$	$-((-1)/0/1)$			$(-(V_n-1)) \div (V_n-1)$	q _n

A Copeland eljárás alkalmazásával az a megoldásváltozat kerül kiválasztásra, mely a páros összehasonlítások során a legtöbbször bizonyul a legjobbnak. Azt az index-számot, mely megmutatja, hogy egy adott megoldásváltozat hány másik megoldásváltozathoz bizonyult jobbnak, a Copeland-index mutatja. Minden értékelő szempontoz tartozik egy-egy, a 7. táblázat szerinti táblázat. Az a megoldásváltozat kerül kiválasztásra, amely a legtöbb értékelő szempont tekintetében bizonyult a legjobbnak.

3.3.1.3. Dátum módszer

8. táblázat. A Dátum módszer

	Sz ₁	Sz ₂	Sz ₃	...	Sz _m	Σ	q
--	-----------------	-----------------	-----------------	-----	-----------------	---	---

D-V ₁	-1/0/1	-1/0/1	-1/0/1		-1/0/1	(-m)÷m	q ₁
D-V ₂							q ₂
D-V ₃	-1/0/1	-1/0/1	-1/0/1		-1/0/1	(-m)÷m	q ₃
...							
D-V _n	-1/0/1	-1/0/1	-1/0/1		-1/0/1	(-m)÷m	q _n

A Condorcet eljárásához hasonlóan a Dátum módszer elvégzése során is páronként kell a megoldásváltozatokat összehasonlítani, azonban ebben az esetben az összes megoldásváltozat közül egy kiválasztott, „dátum”-nak nevezett változattal kell összehasonlítani a többi változatot, a 8. táblázat szerinti módon. Abban az esetben, ha a vizsgált változat jobb, mint a dátum, akkor 1-es értéket kap, ha rosszabb, akkor -1-et, ha pedig egyforma mértékben elégti ki az értékelemzési szempontot, akkor 0-át. Ennek megfelelően a sorok értékét összegezni kell, majd pedig az összérték alapján felállítható a megoldásváltozatok sorrendje.

A módszer kiküszöböli a többség módszer hátrányát, mert az elvégzendő munka mennyisége egyenesen arányos a vizsgált megoldások számával, azonban az értékelés bizonytalansága nagyobb lesz.

3.3.1.4. Dogson módszer

A Dogson módszer a Copeland eljárásához hasonlóan indexeket rendel az egyes megoldásváltozatokhoz. A módszer az előző két eljárásához hasonlóan a páros összehasonlítás elvén alapszik. Alkalmazása során azt kell megvizsgálni, hogy egy adott megoldásváltozat esetén hány páros győzelemre volna szükség ahhoz, hogy ez a megoldásváltozat Condorcet-győztes legyen. A Dogson módszer végén az a megoldás lesz a legjobb, amelyiknél a legkevesebb páros győzelem hiányzik. A Copeland módszerhez hasonlóan ebben az esetben is minden egyes értékelési szemponthoz külön táblázatot kell készíteni (9. táblázat). A 9. táblázat szerint a páronként összehasonlított változatokra adott pontszámokat (1=jobb, mint a másik, 0=olyan, mint a másik, -1=rosszabb, mint a másik) soronként összegezni kell (Dogson-index). Ha a megoldásváltozatok száma n, és önmagukkal nem hasonlítjuk össze a változatokat, akkor a Dogson-index értékét le kell vonni (n-1)-ből. Az a változat lesz az optimális megoldás, amelyik így a legkevesebb pontszámmal rendelkezik.

9. táblázat. A Dogson módszer

	V ₁	V ₂	V ₃	...	V _n	Σ	(n-1)- Σ	q
V ₁		(-1)/0/1	(-1)/0/1		(-1)/0/1	$(-(V_n-1))÷(V_n-1)$		q ₁
V ₂	$-((-1)/0/1)$		(-1)/0/1		(-1)/0/1	$(-(V_n-1))÷(V_n-1)$		q ₂
V ₃	$-((-1)/0/1)$	$-((-1)/0/1)$			(-1)/0/1	$(-(V_n-1))÷(V_n-1)$		q ₃
...								
V _n	$-((-1)/0/1)$	$-((-1)/0/1)$	$-((-1)/0/1)$			$(-(V_n-1))÷(V_n-1)$		q _n

3.3.2. Pozícionális értékelő eljárások

A pozícionáló eljárások elnevezés arra vezethető vissza, hogy ezek az eljárások rangsorba rendezik a megoldásváltozatokat. Az a megoldás az optimális megoldás, amelyik a legtöbb-szor szerepel a rangsor elején.

3.3.2.1. Pluralitásos értékelés

A pluralitásos módszer 10. táblázat szerinti értékelő táblázata azt mutatja, hogy az eljárás alkalmazása során az egyes szempontok annyi pontot érnek összesen, ahány tagú az értékelő csoport. Ezt a pontszámot kell szétosztani annyi felé, ahány megoldásváltozatot értékel a csoport. A módszer szerint az a legjobb megoldás, amelynek az összpontszáma a legnagyobb. A pluralitásos módszer esetében megállapították, hogy számos alkalommal előfordul, hogy az ily módon optimálisnak ítélt változat Condorcet értékelemzéssel a legrosszabb változat lenne.

10. táblázat. Pluralitásos értékelés

	Sz ₁	Sz ₂	Sz ₃	...	Sz _m	Σ
V ₁	0 ÷ ΣTT	0 ÷ ΣTT	0 ÷ ΣTT		0 ÷ ΣTT	0 ÷ (mΣTT)
V ₂	0 ÷ ΣTT	0 ÷ ΣTT	0 ÷ ΣTT		0 ÷ ΣTT	0 ÷ (mΣTT)
V ₃	0 ÷ ΣTT	0 ÷ ΣTT	0 ÷ ΣTT		0 ÷ ΣTT	0 ÷ (mΣTT)
...						
V _n	0 ÷ ΣTT	0 ÷ ΣTT	0 ÷ ΣTT		0 ÷ ΣTT	0 ÷ (mΣTT)
	ΣTT	ΣTT	ΣTT		ΣTT	

3.3.2.2. Súlyozott terméktulajdonságok módszere

11. táblázat. Súlyozott terméktulajdonságok módszere

	Sz ₁	Sz ₂	Sz ₃	...	Sz _m	Σ	q
V ₁	p _{min} ÷ p _{max}	p _{min} ÷ p _{max}	p _{min} ÷ p _{max}		p _{min} ÷ p _{max}		q ₁
sV ₁	s ₁ V ₁	s ₂ V ₁	s ₃ V ₁		s _n V ₁	ΣsV ₁	
V ₂	p _{min} ÷ p _{max}	p _{min} ÷ p _{max}	p _{min} ÷ p _{max}		p _{min} ÷ p _{max}		q ₂
sV ₂	s ₁ V ₂	s ₂ V ₂	s ₃ V ₂		s _n V ₂	ΣsV ₂	
V ₃	p _{min} ÷ p _{max}	p _{min} ÷ p _{max}	p _{min} ÷ p _{max}		p _{min} ÷ p _{max}		q ₃
sV ₃	s ₁ V ₃	s ₂ V ₃	s ₃ V ₃		s _n V ₃	ΣsV ₃	
...							
V _n	p _{min} ÷ p _{max}	p _{min} ÷ p _{max}	p _{min} ÷ p _{max}		p _{min} ÷ p _{max}		q _n
sV _n	s ₁ V _n	s ₂ V _n	s ₃ V _n		s _n V _n	ΣsV _n	

A termékváltozatokat az egyes értékelő szempontoknak való megfelelés szerint kell értékelni. Az értékelés egy 1-5-ig értékskála szerint történik, ahol az 1 az elégtelent, az 5 a kitűnőt jelenti (p_{min} ÷ p_{max}). Minden értékelő szempont rendelkezik egy súlyozó faktoral, mely faktorok összértéke 1, vagy 100. Ezt a súlyozó faktort meg kell szorozni a megoldásváltozatok értékelésekor megállapított értékkel. Az így kapott, súlyozott értékeket vízszintes irányban összeadjuk a

$$V_{j\ddot{o}} = \sum_{i=1}^n V_{ji} \cdot s_i \quad (13)$$

egyenlettel leírt módon. Az a változat az optimális megoldás, amelyik a legtöbb pontszámot kapja:

$$V_{opt} = (V_{j\ddot{o}})_{max} \quad (14)$$

3.3.2.3. Approval eljárás

Az approval eljárást BRAMS és FISHBURN [15] 1978-ban dolgozta ki. Az eljárás során azt kell vizsgálni, hogy az egyes megoldásváltozatok megfelelnek-e, vagy sem az egyes értékelő szempontoknak (12. táblázat). Ennek megfelelően az egyes változatokat az egyes szempontok szerint 0-val és 1-el kell értékelni. A változatokat úgy kell az egyes szempontok szerint értékelni, hogy a változatok számától eggyel kevesebb megoldásváltozat felelhet meg az egyes szempontoknak. A megoldásváltozatok megfelelőségét soronként összegezni kell. A legtöbb pontszámmal rendelkező változat az optimális megoldás.

12. táblázat. Approval eljárás

	Sz ₁	Sz ₂	Sz ₃	...	Sz _m	Σ	q
V ₁	0÷1	0÷1	0÷1		0÷1	0÷m	q ₁
V ₂	0÷1	0÷1	0÷1		0÷1	0÷m	q ₂
V ₃	0÷1	0÷1	0÷1		0÷1	0÷m	q ₃
...							
V _n	0÷1	0÷1	0÷1		0÷1	0÷m	q _n

Az egyszerű pluralitásos módszer javítására, „igazságosabbá” tételére kidolgozták a többlépcsős pluralitásos módszert. Abban az esetben alkalmazzák, ha az egyszerű pluralitásos módszerrel több megoldásváltozat adódik optimális megoldásnak. Ekkor tovább kell végezni az értékelést, de már csak a megmaradt változatokat kell értékelni. Az eljárást addig kell folytatni, amíg végül az értékelő csoport megtalálja az egyetlen, optimális megoldást.

3.3.3. Az eljárások szintézise

A 3.3.1-es és a 3.3.2-es fejezetekben bemutatott értékelő módszereket a 13. táblázat foglalja össze. Ha ezeket a módszereket összehasonlítjuk, látható, hogy kétféle módon történhet a kiválasztás:

- a megoldásokat egymással kell összehasonlítani, minden egyes értékelő szempont szerint, vagy
- a megoldásokat az értékelő szempontoknak való megfelelőségük szerint adott pontszámok közül választva kell osztályozni.

13. táblázat. Az egyes értékelő eljárások

	Hasonlítási pár	Beírható értékek	Értékelő szempontok súlya	Csoport munka	Teljes táblázat kitöltése	Megjegyzés
Condorcet módszer	$(V_{n-1} - V_n) \leftrightarrow Sz_n$	A jobb variáció jele (V_n)	nincs	javasolt	igen	
Dátum módszer	$(D - V_n) \leftrightarrow Sz_n$	-1/0/1	nincs	javasolt	D sora kimarad	
Copeland módszer	$V_{n-1} \leftrightarrow V_n$	-1/0/1	nincs	javasolt	főátló felett	
Dogson módszer	$V_{n-1} \leftrightarrow V_n$	-1/0/1	nincs	javasolt	főátló felett	
Pluralitásos módszer	$V_n \leftrightarrow Sz_n$	$0 \div TT$	nincs	szükséges	igen	TT-t kell szétosztani a változatok közt
Súlyozott terméktulajdonságok módszere	$V_n \leftrightarrow Sz_n$	$1 \div 5$	van	javasolt	igen	
Approval módszer	$V_n \leftrightarrow Sz_n$	0/1	nincs	javasolt	igen	egy szempontnak max. (n-1) változat felelhet meg
Többlépéses pluralitásos módszer	$V_n \leftrightarrow Sz_n$	$0 \div TT$	nincs	szükséges	igen	TT-t kell szétosztani a változatok közt

3.4. ÉRTÉKELÉSI ELJÁRÁSOK A MÓDSZERES TERVEZÉSBEN

FRENCH [37] azt írja, hogy a tervező az, aki olyan terméket képes tervezni és gyártani 1 dollárból, amit akárki más csak 2 dollárból tudna előállítani. A tervezőmérnöknek tehát az is feladata, hogy a vásárlói követelmények, és igények szem előtt tartása mellett különös figyelmet fordítson a termék gazdaságos előállítására is, hiszen ha a termék kikerül a tervező irodájából a ráfordítási költség hatékonyan már nem csökkenthető. A tervezési folyamatnak a koncepcionális fázisa még túl korai lépés a költség szempontú értékelésre, azonban a műszaki értékelés teljes mértékben szükségszerű, hiszen így választható ki az elvileg helyes megoldások közül az optimális megoldásváltozat.

PAHL és BEITZ szerint az értékelés a megoldás értékét, használhatóságát, vagy erősségét állapítja meg a korábbi célkitűzések alapján, vagyis a megoldás értéke mindig csak bizonyos követelményekre vonatkoztatva értelmezhető [67].

A módszeres géptervezés elméletének kidolgozói a hagyományos tervezői szemléletet követve a megoldásváltozatok felépítése során nagy hangsúlyt fektettek az egyes termékek, gépek műszaki-fizikai tartalmának kidolgozására. A felhasználói igények alapján megfogalmazott követelményeket szem előtt tartva hozták létre a megoldásváltozatokat. Azt a változatot,

amely valamilyen műszaki okból nem felelt meg maradéktalanul a követelményeknek, azonnal elvetették. Az ilyen fajta szelekció megfigyelhető HANSEN [41] és ROTH [74] módszerében is. PAHL javaslatot tett a követelményfajta felosztására. A követelmények cél szerinti osztályozását végül FRANKE végezte el.

HANSEN [41], PAHL és BEITZ [67], a VDI2225 [94], TAJNAFŐI [81], valamint CROSS [19] is KESSELRING [53] munkájára hivatkoznak, amely alapjaiban hasonlít a 3.3.2.2. fejezetben bemutatott értékeléshez, azzal a különbséggel, hogy az értékelemzési folyamat egyes fázisaiban több lehetőséget is ajánl. A következőkben a KESSELRING által javasolt, az értékelemzési munka során eredményesen alkalmazható lehetőségek kerülnek bemutatásra.

3.4.1. A műszaki értékelés folyamata

A kidolgozott megoldásváltozatok vizsgálata során a tervező mérnök szembe találja magát a legjobb változat kiválasztásának problémájával. Általánosságban elmondható, hogy a tervezői feladat állandó döntéshozatali tevékenységgel párosul, mivel a tervezőnek munkája során számos alkalommal kell több lehetőség közül választania. A választás történhet:

- intuitív módon,
- tapasztalati úton, vagy
- szubjektív módon, tetszés szerinti döntés révén.

A tervezőmérnöknek nem egyedül kell döntenie az optimális megoldásról; a döntéshozatalra kijelölhető egy csoport, amelynek tagjai közt a tervezőmérnökökön kívül lehetnek potenciális vásárlók, gazdasági szakemberek is, tehát olyan tagok, akik képesek a termék szempontjából objektív döntést hozni.

A műszaki értékelemzés célja, hogy az egyes megoldásváltozatok hasznossága összehasonlításra kerüljön a különbözőképpen súlyozott értékelő szempontok alapján. Az értékelési folyamat a következő lépésekből áll:

- az értékelő szempontok felsorolása
- az értékelő szempontok sorbarendezése
- az értékelő szempontok fontosságának meghatározása
- a kiválasztás során alkalmazni kívánt értékek meghatározása
- az optimális megoldásváltozat kiválasztása

A következőkben a folyamat egyes lépései kerülnek bemutatásra.

3.4.1.1. Az értékelő szempontok felsorolása

A módszer alapja, hogy különböző értékelő szempontok alapján választja ki a megoldásváltozatok közül az optimálisat. Ehhez meg kell fogalmazni a szempontokat, melyek lehetnek műszaki- és gazdasági tényezők, felhasználói követelmények, biztonsági követelmények, stb. A szempontok listájának mindenképpen egy széleskörű és átfogó felsorolásnak kell lennie.

3.4.1.2. Az értékelő szempontok sorba rendezése

A szempontok relatív súlyának meghatározásához az első lépés az, hogy fontossági sorba kell rendezni azokat. Ennek egyik módja az, hogy az egyes szempontokat külön kártyákra írjuk fel, majd pedig egymással összehasonlítva azokat –*például a legfontosabbtól a legkevésbé fontosabbig*–, sorba rakjuk a kártyákat. A sorrend megállapításakor szerencsés a csoportmunka, mely adott esetben egy csoportkonszenzus eredményeképpen sokkal széleskörűbb rangsort eredményezhet.

14. táblázat. Az értékelő szempontok páronkénti összehasonlítása

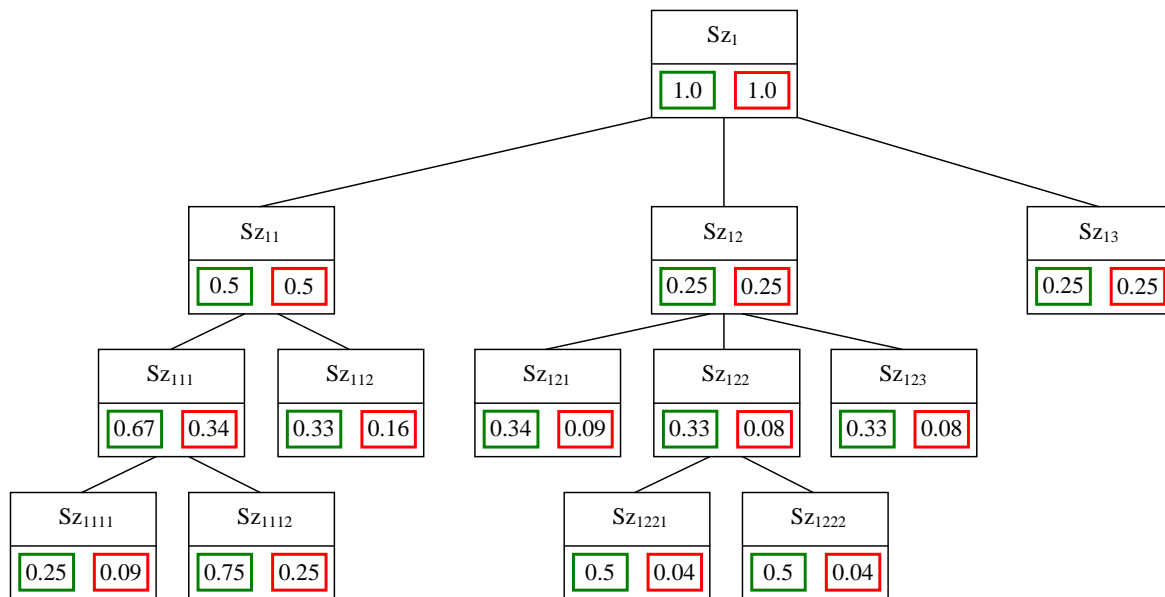
	Sz ₁	Sz ₂	Sz ₃	...	Sz _n	Σ
Sz ₁		0/1	0/1		0/1	0÷n

Sz_2	1/0		0/1		0/1	$0 \div n$
Sz_3	1/0	1/0			0/1	$0 \div n$
...						
Sz_n	1/0	1/0	1/0			$0 \div n$

A rangsorolási folyamatot egy szisztematikus, páronként történő összehasonlítás is segítheti a 3.3.1.4 fejezetben bemutatott Dogson módszerhez hasonlóan, a 14. táblázat szerint bemutatott módon. Látható, hogy abban az esetben, ha az egyik értékelő szempont jobb, mint a másik, akkor 1-es értéket kap, ha nem jobb, 0-át. A 14. táblázat utolsó oszlopa tartalmazza az egyes szempontok soronkénti összértékét. Így az értékelő szempontok sorba rendezése úgy történhet, hogy amelyik szempont a legtöbb pontszámot kapta, az a legfontosabb, amelyik szempont a legkevesebb pontot kapta, az a legkevésbé fontos értékelő szempont. Megfigyelhető, hogy tulajdonképpen elég kitölteni a mátrix főátlója feletti háromszöget, az alsó háromszögbe a fenti értékek ellentettjét kell beírni.

3.4.1.3. Az értékelő szempontok fontosságának számszerűsítése

A következő lépés a számszerű értékek hozzárendelése minden egyes szemponthoz, a többi szemponthoz viszonyított fontosság meghatározása érdekében. Ennek egy egyszerű módja, ha a korábban meghatározott fontossági sorrend egy 1-től 10-ig, vagy 1-től 100-ig terjedő számsorhoz rendelhető. Ily módon a legfontosabb értékelő szempont 10-szeres, vagy 100-szoros súllyal bír, míg a többi szempont arányosan a legjobbhoz viszonyítva elosztható a skálán. Ezzel kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy a legfontosabb és a legkevésbé fontos szempontok nem feltétlenül az értékskála legnagyobb, vagy legalacsonyabb szempontjainak felelnek meg. A fontossági szám meghatározásának egy másik módja lehet, ha az értékelő szempontok közt egy meghatározott pontszám –*például 100*–, kerül felosztásra. Ez szintén csoportszinten elvégezhető tevékenység. A módszer az ún. Szempont-fa segítségével vizuálisan is jól szemléltethető. A Szempont-fa –*vagy ahogyan PAHL és BEITZ nevezi, a Célrendszer struktúra*– az adott termékkel szemben támasztott követelmények, és elvárások alapján megfogalmazásra került értékelő szempontok rendszerét tárja fel, és szemlélteti (16. ábra). Legmagasabb pontján a termék célja található, amely a szempontok tekintetében nagyobb csoportokra osztható. Ezek a csoportok tovább bonthatók egészen addig a szintig, ahol az értékelő szempontok listájában szereplő elemi szempontok találhatóak. Az értékelő szempontoknak ez a csoportosítása lehetővé teszi, hogy a szempontok legfontosabb jellemzői Roth-táblázat segítségével is rendszerezhetők legyenek.



16. ábra. Szempontfa

A Szempont-fát alkotó téglalapok mindegyikében megtalálható az adott szempont száma, valamint két érték. A baloldali téglalapokban a rész-szempontok egymáshoz viszonyított aránya olvasható –*melyek összege mindig megegyezik az előre meghatározott pontszámmal, pl.: 1, vagy 100–*, illetve a jobboldali téglalapokban a tovább osztható arányszámok találhatóak.

3.4.1.4. A kiválasztás során alkalmazni kívánt értékek meghatározása

A szempontokhoz rendelhető értékek nem csupán számmal kifejezett értékek lehetnek. Számos esetben az egyes változatok szempontnak való megfelelőségét csupán bizonyos kifejezésekkel lehet kifejezni, például a következő módon:

- nagyon átlag alatti
- átlag alatti
- átlagos
- átlagon felüli
- nagyon átlagon felüli.

Gyakran egy 5 pontos (0-4) skála túl pontatlan, ekkor kilenc (0-8), vagy tizenegy (0-10) pontos skála alkalmazható, ahogyan azt az 15. táblázat is összefoglalja.

15. táblázat. Értékskálák

Értékskála			
Használati érték analízis		VDI 2225 irányelv	
Pontszám	Jelentés	Pontszám	Jelentés
0	Teljesen használhatatlan megoldás	0	Nem megfelelő
1	Nagyon hiányos megoldás		
2	Gyenge megoldás	1	Éppen elviselhető
3	Elviselhető megoldás		
4	Kielégítő megoldás	2	Kielégítő

5	Megfelelő megoldás		
6	Jó megoldás, kevés hiányossággal	3	Jó
7	Jó megoldás		
8	Nagyon jó megoldás	4	Nagyon jó (ideális)
9	Célkitűzést meghaladó megoldás		
10	Ideális megoldás		

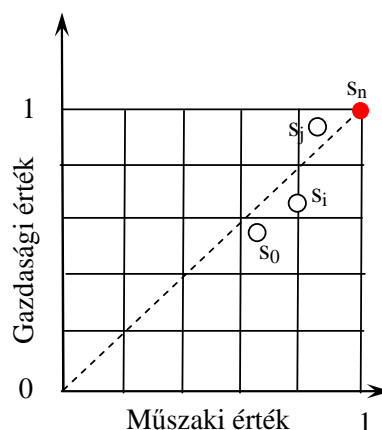
3.4.1.5. A változatok relatív jellemzőinek számítása

Az utolsó lépés annak meghatározása, hogy az egyes megoldásváltozatok milyen mértékben felelnek meg az értékelő szempontoknak. Az értékelési folyamatban ennél a lépésnél is rendkívül hasznos, ha az értékelemző munka, csoport tevékenységként kerül elvégzésre, mivel így a különböző megoldásokat különböző emberek vizsgálják.

A változatok összehasonlítása a 11. táblázat szerint korábban bemutatott módon történik. Mindemellett természetesen számos más módszer is létezik a változatok viszonylagos sorrendjének meghatározására –pl. hisztogramok, függvények segítségével, melyek jól tükrözik, hogy az egyes változatok miben térnek el egymástól.

3.5. MŰSZAKI- ÉS GAZDASÁGI ÉRTÉKELEMZÉS

A műszaki-gazdasági értékelemzés területén KESSELRING [52], [53], [54] már 1937-től publikált, így a VDI 2225 összeállítása is az ő nevéhez fűződik [94]. A szabvány első változata 1964-ben jelent meg, akkor még csak két részből állt, a későbbiek során azonban a tapasztalati eredmények révén négy részre bővült. A műszaki-gazdasági tervezéssel a harmadik rész foglalkozik. A javasolt értékelő eljárásokra két konkrét példát is tartalmaz a szabvány. Ezen túlmenően egy ún. S-diagramról is ír a szabvány, melyet a 17. ábra szemléltet. Látható, hogy a diagram a tervezőmérnök által működőképesnek vélt összes megoldás értékességét magába foglalja, olyan módon, hogy az egyes megoldások értékét egy gazdasági-, és egy műszaki értékkoordinátával jellemzi, és ezeket a koordinátapontokat, mint erősségi („Stärke”) pontokat ábrázolja. Minél erősebb/értékesebb egy-egy megoldás, annál közelebb található az 1-1 ponthoz, vagyis a műszaki és a gazdasági értékcsúcshoz.



17. ábra. S-diagram

4. A KONSTRUKCIÓS TERVEZÉS

A tervezés folyamatának korábbi fázisaiban, a funkció szintézisben, a hatás szintézisben rögzítésre kerültek azok az elvek, amelyek megadták, hogy az adott cél megvalósításához szükséges tevékenységek (*funkciók*) milyen hatáselvek (*fizikai-, kémiai-, biológiai törvények*) felhasználásával valósíthatók meg. Előálltak a lehetséges megoldás alternatívák, melyekből valamilyen értékelő eljárás segítségével (*értékelő kritériumok bevonásával*) a feladatkitűzésben megfogalmazottakat kielégítő megoldás (*esetleg megoldások*) került kiválasztásra. A kiválasztott megoldás ezután egy forma-, alak-, és méretfelépítő munkafázison megy át. A konstruktörnek a feladatkitűzés viszonylag kevés adatából kell leképeznie az adatok egy merőben új halmazát, majd azokat rajzi dokumentáció formájában kell megjelenítenie. A tevékenység-sorozat iteratív jellegű, sok elemében párhuzamosan is végezhető.

4.1. A KIALAKÍTÁS FOLYAMATÁNAK ÁTTEKINTÉSE

A feladat számára a lehetséges megoldások elvei a tervezési folyamat megelőző fázisában kidolgozásra kerültek. A kialakítás folyamatának a célja az elvi megoldás konkrét, dokumentáció szintű megvalósítása. A dokumentációs szint nem jelenti azt, hogy párhuzamosan modellkísérletekre, kisminta próbákra nem kerül sor. A helyes működés biztosítása feltételezi az ilyen jellegű párhuzamos tevékenységeket.

A kialakítás fázisában meg kell határozni a felhasználásra kerülő anyagokat (*hatáshordozókat*), a gyártásra vonatkozó elképzeléseket (*technológiákat*), a szerkezeti elemek (*építőelemek, építőcsoportok*) alakját, formáját és méreteit, valamint mindazon segédfunkciókat, melyek szükségesek a működési elvvel meghatározott műszaki termék feladatkitűzésben megfogalmazott elvárásokat teljesítő megvalósításához.

A kialakítás folyamata a termék kidolgozottságától, információs szintjétől függően két, egymást követhető, de részben párhuzamosan is futtatható szakaszra osztható. Az egyik a forma és alakadó (*minőségi-, kvalitatív*), a másik a méretadó (*mennyiségi-, kvantitatív*) kialakítási fázis.

A forma és alakadó kialakítás az építőelemek és a belőlük képezhető építőcsoportok felület és test struktúráját rögzíti. Formát és alakot ad az építőelemeknek (*alkatrészeknek*). Meghatározza az építőelemek kapcsolatrendszerét, a lehetséges mozgásformákat, rögzíti a szabadságfokokat. Az elemek kapcsolat rendszerében definiálja az építőelemek kötésmódjának elvét (*alak-, erő- és anyagzáras elve*).

A méretadó kialakítás során a mérnöki számítási módszerek és rendszerek segítségével meghatározásra kerülnek a mértékadó funkciókat megvalósító építőelemek méretei, melyek biztosítják, hogy a felhasználásra kerülő termék az elvárt funkciókat a tervezett ideig biztonságosan megvalósítsa.

A kialakításnak ezek a fázisai iteratív módon, többször váltakozva megisméltődhetnek. Ennek eredménye egy formai kialakításában, és méretinek nagyságában is egy kifinomultabb termék. A kialakítási fázisban ennek megfelelően számos előterv, vagy részletterv készül olyan mértékig, hogy a szükséges ellenőrzések mindig elvégezhetőek legyenek. A kreatív tevékenység mellett nagy hangsúlyt kap a korrekciós tevékenység (*analizáló, szintetizáló*), melyben szorosan összekapcsolódik a hibafelismerés, hibaelemzés, és a hiba kiküszöbölés.

Jelentős szerepet kap a szerkezeti anyagok-, a technológiák-, az ismétlődő- és szabványos elemek ismerete, az információk megszerzése.

A kialakítási folyamatra jellemző, hogy

- sok tevékenységelemet időben párhuzamosan kell végezni,
- néhány tevékenység-elemet magasabb információs szinten meg kell ismételni,

- minden kiegészítés, változtatás a már kialakított rendszert befolyásolja.

4.1.1. A kialakítási folyamat legfontosabb elemei

Az *első lépés* a megoldási elv ismeretében a kialakítás követelményeinek rögzítése, mely alapvetően az alábbiakra irányul:

- az elrendezést meghatározó követelmények (*mozgás irány, helyzet, áramlási irányok, megközelítés, stb.*),
- méreteket meghatározó követelmények (*csatlakozások, kommunikációs felületek, teljesítmény, teherbírás, biztonság, stb.*),
- szerkezeti anyagokat meghatározó követelmények (*szilárdság, élettartam, savállóság, korrózió állóság, stb.*).

A kialakítás alapszabályainál, és alapelveinél majd látható lesz, hogy a biztonság, az ergonómia, a gyárthatóság, a szerelhetőség az előzőekre vissza fognak hatni. A kialakítást meghatározó, vagy korlátozó térbeli feltételek méretarányos ábrázolása (*pl. úrszelvények, fesztávok, lépésközök, osztások, tengelyirányok, beépítési korlátok, stb.*) is ebben a lépésben történik meg. Ezután a meglévő ismeretek (*követelmények, korlátozások*) birtokában a főfunkció hordozóknak a minőségi (*formaadási*) kialakítás szintjén a szerkezeti struktúráját és az előzetes anyagválasztását kell elkészíteni. Itt olyan kérdésekről kell dönteni, mint hogy:

- melyik főfunkció határozza meg a szerkezet alakját, formáját, elrendezését (*pl. az áttétel megvalósítása adott típusú fogaskerék-párral (hengeres, kúpos, külső, belső)*),
- mely funkciókat kell összevonni, esetleg szétválasztani (*nyomatékátvitel radiális-, axiális tengelyhiba kiegyenlítéssel*).

A következő a szerkezeti kialakítást meghatározó főfunkciók kialakítása az anyagok rögzítésével és formaadásával. Ezt a tevékenységsort addig kell ismételni, amíg a főfunkció hordozók kialakíthatósága egyértelműen megállapítható. Ehhez már igénybe kell venni a mérnöki számítási módszereket, melyek segítenek abban, hogy a kritikus elemek minimális méretét már a formaadásban érvényesíteni lehessen. Szintén az első lépés része az elkészített előzetes tervek véleményezése. Itt érvényesíteni kell a későbbiekben tárgyalásra kerülő szabályok, elvek érvényesülést, a feladatkitűzésben megfogalmazott elvárások teljesedését.



18. ábra. A kialakítás folyamatának elemei

A második lépésben a kialakítás során még ki nem dolgozott főfunkciók, melyek a termékre jelentéktelen befolyást gyakorolnak, vagy még nem kerültek a figyelem középpontjába, részletes forma és alakadásra kerülnek. Ezután a szükséges mellékfunkciókat kell áttekinteni, feltárni, kialakítani. Mellékfunkciók lehetnek pl. kenés, tömítés, hűtés, rögzítés, megtámasztás. A mellékfunkciók megoldására fel kell használni a már ismert megoldásokat, szabványos elemeket, stb. Ezután a főfunkció hordozók részletes, azaz méretadó kialakítását kell elvégezni. Ebben a fázisban a mérnöki számításokra (*méretezés, ellenőrzés*) kell nagy hangsúlyt helyezni. Figyelembe kell venni az előírásokat, a kísérletek eredményeit, a mellékfunkciók vizsgálhatóságát. Az ilyen jellegű kialakítás építőelemekre és építőcsoportokra is irányulhat. Itt kerül sor a mellékfunkciók méretadó kialakítására, az egymásra hatások figyelembevételére, az összes funkció összevont ábrázolására.

A harmadik lépésben a kidolgozott terveket kell ellenőrizni, amely kiterjed a funkcióteljesítésre, a működőképesség vizsgálatára, a szabványok-, törvények-, előírások-, teljességre. A hibákat fel kell tárni, meg kell vizsgálni, javaslatot kell kidolgozni az elhárításukra.

A negyedik lépés a kidolgozott terv(ek), vagyis a kialakított termék értékelése. Az értékelés irányulhat csak a gazdaságosságra, csak a műszaki tartalomra, vagy mindkettőre. Ma már egy

harmadik szempont is mértékadóvá válik, ez pedig az esztétika. Az értékelés kritériumokra építve történik, mely csak olyan mélységig valósítható meg, amilyen mértékig a termék kidolgozott, tehát függ a rendelkezésre álló információ mennyiségétől.

Az *ötödik lépésben* az alternatív tervek közül ki kell választani a főtervet. A kidolgozott főtervben fel kell tárni a hibákat és gyenge pontokat, illetve ki kell küszöbölni azokat. A termék elemeit, vagy részegységeit optimálni kell. A véglegesen kialakított főtervet ellenőrizni kell a hibák, a zavaró hatások, az összeférhetőség szempontjából. A főterv alapján, azt kiegészítendő a darabjegyzéket, az anyagjegyzéket, a gyártásra- és a szerelésre irányuló dokumentumokat kell elkészíteni, továbbá a főterv végleges rögzítésére, lezárására, a kialakítás végső fázisára kerül sor.

A termék kialakítása során az egyes lépések eredményeképpen a részletek finomodnak, a kidolgozottság szintje nő, az információtartalom bővül. Egyre inkább megmutatkozik, hogy a koncepció helyesen lett-e megválasztva, tehát teljesednek-e a megfogalmazott követelmények, elvárások. Előfordulhat, hogy néhány feltétel nem teljesül, vagy nem olyan pontosan teljesül. Ilyenkor eredményesebb, ha a koncepcióképzést egy magasabb információs szinten újragondolják, vagy megismétlik. Ezért erre a tevékenységsorozatra jellemző az iteratív jelleg, az ismétlés, a változtatás, a módosítás, az újragondolás.

4.1.2. A kialakítás alapszabályai

A kialakítás folyamatában a termékszerkezet felépítésekor óhatatlanul is követhető el hiba. A hiba az anyagi veszteségen túl károsodást, balesetet is okozhat. Az ilyen jellegű következmények elkerülhetők, ha a tervező olyan szabályokat követ, amelyek megóvják a hibás, vagy hibát okozó döntésektől.

A követendő szabályok levezethetők olyan célkitűzésekből, amelyek a műszaki funkció teljesítéséből, a gazdaságos megvalósításból, az ember és környezete biztonságából indulnak ki.

A tervezési alapszabályok

- az egyértelműség,
- az egyszerűség,
- a biztonság.

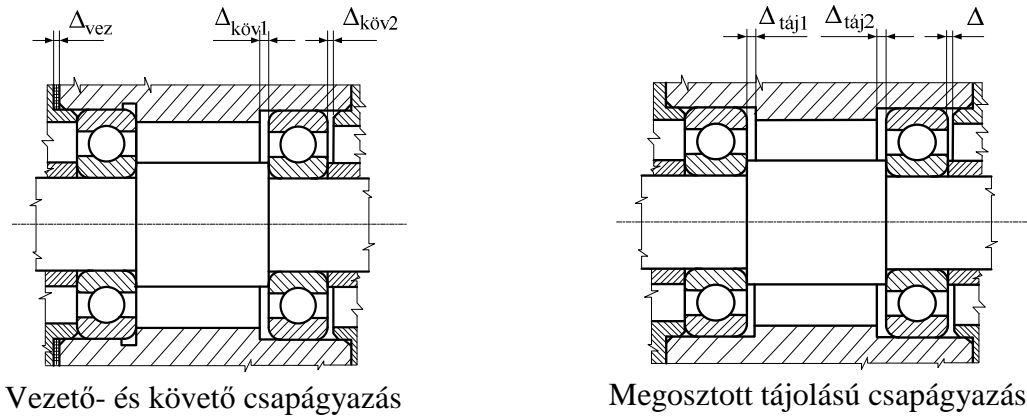
Az egyértelműség betartása és következetes alkalmazása biztosítja annak lehetőségét, hogy a hatás és viselkedés előzetesen és megbízhatóan megvizsgálható.

Az egyszerűség a gazdaságosság biztosítója. A kevés számú elem, a meggondolt, egyszerű forma és méretadás feltételezi a gyorsabb és gazdaságosabb gyártást.

A biztonságra való törekvés arra készíti a tervezőt, hogy következetesen kezelje az élettartam, a megbízhatóság, a balesetmentesség és a környezetvédelem kérdéseit.

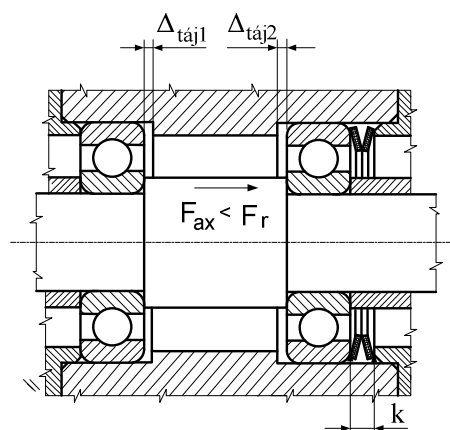
4.1.2.1. Az egyértelműség

Az egyértelműség a kialakítás folyamatlemeire alkalmazva, azokat áttekinthetővé és követhetővé teszi. A funkciók megfogalmazásánál, azok ki- és bemeneti jellemzőinek megadásánál, a funkciók kapcsolatrendszerének kidolgozásánál az áttekinthetőség az egyértelműség biztosítója. A működési elvnel az egyértelmű leképezést kell biztosítani a be- és kimenetek között. Az alakváltozásoknak, a hőtágulások elmozdulási irányainak világosan követhetőnek kell lenniük (19. ábra), (20. ábra). A mérnöki számításoknál (*méretezés, ellenőrzés*) a terhelések fajtája, iránya, gyakorisága jól definiált kell, hogy legyen. Az ember-gép kapcsolatát az ergonómia szempontjából is jól át kell gondolni. A gyártás és ellenőrzés területén a pontos és áttekinthető rajzok (*feliratozás, utasítások*) biztosítása, a mérések, tesztek pontos dokumentálása elengedhetetlenül fontos. Az üzemeltetésnél a jól áttekinthető működtetés, a karbantartásnál a kevés segédanyag- és szerszámszükséglet az előnyös.

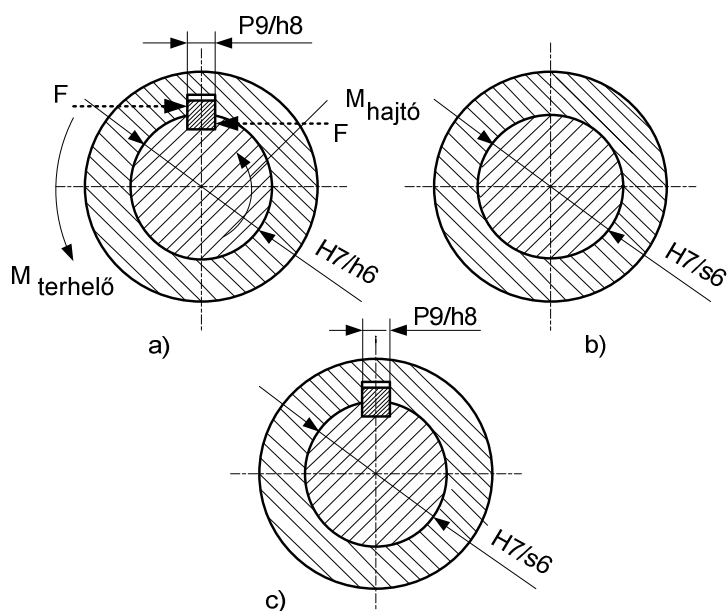


19. ábra. Vezetett- és tájolt csapágyazás

Az egyértelműség méretezési és szerkezet-megoldási vonatkozására mutat rá a 21. ábra. A nyomatékátvitelben nagy szerepe van a tengely-agykötéseknek. A nyomatékátvitel a tengelyről az agyra alak-, ill. erőzárással is megvalósítható. Alakzárás elvére az a) része, erőzárás elvére a b) részlete mutat megoldást. A megoldások a méretezés, a szerelés szempontjából egyértelműek. Alakzárásnál a retesz, erőzárásnál a súrlódás viszi át a nyomatékot. Téves megoldásként, a biztonságra hivatkozva található olyan kialakítás (21. ábra c) részlete), mely a két elvet kombinálja. Méretezés szempontjából felmerül a kérdés, hogy mire végezzük el a méretezést, mivel nem dönthető el egyértelműen, melyik elv domináns a kapcsolatban. Szerelés szempontjából a szilárd kapcsolat (*erőzárás elve miatt*) leköti azt a szabadságfokot, amely a reteszkötés tájoló mozgásához szükséges, ezzel a művelet nem egyértelművé válik.



20. ábra. Rugalmasan előfeszített csapágyazás



21. ábra. Tengely-agy kötés méretetési problémája

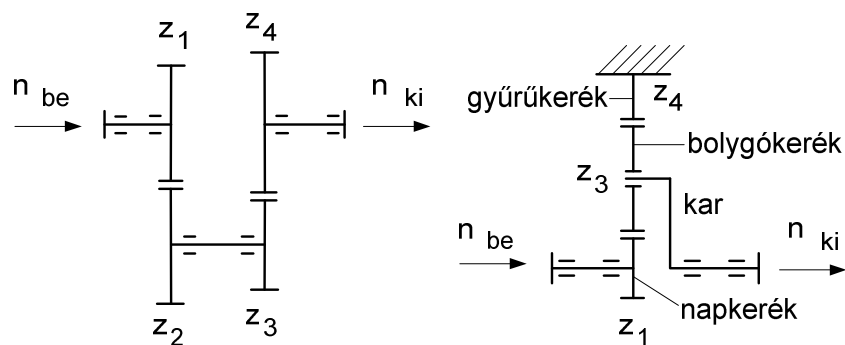
4.1.2.2. Egyszerűség

Az egyszerűség általános esetben a gazdaságos megoldás biztosítója. Az egyszerű alkatrész könnyebben gyártható. Azonban a gyakorlat azt mutatja, hogy általában választani kell a kevesebb, de bonyolultabb kialakítású, vagy a több egyszerű alkatrészből álló megoldás között. A döntés azonban sok esetben nem csak a gazdaságosság kérdése, valójában több peremfeltétel, követelmény befolyásolja azt.

Az egyszerűség a funkciók vonatkozásában a lehetőleg kisszámú rész-, és elemi funkciókat, a működési elv szempontjából az áttekinthető hatáselveket (*törvényszerűséget*) jelenti. Méretezés, gyártás szempontjából az alak és a forma, (*geometria*) áttekinthetőségét kell az egyszerűség alatt érteni: a szimmetria alkalmazását kell előnyben részesíteni. Szerelés szempontjából a könnyű azonosíthatóságot, a helyzetbe hozhatóságot, a megfoghatóságot jelenti. Az ergonómia a könnyű működtetést, a felismerhető kezelési sorrendet, a könnyű érzékelést, a jelzések felismerhetőségét tételezi fel.

Hajtástechnikában egy szemléletes példa lehet az egyszerűsége a nagy áttételek megvalósításában a többlépcsős hajtómű és a bolygómű, mint alternatív megoldás (22. ábra). A négy fo-

gaskerékből álló, visszatérő tengelyelrendezésű kétlépcsős fogaskerék hajtómű kinematikailag egyenértékű a kevesebb elemből álló kb típusú bolygóművel, de a bonyolultabb kialakítású elemek (*belső fogazat, kar, stb.*) miatt a bolygómű drágább. Azonban, ha a helyigény, az átvihető teljesítmény úgy kívánja, a magasabb költségek ellenére is a bolygóművet kell választani.



22. ábra. Hajtómű megoldások

4.1.2.3. Biztonság

A biztonság törekvés arra, hogy a tervező a megbízhatóság, a balesetmentesség és a környezetvédelem kérdéseit is következetesen kezelje. A biztonságtechnikában a tervező három utat járhat: a közvetlen-, a közvetett és az utaló biztonságtechnikát.

A fő cél a közvetlen biztonságtechnika megoldása, mely azt jelenti, hogy eleve olyan megoldást kell keresni és alkalmazni, mely önmagában nem veszélyes, megvéd és biztonságot ad. Ha erre nincs lehetőség, akkor kerül előtérbe a közvetett biztonság és annak alkalmazása. A közvetett biztonság védőrendszereket, kiegészítő eszközöket alkalmaz. Az utaló biztonságtechnika csak figyelmeztet a veszélyre és kijelöli a veszélyes helyeket. Ez utóbbit a tervező a részproblémák kidolgozásánál nem alkalmazhatja, teljes rendszer esetében is csak nagyon megfontolva.

A biztonság kérdése az alábbi területekre terjed ki:

- az alkatrészbiztonságra,
- a funkcióteljesítés biztonságára,
- a munkavégzés biztonságára,
- a környezet biztonságára.

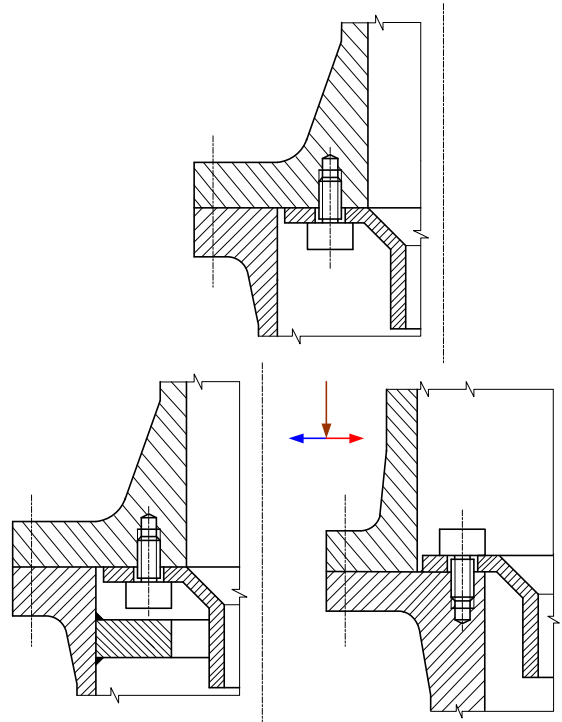
Az egyes területek szorosan összefüggnek egymással, mivel egyetlen alkatrész biztonsága befolyásolhatja a funkcióteljesítést, meghibásodás esetén veszélyezteti az ember és a környezet biztonságát. Ezért nagyon fontos a kialakításkor az alkatrésztervezés, kialakítás.

A közvetlen biztonság megvalósítására alapvetően három lehetőség van:

- a biztos túlélés, a hibás működés lehetőségének a kizárása,
- a korlátozott meghibásodás elve, mely elfogad hibát, vagy hibás működést, de az nem jár biztonsági következményekkel,
- redundáns elrendezés elve, mely párhuzamos biztonsági elemeket alkalmaz.

A biztos túlélés elve feltételezi, hogy a rendszer elemeinek, vagy azok kapcsolatrendszerének meghibásodása, az előírt időn belül semmilyen valószínűsíthető, vagy váratlan esemény hatására nem következik be. Ezzel a rendszer működését képes fenntartani. Ezért

- mindig pontosan tisztázni kell a terheléseket, a környezeti feltételeket, a lehetséges eseményeket,
- pontos, megbízható méretezési eljárásokat kell választani,
- minden kapcsolatos folyamatot (*gyártás, szerelés*) pontosan kell ellenőrizni,
- környezet-azonos kísérleteket kell elvégezni.



23. ábra. A korlátozott meghibásodás elvének érvényesítése

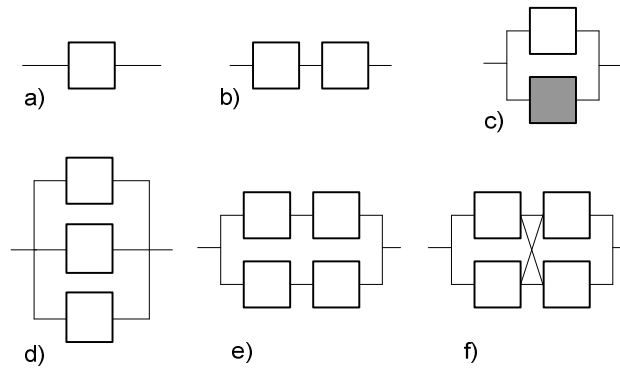
A korlátozott meghibásodás elve a rendszer működése során nem zárja ki a működési zavart, de annak bekövetkezésekor nincs komoly következménye. Ennek érdekében

- biztosítani kell mindazon funkciókat, amelyek a veszélyhelyzet elkerülését szolgálják.
- a meghibásodott funkciót át kell vennie valamilyen más funkciót vivő elemnek (*alkatrészek*),
- a hibának felismerhetőnek kell lenni,
- hiba esetén mindenkor megítélhető legyen a teljes rendszer biztonsága.

Erre mutat példát a 23. ábra: a csőbetétet tartó csavar elvesztése a csőbetét elvesztését is jelentené, ha a kialakítás ezt nem akadályozná meg. A vibráció, a menet paraméterei (*az előfeszítés ellenére az önzárás határához való közelség*) lehetővé tehetik a fellazulást. Végleges hibát jelent, ha a csavar kiesik, mert ekkor a cső szétesik (*felső ábrarész*). Az alsó ábrarész szerinti elrendezések meggátolják a csavar kiesését, a cső szétesését.

A redundáns elrendezés a rendszerek megbízhatóságát és biztonságát növelik. Több, azonos funkciójú elem, más működési elven egymáshoz rendelve, más-más megoldást eredményez, ahogyan azt a 24. ábra is mutatja.

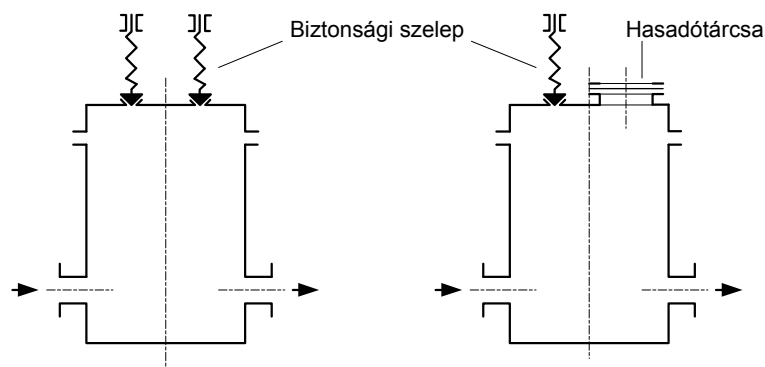
Az a) ábra részlet redundancia nélküli rendszert mutat, a b) ábra részlet soros redundanciát, a c) ábra részlet párhuzamos, de más elven megvalósított funkciójú redundanciát, a d) ábra részlet párhuzamos, de azonos elemeket tartalmazó redundanciát, az e) ábra részlet kvartett redundanciát, az f) ábra részlet kvartett-kereszt redundanciát mutat.



24. ábra. Redundáns rendszerek

A közvetett biztonságtechnika körébe a védőrendszerek és a védőberendezések tartoznak. A védőrendszerek arra szolgálnak, hogy a rendszert (*berendezést, gépet, eszközt*) kimentsék a veszélyhelyzetből, vagy veszély esetén megakadályozzák az üzembe helyezést. A védőrendszerek tervezésekor figyelemmel kell lenni a következőkre:

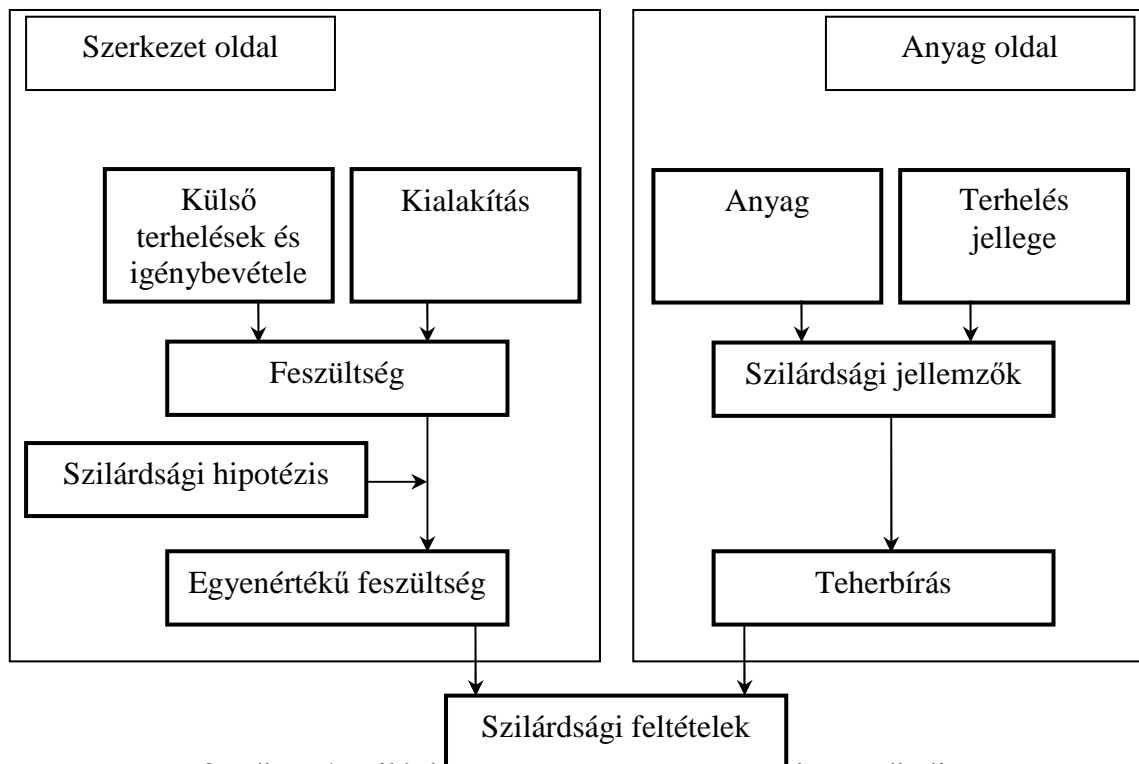
- Figyelmeztetés, vagy jelzés biztosítása. Ez azt jelenti, hogy mielőtt a védőberendezés beavatkozik a rendszerbe, jelzést, figyelmeztetést ad, hogy a zavarelhárítás megvalósulhasson. Ha a védőberendezés az indítást akadályozza meg, akkor az akadályozásra fel kell hívni a figyelmet.
- Önellenőrzés biztosítása: a védőberendezésnek az állandó készenlét miatt önmagát is ellenőriznie kell. A védőberendezések rendelkeznek olyan tárolt energiával, mely csak akkor szabadul fel, ha a védőberendezés meghibásodik, és ez a tárolt energia biztosítja a védett rendszer biztonságos állapotba helyezését.
- Többszörös független elven működő rendszerek biztosítása: a megoldás alkalmazza a párhuzamos redundáns rendszereket, mint ahogyan azt a 25. ábra is mutatja egy tartály védelmén keresztül. A megoldások biztonsági szelepet alkalmaznak azonos megoldásban duplázva, ill. biztonsági szelep és hasadó-tárcsa kombinációban.



25. ábra. Többszörös védelem (redundancia elv)

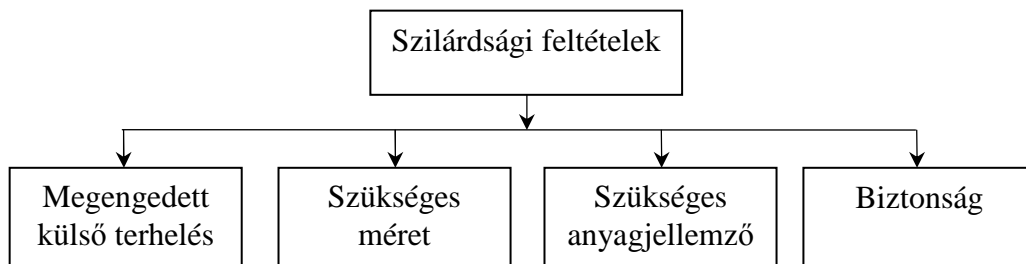
4.2. A MÉRNÖKI SZÁMÍTÁSOK ALAPELVEI

A kialakítás fázisában az előzetes alakadás, majd a méretadás és a végső szerkezeti kialakítás előzetes számításokat, méretezéseket, majd ellenőrzéseket igényel. A számítások a szerkezet biztonságát kívánják alátámasztani, ill. igazolni, melyek irányulhatnak szilárdságra, alakváltozásra, kifáradásra és rezgésre (*sajátfrekvencia meghatározásra*).



26. ábra. A szilárdsági számítások általános folyamatábrája

A számításokat sokféle számítógépes szoftver támogatja, azonban ezek ismertetésére itt nem térünk ki. Csupán a szilárdsági számításokra vonatkozó alapelveket foglaljuk össze, mely a mérnöki gyakorlat számára a gondolkodásmódot meghatározza. A szerkezeteket és elemeiket meghatározzák a kialakításukhoz választott anyagok és azok jellemzői, valamint a terhelések, és a hatásukra kialakuló igénybevételek. A szilárdsági számítások lényegét és fő folyamatát e két aspektus határozza meg, melyet a 26. ábra, és a 27. ábra is szemléltet. A szerkezet oldaláról annak kialakítása és a ráható terhelés határozza meg azt a mértékadó feszültséget (*egyenértékű, eredő*), melyet az anyag oldallal össze kell hasonlítani. A terhelés a szerkezeti elemekben, építőelemekben a különböző igénybevételek miatt az egyes keresztmetszetekben más-más tengelyirányú feszültségeket eredményez. A feszültségek nagyságát az éppen aktuális keresztmetszetben, annak keresztmetszet jellemzői, és az ott értelmezett terhelés összetevők határozzák meg. A többtengelyű feszültségi állapot valamilyen feszültséghipotézis segítségével válik olyan egyenértékű feszültséggé, mely már alkalmas összehasonlításra (). A szerkezeti elem anyagának megválasztásával annak anyagjellemzői a terhelési állapotnak megfelelően megadhatók. A terhelés lehet időben állandó (*statikus*) és időben változó (*dinamikus*). A kísérletileg meghatározott anyagjellemzőket a valóságos körülményekhez módosítani kell. A módosító tényezők egyrészt a névleges feszültséget módosítják a bemetszések, keresztmetszet változások révén kialakuló feszültségcsúcsok miatt (*alak- és gátlástényező*), másrészt a próbapálcák és a valóságos alkatrészek geometriai, és felületminőség eltérése miatt (*méret-, felületminőség tényező*). A módosító tényezők segítségével meghatározható az anyagjellemző (K), melyet elosztva a biztonsági tényezővel (n) adódik a megengedett anyagjellemző ().



27. ábra. A szilárdsági számítások általános folyamatábrája, szilárdsági kimenet

A terhelés oldalon meghatározott egyenértékű feszültséggel (σ_{red}) és az anyagoldalon meghatározott megengedett feszültséggel (σ_{adm}) felírható egy egyenlőtlenség, melyből a számítás céljának megfelelő vizsgálat végezhető el, ill. jellemző számítható ki. Így, pl. a

- megengedhető külső terhelés (*erő, nyomaték*),
- a veszélyesnek tekinthető keresztmetszet jellemző mérete (*átmérő, keresztmetszet, keresztmetszeti tényező*),
- a szerkezeti anyag szilárdsági jellemzője,
- a szerkezetben megvalósuló biztonság mértéke.

5. GYÁRTÁSHELYES TERVEZÉS

A műszaki rendszereket elsősorban funkcióhelyesen kell kialakítani. A műszaki alkotást a gyártáshelyesség nézőpontja szerint is tervezni kell, de nem megsértve a funkcióhelyesség elvét. A gyártáshelyes tervezés során arra kell törekedni, hogy a fejlesztés során a kialakítás és az anyag úgy kerüljön rögzítésre, hogy a gyártás lehetőleg kedvező költséggel, az elvárt minőségben és általában problémamentesen valósuljon meg. Az építőelemek (*alkatrészek*) gyártása során nem kell extra gyártási képességeket (*lehetőségeket*) feltételezni, csak az elvártat, mert az extra képességek csak többlet ráfordítással valósíthatók meg.

A tervezésnek a kialakítás fázisában nagy hatása van a későbbi gyártási időre, a minőségre és a költségre. A gyártás fogalmkörébe tartozik az építőelemet (*alkatrészt*) előállító bármilyen technológia alkalmazása (*pl. forgácsolás, hideg-, melegalakítás, hőkezelés stb.*), a műveletközi szállítás, a szerelés, a minőségellenőrzés, az előkészítés stb.

Az itt felsorolt területek szakembereinek már a tervezés kezdetétől, így az első lépésektől együtt kell működniük. Ez az együttműködés érinti

- a gyártás előkészítését,
- a gyártás technológiai megvalósítását,
- a minőségbiztosítást stb.

Ez nem csak a sorozat, hanem az egyedi gyártás területén is érvényesíthető. A tervező kezében ezért mindig több lehetőség van arra, hogy a gyártás egyszerűsítését és korszerűsítését befolyásolhassa.

A gyártáshelyes kialakítási folyamatnak az alábbi főbb területei különböztethetők meg:

- gyártás szempontjából helyes szerkezeti felépítés,
- gyártás szempontjából helyes építőelem kialakítás,
- gyártás szempontjából helyes szerkezeti anyag megválasztás,
- gyártás szempontjából helyes gyártási dokumentáció.

5.1. GYÁRTÁS SZEMPONTJÁBÓL HELYES SZERKEZETI FELÉPÍTÉS

Ebben az esetben nem a funkcióstruktúrával meghatározott szerkezet felépítés a döntő, hanem a gyártási csoportok, ill. építőelemek által meghatározott felépítés. A szerkezet felépítésével a tervező dönt az alkalmazott szerkezeti elemeknek a gyártási, beszerzési módjáról (*sajátgyártás, vagy más gyártó, kereskedelmi áru*), meghatározza a gyártás folyamatát, előírja az építőelemek méreteinek, sorozatának a nagyságrendjét, hatást gyakorol a minőségre.

A szerkezet kialakítása a gyártás szempontjából lehet

- differenciált,
- integrált,
- vegyes és/vagy
- modulépítésű.

A szerkezet differenciált, ha egy szerkezeti elem a gyártástechnológia szempontjából több alkatrésze, építőelemre történő felosztás elvén épül fel és kerül legyártásra (*pl. öntött helyett kötésekkel egyesített komplexebb alkatrész*). A szerkezet integrált, ha több építőelemet gyártástechnológiai okok miatt egy elemmé egyesítenek (*hegesztett szerkezet helyett öntött*). A szerkezet vegyes építésű, ha több, különböző módon előállított elemet összekapcsolnak pl. nem oldható kötésekkel, és egy-darabként kezelve munkálják meg a továbbiakban, vagy több különböző kötési módot alkalmaznak a munkadarabok összekapcsolására, esetleg több különböző szerkezeti anyag tulajdonságait használják ki optimálisan (*pl. ragasztott kötések*). A modulépítésű szerkezetnél, olyan építőelemekről van szó, amelyek más gyártmánynál is felhasználhatók, azaz gyártási építőelemeknek is tekinthetők.

5.2. AZ ÉPÍTŐELEMOK GYÁRTÁSHELYES KIALAKÍTÁSA

A konstruktőr az építőelem kialakításával nagymértékben befolyásolhatja a gyártási költséget, a gyártási időt, a minőséget. Különösen a forma, a méretek, a felületminőség, a tűrések és az illesztések, megválasztásával irányíthatja

- a szóba jöhető gyártási eljárást,
- az alkalmazható gyártóeszközöket,
- a saját vagy más vállalat általi gyártást,
- a szerkezeti anyagok és félkész termékek választékát azok alkalmazhatóságát,
- a minőségellenőrzés lehetőségeit.

Rendező elv lehet a gyártástechnológia és annak néhány sajátossága. Technológiai oldalról egy építőelem formaadása történhet alakítás nélküli eljárással (*öntés, szinterezés, extrudálás*), képlékeny hideg- és meleg alakítással (*kovácsolás, húzás, sajtolás*) és forgácsolással (*esztergálás, marás, köszörülés, fúrás stb.*) Egy-egy gyártási eljáráshoz mindig rendelhetők célok és irányelvek. [14], [17], [79], [99]

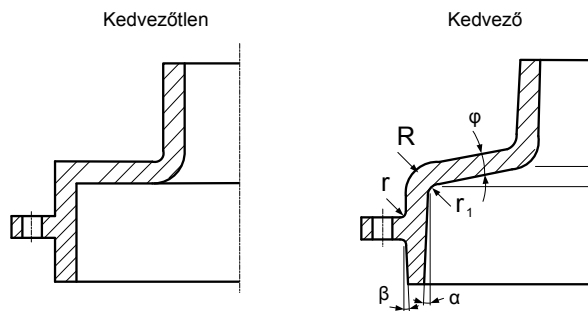
5.2.1. Öntéshelyes kialakítás

Az öntési eljárással előállított alkatrész a rész-folyamatok megvalósításán keresztül nyerheti el tervezett formáját. E részfolyamatokban számos szemponttal találkozhat a folyamatot megvalósító szakember [72]. E nehézségekre a tervezés fázisában nagy hangsúlyt kell helyezni, pl.:

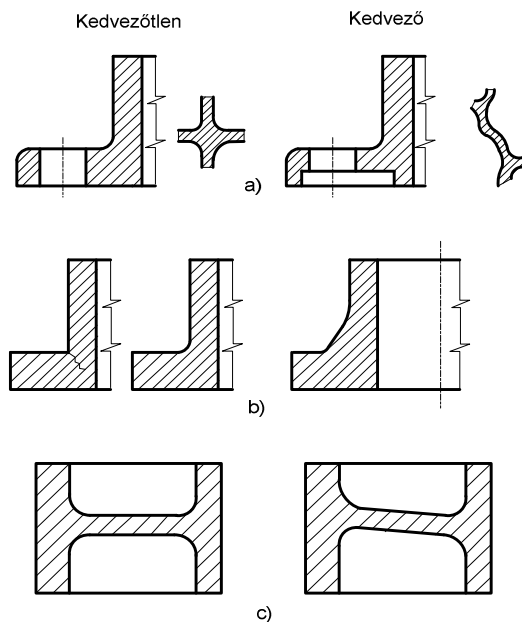
- a mintát, vagy az építőelemet a formából ki kell tudni venni,
- az öntésnél a formakitöltés az éleknél nehézségbe ütközhet, lehülésnél a zsugorodás gondot jelenthet,
- lehülésnél az egyes keresztmetszetek zsugorodási feszültsége, ill. annak csökkenése nem lesz azonos a falvastagság, az alak változása miatt.

Az irányelvek, melyeket az öntéses gyártási eljárásoknál figyelembe kell venni az egyes részfolyamatokhoz köthetők. Az elvek a gyártási célokat szolgálják, melyek alapvetően a következőkre irányulhatnak:

- az öntés folyamatára,
- a modell kivételére a homokformából és a munkadarab kivételére az öntőformából,
- egyszerű öntő- és modellformára, minőségbiztosításra,
- költségcsökkentésre,
- a lehülési- és zsugorodási folyamatra,
- a következő gyártási folyamat figyelembevételére.



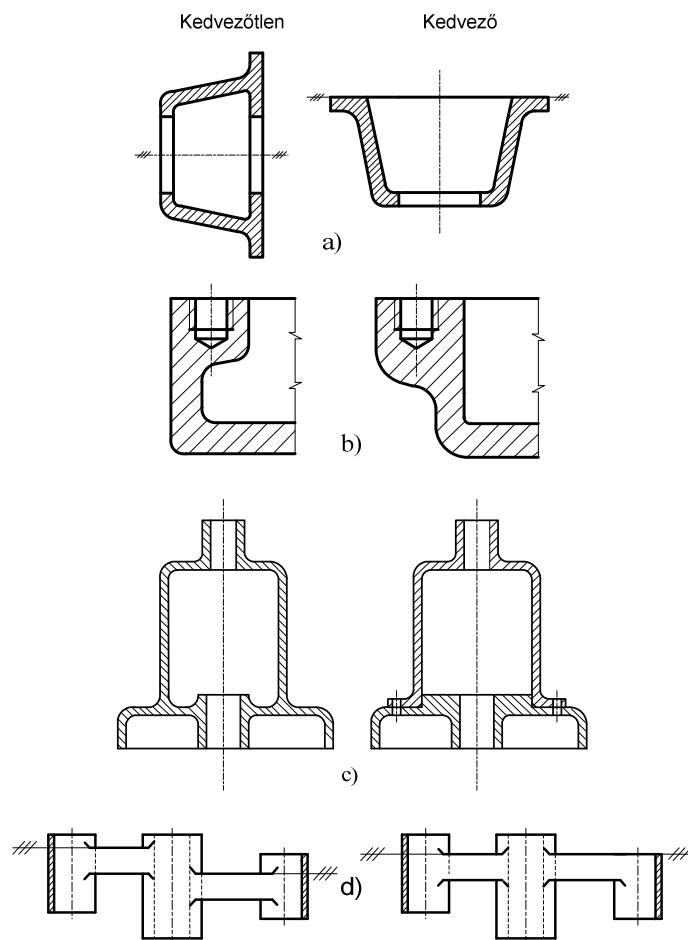
28. ábra. A lunker, a lekerekítés, a ferdeség hatása



29. ábra. A falvastagság hatása

Ha egyik fontos célként a lunker képződés csökkentése szerepel, akkor a kialakításnál irányelv lehet, hogy kerülni kell a nagy vízszintes felületeket, helyette valamilyen ferdeségű felületet kell választani. Célként az öntési folyamat megkönnyítését megjelölve, kerülni kell a teknél az éles élek kialakítását, előnyben kell részesíteni az öntési lekerekítéseket. A modell, vagy munkadarab kivehetősége is cél lehet, ekkor gondoskodni kell az öntési ferdeségről (28. ábra).

A zsugorodási feszültség csökkenése elérhető, ha azonos méretűek a falvastagságok. Ha a falvastagság változik, akkor azt fokozatosan kell kialakítani. A repedésre hajlamos részek erősítettek, geometriailag kedvező kialakításúak legyenek (29. ábra). A felületek átmeneteinél a technológiai sajátosságoknak megfelelő lekerekítési sugarakat kell alkalmazni.



30. ábra. Az oldalnyitások, magok, osztósíkok problémája

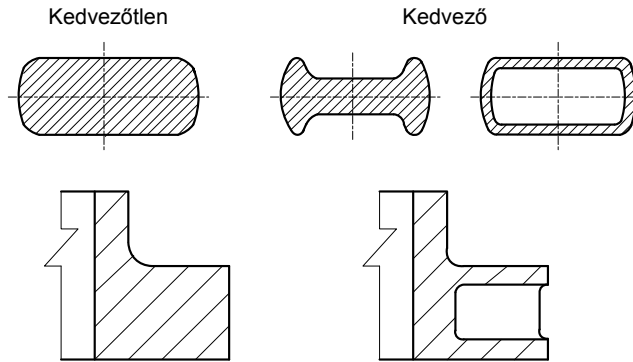
A magok és/vagy oldalkivágások mérséklése, vagy csökkentése elérhető a magok számának csökkentésével, vagy teljes megszüntetésével, az oldalirányú nyitásokat adó magok számának csökkentésével, vagy elhelyezésének ésszerű megválasztásával (30. ábra, a-b) ábrarészlet).

A komplikált kialakítás-variációk elkerülhetők az egyszerű, kevés felületből álló testekkel, a két-, vagy több elemre bontással (30. ábra, c) ábrarészlet).

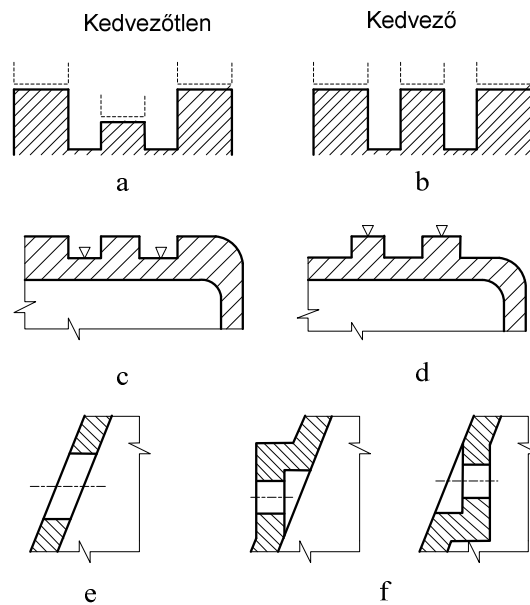
Az öntött méretek pontossága biztosítható, ha a magok megtámasztása több ponton történik, az osztósíkok nem tagoltak és nem nagy kiterjedésűek (30. ábra, d) ábrarészlet).

Az anyagtömeg és a szerszámok-, mérőeszközök sokféleségének a csökkentése biztosítható a falvastagság lehető legkisebbre választásával, az öntési tömeg csökkentése a könnyű építési móddal (*profilok, dupla falak, szekrényes szerkezet*), a lekerekítési sugarak és ferdeségi szögek csökkentésével érhető el (31. ábra).

Az öntést követő munkafolyamatok egyszerűsítése a vezető felületeknek egy síkban történő elhelyezésével, a nagyméretű belső terek elegendően nagy nyílásokkal történő ellátásával (*a mag könnyebben kivehető*), a működő felületek kiemelésével, a fúrásra-, marásra-, köszörülésre-, szerelésre szánt felületek célszerű elhelyezésével (*bevezető felületek*), a kapcsolódó- és pozicionáló felületek elhelyezésével biztosítható (32. ábra).



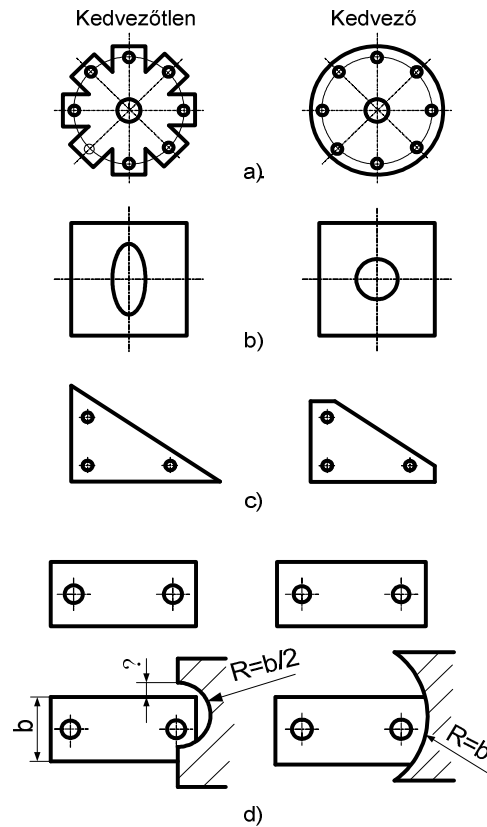
31. ábra. A súly csökkentésének lehetősége



32. ábra. Az utólagos megmunkálási lehetőségek biztosítása

5.2.2. Kivágás- és hajlítás helyes kialakítás

Lemezalkatrészeket kivágó- és hajlító szerszámok segítségével alakítanak. A kivágás és a hajlítás a termék előállítás majdnem minden területén fellelhető, de leginkább a finommechanikában, a villamos készülékek gyártásában alkalmazzák. Fellelhető mindazon helyeken, ahol a terhelés nem jelentős, a gyártás nagy volumenű és fontos a gazdaságosság (*csak példaként: öltözőszekrények, mozgatható szervíz modulok, elektronikus elemeket tartó és összekötő panelek, stb.*).



33. ábra. A kivágás és a sajtolás megfontolásai

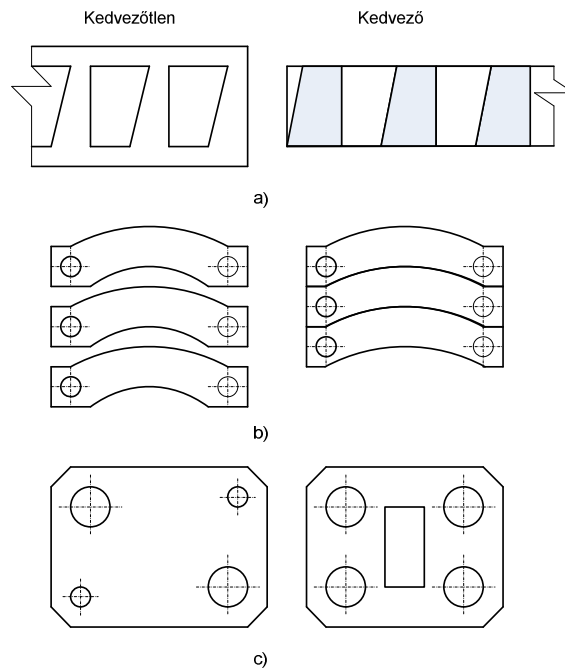
A kialakításnál számos szempontot kell figyelembe venni, melyek irányulhatnak

- a vágási geometriára,
- a költségcsökkentésre,
- a következő megmunkálási lépésekre.

Amennyiben a kivágáshelyes geometria kialakítása a cél, akkor irányelv lehet az egyszerű vágási geometria, a vágási élnek a minimális hossza (33. ábra a-b) ábrarészlet). Kerülni kell az élek találkozásában a hegyesszögeket (33. ábra c) ábrarészlet) (*inkább derék- vagy tompaszög legyen*), henger formájú részfelületeknél csökkenteni kell az érintős átmeneteket (33. ábra d) ábrarészlet), kinyitásoknál a szabad véget vékonyabbá kell tenni. A hosszú, vékony kivágásokat instabilitásuk miatt kerülni kell, két közeli kivágás között a repedés (*behúzás*) veszélyét csökkenteni kell.

Költségcsökkentési cél esetén a veszteség csökkentésére a vágási terv egy eszköz lehet, a szerszám gyártási- és karbantartási költsége csökkenthető (34. ábra). A kereskedelmi lemezszalagok, lemeztáblák szabásterv szerinti kihasználására (34. ábra a) ábrarészlet) kell törekedni, lehetőleg azonos geometriai alakot és méretet indokolt választani, cél lehet

- az egységesítés (34. ábra b) ábrarészlet),
- a hengeres részfelületek kiváltása síkfelületekkel (*a gépi megmunkálás lehetősége*),
- anyagtakarékosság: a nagyobb, nem funkcionális területeket ki kell vágni, könnyíteni (34. ábra c) ábrarészlet) [4].



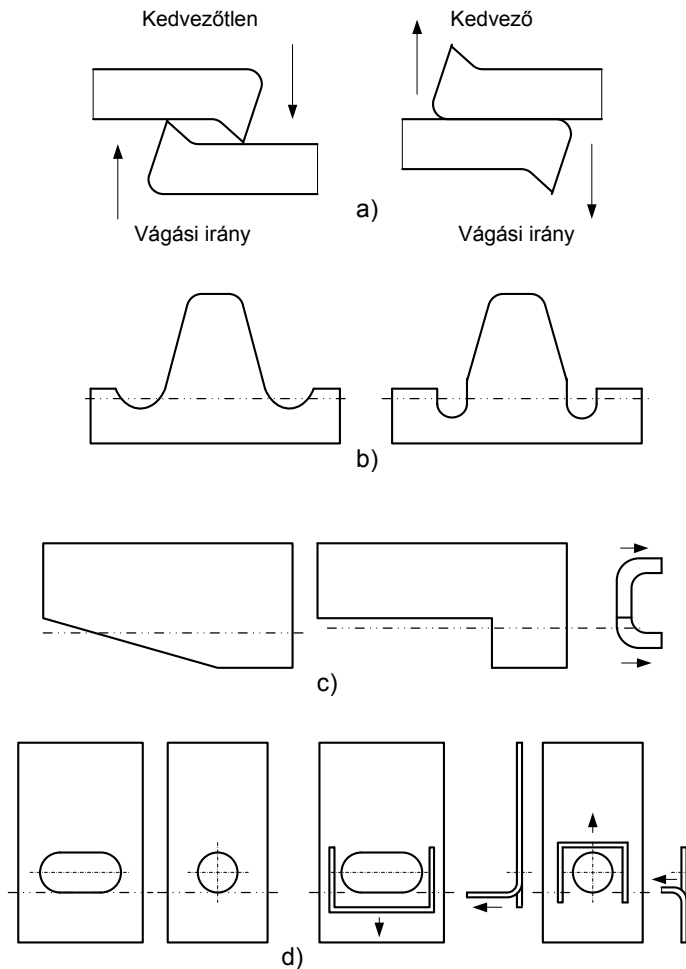
34. ábra. A költségcsökkentés lehetősége

Ha a következő megmunkálási lépések figyelembevétele a cél (35. ábra), akkor a vágási felület helyzetére (35. ábra a) részlet) ügyelni kell az illesztésnél (*sorja hatásának elkerülése*). A hajlítási élre lehetőség szerint merőleges vágási élek helyezkedjenek el (35. ábra b, c) részlet). A hajlítási él közelében ne legyen kivágási éllel kialakított alakzat (35. ábra d) részlet), mert a méretek torzulása miatt megváltozik a kivágás alakzata.

A kivágás és hajlítás kialakításának általánosan megfogalmazható elvei:

- Alkatrész tervezésekor törekedni kell az egyszerű alkatrészekre, ha ez nem valósítható meg, akkor több elemből forrasztással, ragasztással, hegesztéssel vagy szegeccseléssel kell azokat egyesíteni.
- Kivágáskor az éles sarkú átmenetek előnyösebbek, mert a kivágó szerszám egyszerűbb, köszörüléssel könnyebben elkészíthető.
- Törekedni kell a hulladék csökkentésére.
- A kialakítás ne legyen érzékeny a pozicionálásra többlépcsős vágás esetén.
- A hajlítás során betartandó minimális méreteket be kell tartani (*sávszélesség, rádiusz, hajlítási hossz*).

A hajlítás környezetében a nyúlások miatt minden méret és alakzat torzul.

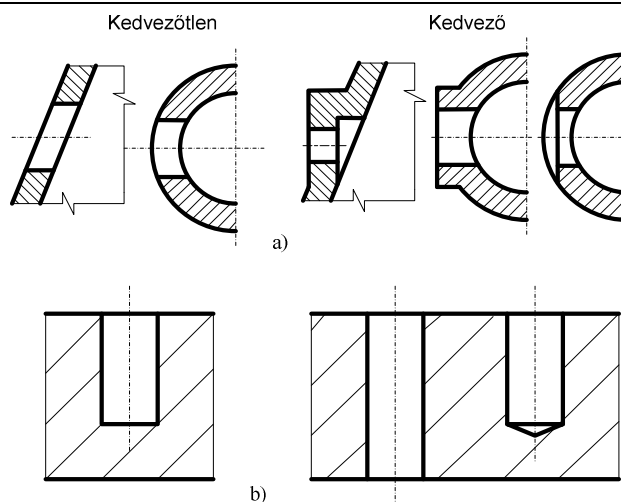


35. ábra. A kivágás hatásának elkerülése

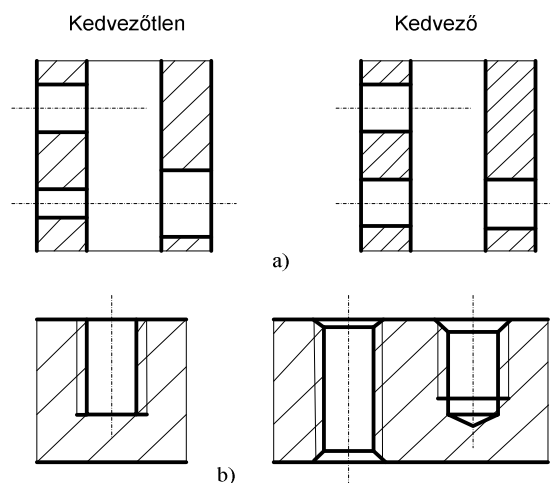
5.2.3. Fúrás helyes kialakítás

Építőelemekben fúrt furatok átmenő-, zsák-, sima- és menetes furatok lehetnek. Kialakításukra vonatkozóan néhány irányelv betartása indokolt lehet, ha általában a gyárthatóság, a költség-, és a szerszám karbantartási kérdései merülnek fel. Ezek az irányelvek lehetnek pl. a következők:

- a furatok be- és kimenő felületei a furat tengelyére merőlegesen helyezkedjenek el (36. ábra a) ábrarészlet),
- a zsákfurat vége csúcsban végződjön (36. ábra b) ábrarészlet),
- az azonos tengelybe eső furatok lehetőleg azonos méretűek legyenek (37. ábra a) ábrarészlet),
- menetes furatoknál, ha zsákfuratról van szó, a mentefúró bevezető szakaszának legyen helye, de előnyösebb megoldás az átmenő menetes furat (37. ábra b) ábrarészlet).



36. ábra. Furatok belépő- és kilépő felületeti



37. ábra. Egytengelyű furatok, menetes furatok kialakítása

5.2.4. Hegesztés-helyes kialakítás

A gyakorlatban gyakran előfordul, hogy a műszaki rendszerek építéséhez olyan bonyolult elemeket kell kialakítani, amelyeket egy elemként megépíteni nem gazdaságos. A bonyolult kialakítású alkatrészek egyszerű elemekből is felépíthetők. Ezek az egyszerű elemek általában önálló funkcióval nem rendelkeznek. Abban az esetben, ha összekapcsoljuk őket, akkor valamilyen elven működő kötést (*kapcsolatot*) kell kialakítani közöttük. Az anyagzárás elvét alkalmazva a kötések megvalósítása hegesztéssel, forrasztással, ragasztással is történhet. Az így kialakított alkatrész egy elemként funkcionál. Elvégezhető rajta mindazok a befejező munkák, melyek indokoltá válnak, mint ahogy egy öntött alkatrésznél is. A továbbiakban csak a hegesztett kötések kialakításával foglalkozunk részletesebben.

A kötések a különböző hegesztési eljárásokkal valósíthatók meg, pl. elektromos (*ív, ellenállás*), gáz, lézer stb. Az egyes eljárások néhány közös kialakítási elv figyelembevételével mellett eljárás-specifikus elveket is igényelnek [33], [64].

A kialakítást akkor nevezik hegesztés-helyesnek, ha a kötés úgy van kialakítva, hogy

- a kötés valamilyen hegesztési eljárással (*berendezéssel*) problémamentesen megvalósítható,

- teljesíteni tudja a minőségi előírásokat,
- a terhelést biztonsággal képes átvinni,
- a hegesztett elemek minősége a hőbevitel ellenére sem romlik,
- a hegesztett kötés illesztése lehetőség szerint a méretre érzéketlen,
- az illesztés (*fuga, horony*) problémamentesen kialakítható,
- a hegesztőfej vezetése problémamentesen biztosítható,
- a költségek (*megvalósítás, vizsgálat*) minimálisak.

Irányelvként az alábbiakat célszerű a kialakításkor betartani.

Kedvezőtlen

Kedvező



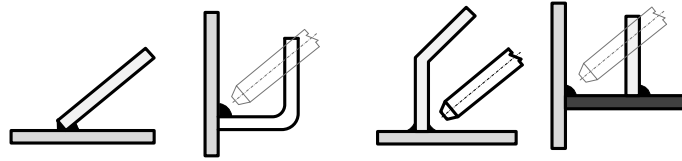
38. ábra. Az élek illesztése

Közvetítő anyaggal történő hegesztésnél:

- az illesztést úgy kell kialakítani, hogy a méret- és forma eltérés miatt a hézag állandó maradjon,
- a hegesztendő lemeztöredékek a kötés helyén kövessék egymást (38. ábra),
- a hegesztőfej a kötési helyhez hozzáférjen, még elem megosztás árán is (39. ábra),
- a hegesztő-fej problémamentesen vezethető legyen (40. ábra)
- az anyag kiegészését a lemeztöredékeken el kell kerülni (41. ábra),
- a gondoskodni kell a varratfürdő biztonságos kialakításáról (42. ábra),
- biztosítani kell a fejlődő gázok eltávolítását (43. ábra). Nem szabad zárt teret kialakítani.
- a varrat a kisebb igénybevételi helyre kerüljön (44. ábra). Hajlítói igénybevétel esetén a semleges szálban a varrat terheletlen.
- a kötésben résztvevő elemek helyzetének biztosítása (45. ábra),
- a hegesztési varrat húzó igénybevételt kell, hogy kapjon (46. ábra),
- törekedni kell a rövid és a folytonosan futó erőfolyamra (47. ábra, 48. ábra),
- a bevitt hő hatására kialakuló deformáció csökkentése rövid varratokkal és szimmetrikus hő bevitellel (49. ábra),
- a varrat-közeli helyeken hődeformációt kompenzáló elem kialakítására való törekvés (50. ábra, 51. ábra).

Kedvezőtlen

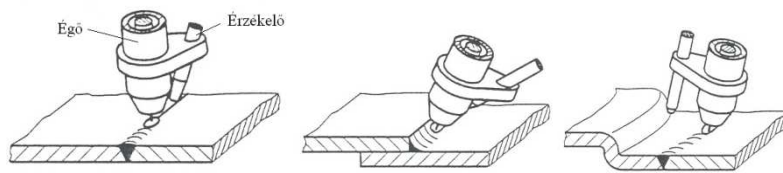
Kedvező



39. ábra. A hozzáférés lehetősége

Kedvezőtlen

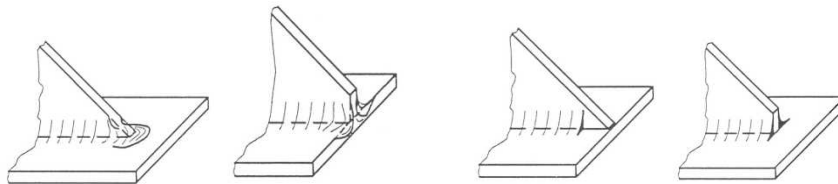
Kedvező



40. ábra. A hegesztő-fej vezetése

Kedvezőtlen

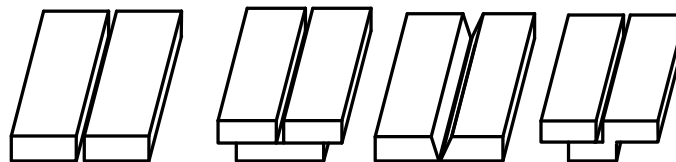
Kedvező



41. ábra. A lemezvég kiégés elkerülése

Kedvezőtlen

Kedvező



42. ábra. A varratfürdő kialakulása

Kedvezőtlen

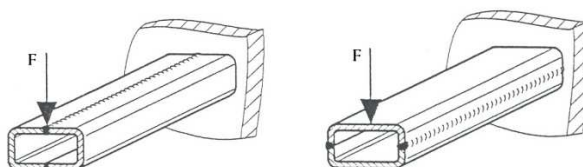
Kedvező



43. ábra. Keletkező gázok elvezetése

Kedvezőtlen

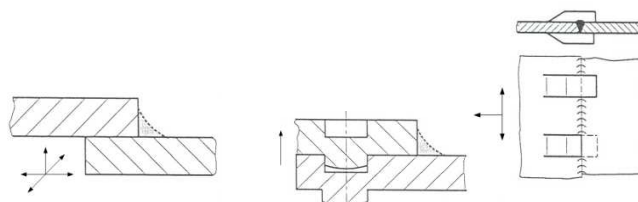
Kedvező



44. ábra. A varrat igénybevétele

Kedvezőtlen

Kedvező



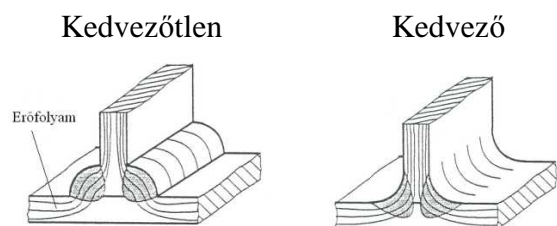
45. ábra. Az összekötendő elemek helyzetének biztosítása

Kedvezőtlen

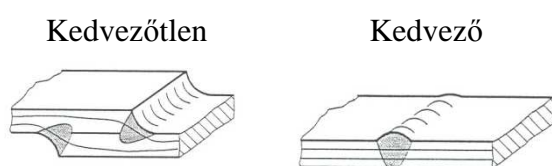
Kedvező



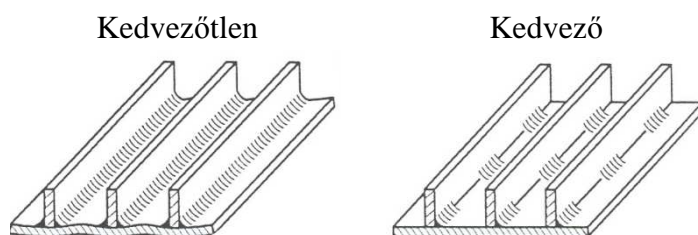
46. ábra. Az igénybevétel szempontja



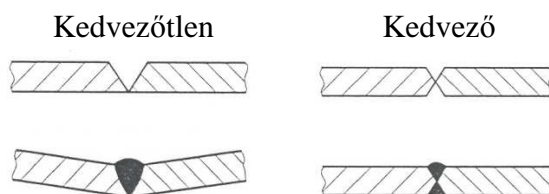
47. ábra. Az egyenletes terhelés átadás biztosítása



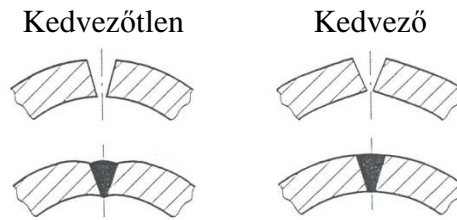
48. ábra. Az erőfolyam törésmentességének biztosítása



49. ábra. A varrat hossza kialakítása



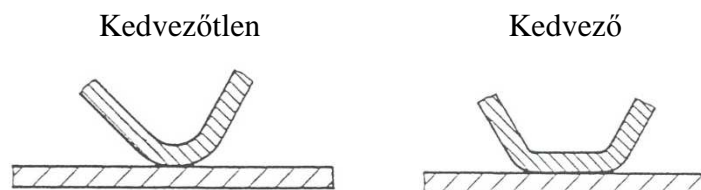
50. ábra. A varrat kialakítása



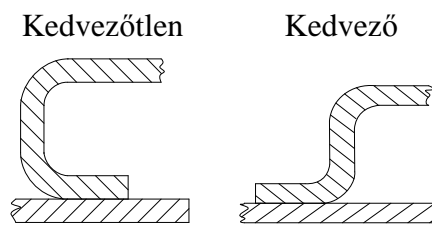
51. ábra. A hegesztéshez közeli hely kialakítása

Ellenállás hegesztésnél:

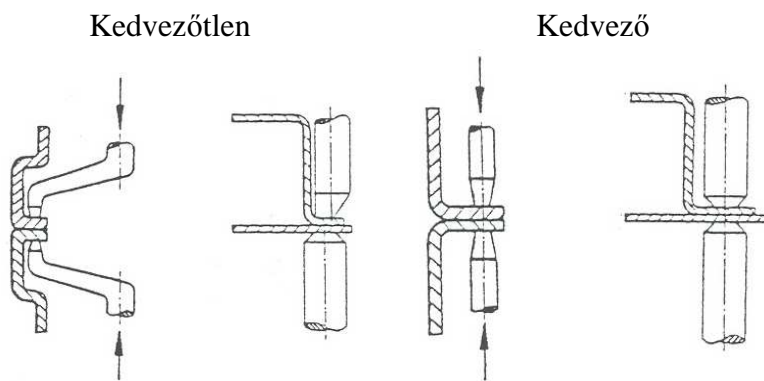
- ellenállás-hegesztésnél az elektródok síkfelületeken kell, hogy felfeküdjenek(52. ábra), ezzel csökkenthető az átmeneti ellenállás,
- a varrat helyéhez mindkét oldalról hozzá kell tudni férni (53. ábra), mivel az elektródák egymással szemben helyezkednek el,
- ne igényeljen speciális fejkialakítást (54. ábra), különösen hosszú karokat az összeszorító erő biztosítása miatt (*a deformáció zavarja a pontos felfekvést*),
- a kialakítás a terhelőerőből származó igénybevételt ne növelje (55. ábra),
- csavaró igénybevétel ne alakulhasson ki (56. ábra). A két hegpont ezt a hatást csökkenti,
- az áramvezetés a legrövidebb út elvén valósuljon meg (57. ábra). Az átmeneti ellenállás kisebb kell, hogy legyen, mint a fémes ellenállás,
- a varratpont nagysága arányos legyen a lemezvastagsággal (58. ábra),
- a varrat a lemezszélektől biztonságos távolságra legyen (59. ábra) (*az áram útja megváltozhat*),
- a lemez átlapolás igazodjon a varrat méretéhez és helyzetéhez (60. ábra),
- a lemezvastagságban ne legyen nagy eltérés (61. ábra),
- a kötések ne tartalmazzanak fedésben kettőnél több varratpontot (62. ábra),
- rövid elektródák és elektródatartók legyenek alkalmazhatóak (63. ábra)



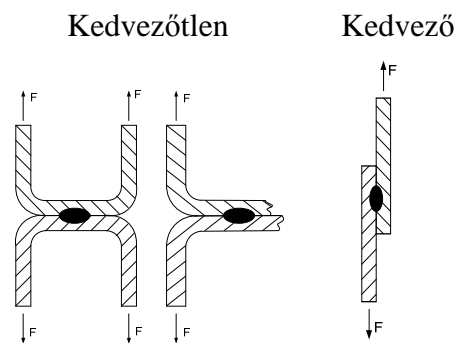
52. ábra. Az elektródák felfekvő felületei



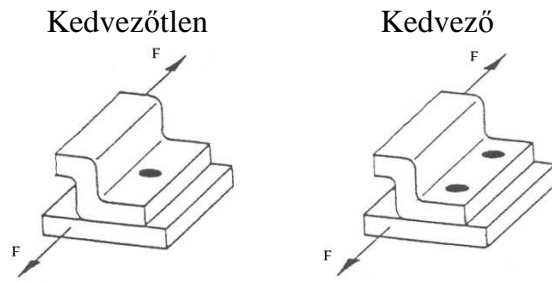
53. ábra. Az elektródák hozzáférési lehetősége



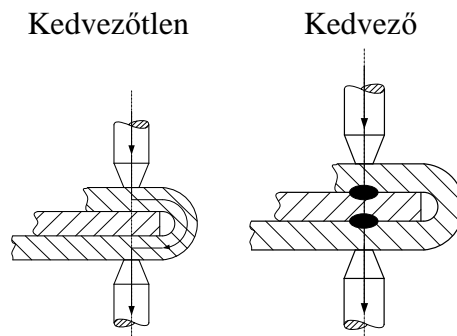
54. ábra. Az elektródák kialakítása



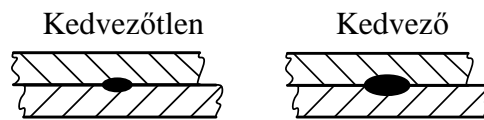
55. ábra. A kialakítás utólagos igénybevételi hatása



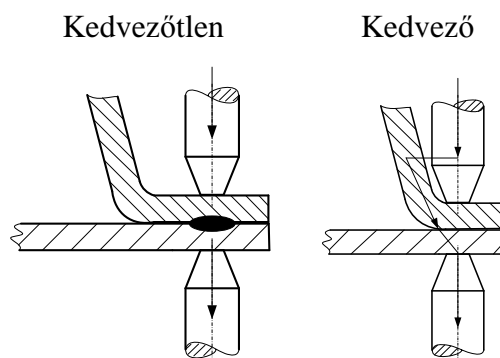
56. ábra. A kialakult igénybevétel



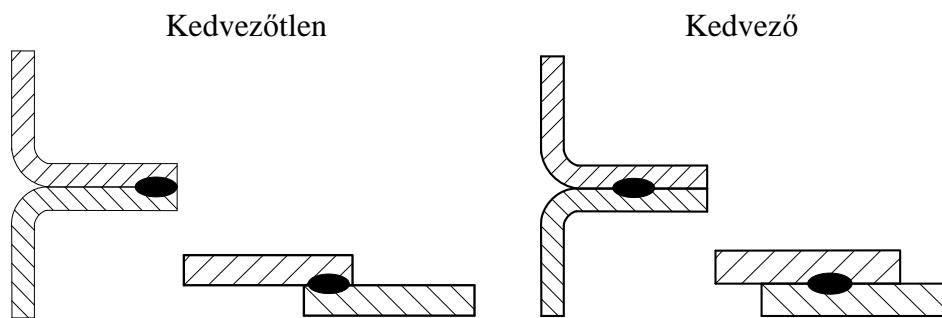
57. ábra. Az áramvezetés a legrövidebb út elvén



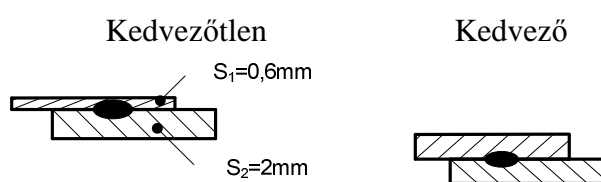
58. ábra. A varratpont mérete



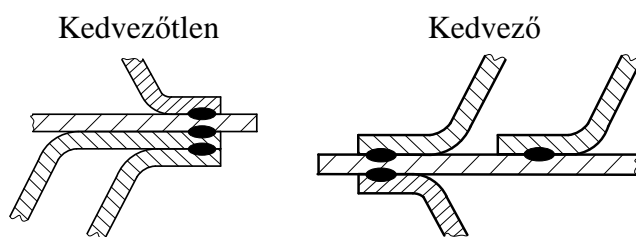
59. ábra. A varratpont biztonságos távolsága a lemezszélektől



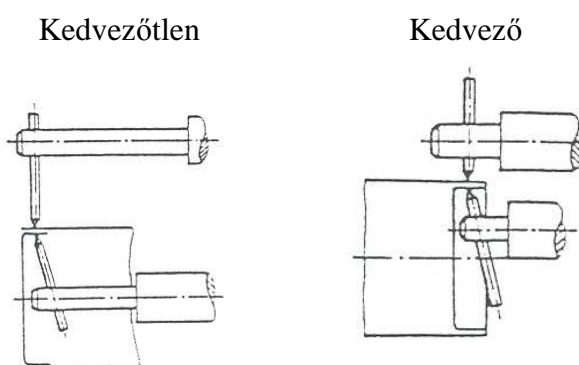
60. ábra. A hegpont helyzete és az átlapolás mértéke



61. ábra. A lemezvastagságok eltérése

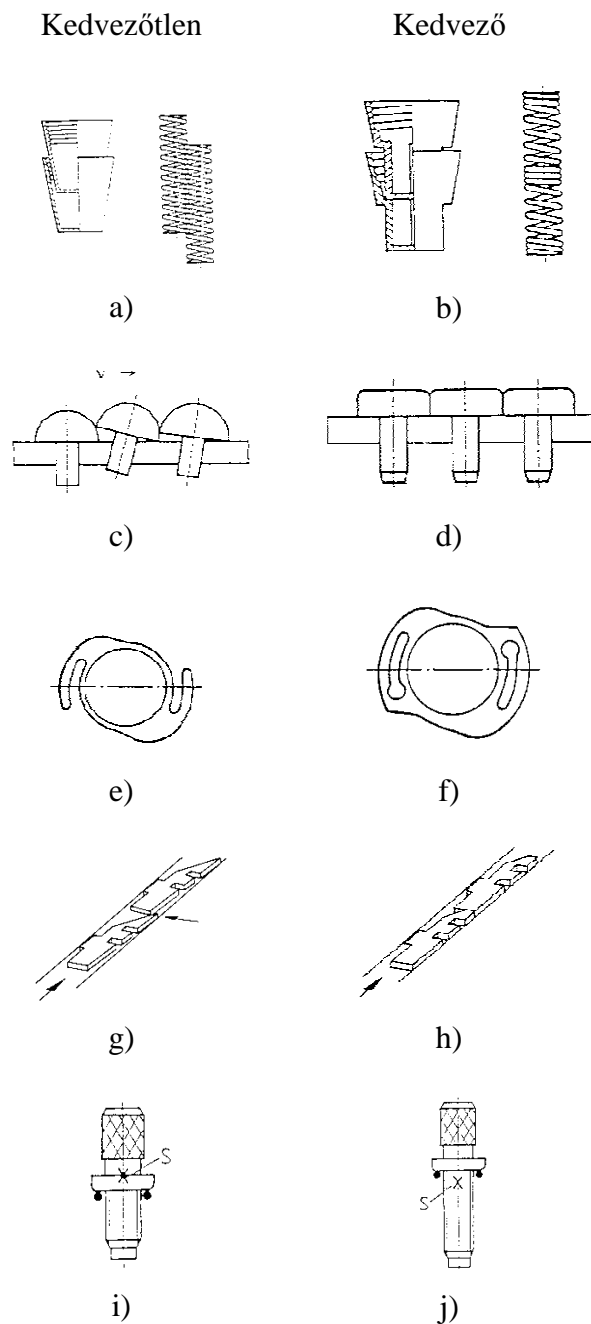


62. ábra. Az egymásra helyezett hegpontok száma



63. ábra. Az elektródák hossza

5.2.5. Szerelés helyes kialakítás



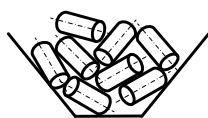
64. ábra. A hozzávetés biztonsága

A műszaki termék kialakítása sok tényező, feltétel, kötöttség teljesítése árán valósítható meg. Egységes egészzé az egyszerű- és bonyolult elemek összeszerelése után áll. A szerelhetőség, tovább menve az egyszerű-, vagy gyors szerelhetőség fontos kérdéssé válik. A szerelés alapvetően

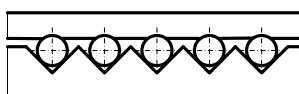
- manuálisan (*kézi munkával, emberi közreműködéssel*),
- részben, vagy egészében automatizálva valósítható meg.

Kedvezőtlen

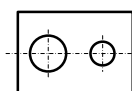
Kedvező



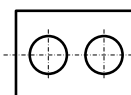
a)



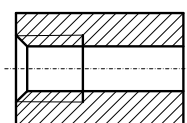
b)



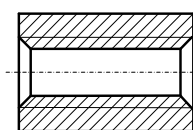
c)



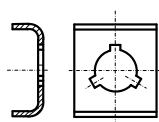
d)



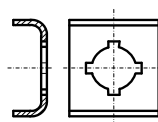
e)



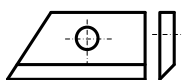
f)



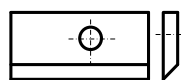
g)



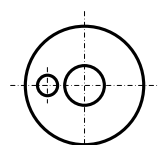
h)



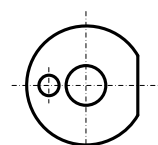
i)



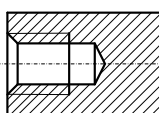
j)



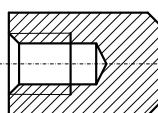
k)



l)



m)



n)

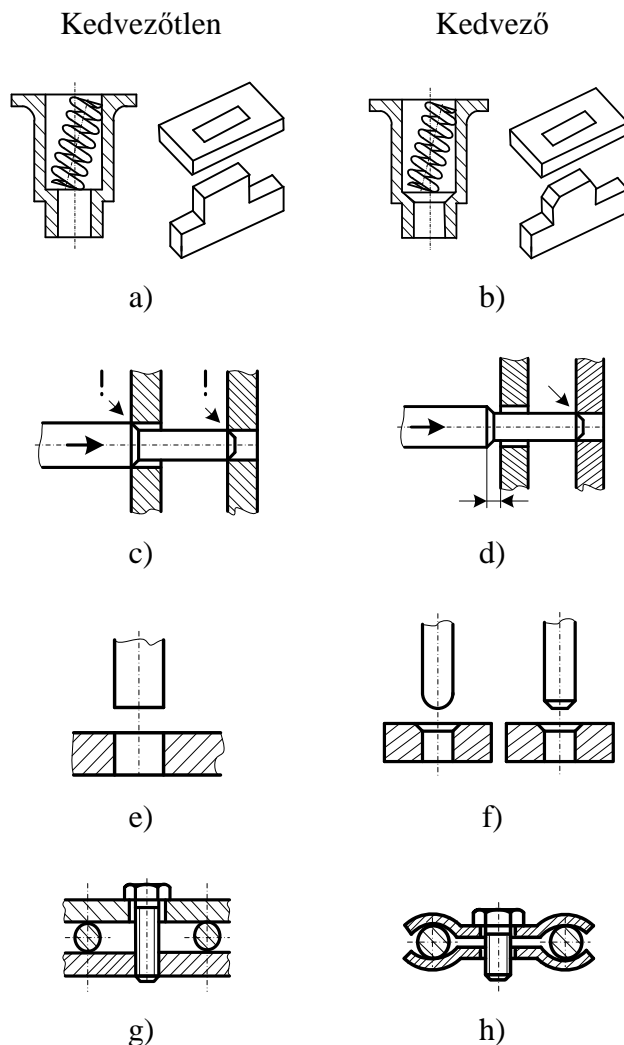
65. ábra. A felismerés segítése

Azokat a szempontokat, amelyek a szerelés műveletét a kialakítás révén könnyebbé, egyértelművé, gazdaságosabbá és biztonságosabbá teszik szerelési feltételeknek, e feltételeket ki-elégítő kialakítást pedig szerelészelyes kialakításnak nevezik.

A helyesség megítéléséhez fontos a folyamatlemléket ismerni. A szerelés folyamata a következő tevékenységekből áll:

- a szerelendő elemek szereléshez történő rendezése és pozícionálása,
- az elemek megfogása egy adott helyen,
- az egyik elemnek a másik elemhez viszonyított elmozdítása (*szállítása*),
- a két elem egymáshoz képesti pozícionálása,
- az elemek összeillesztése,
- az összeillesztett elemek térben- és egymáshoz viszonyított rögzítése.

A helyes kialakításnak figyelnie kell az egyes szerelési lépéseket, az ott biztosítandó feltételeket.



66. ábra. A pozícionálás elősegítése

Az egyszerű hozzávezetés elve: kerülni kell az alkatrészek geometriai méreteinek olyan meghatározását és kialakítását, melynél azok összeakadhatnak, becsípődhetnek (64. ábra a-h) ábrarészletek), az elemek szerelési előkészítéséhez (*szabad, ill. kényszermozgásnál*) az alkatrészek súlypontjának fontos szerepe van, ezért annak helyes meghatározása a stabilitást biztosítja (64. ábra i-j) ábrarészletek).

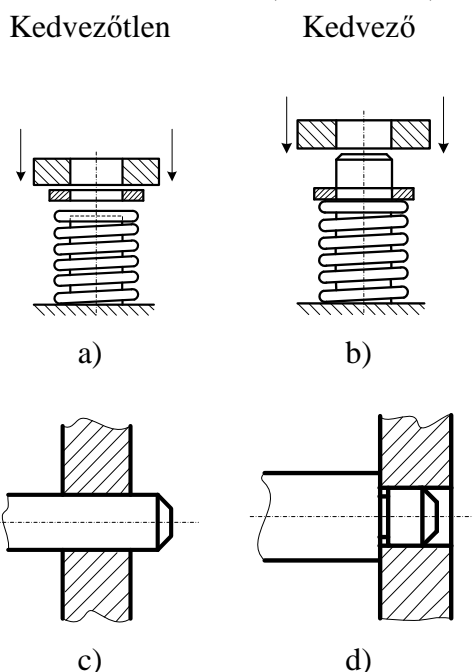
Az egyszerű helyzet felismerés: szereléskor az alkatrészeket az építendő szerkezetbe kell építeni úgy, hogy más alkatrészekkel is kell kapcsolódnia. A kapcsolatok mindig valamilyen kötést jelentenek. A szereléshez az alkatrészt meg kell fogni, meghatározott mozdulatsorokkal a helyére kell helyezni. Ebben egyik kritikus elem az alkatrész felismerése és pozíciójának de-

finiálása. Ahhoz, hogy ez könnyen megvalósítható legyen az elemeket funkciójuknak megfelelő helyzetbe kell hozni (65. ábra).

Ez elérhető előzetes rendezéssel, a hely pontos definiálásával (65. ábra a-b) ábrarészlet), a szimmetria kihasználásával (65. ábra c-h) ábrarészlet), ha az asszimetria nem kerülhető el, akkor további asszimetria alkalmazása indokolt, tehát fel kell ismertetni a szükséges pozíciót (65. ábra i-n) ábrarészlet).

Az egyszerű megfogás: biztosítani kell, úgy a manuális, mint az automatikus megfogásnál a biztonságosan és pontosan megfogható felületeket.

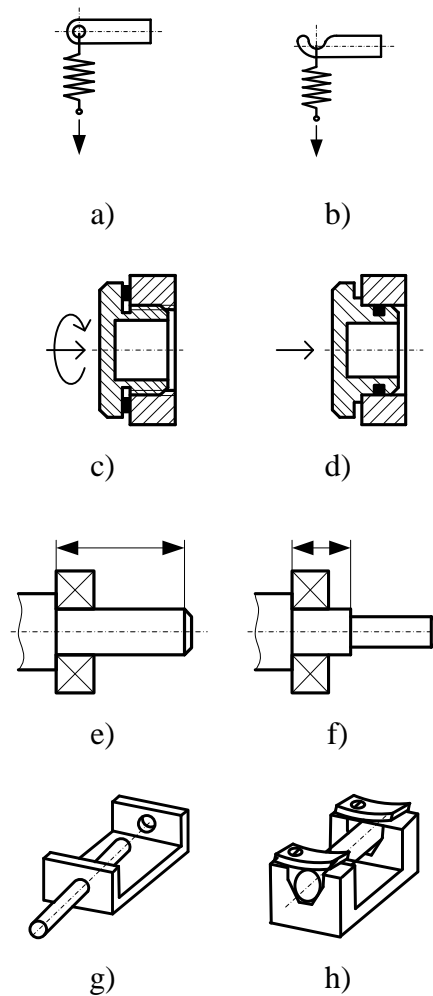
Az egyszerű pozicionálás (66. ábra): törekedni kell az elemek önmeghatározására, az elemek tájolására (66. ábra a-b) ábrarészlet). Kerülni kell az egy időben egyszerre több elem illesztését (66. ábra c-d) ábrarészlet), törekedni kell az illesztendő elemek végének (*a szerelés kezdésének megkönnyítésére*) egyértelmű kialakítására (66. ábra e-h) ábrarészlet).



67. ábra. A szerelési folyamat biztosítása

Szereléskor az egymást követő alkatrészek tájolását egyértelműen biztosítani kell, mely elérhető a bevezető felületek gondos kialakításával (67. ábra, a-b) ábrarészlet). A szerelt alkatrészek véghelyzetét célszerűen megválasztott ütköző-felületekkel kell biztosítani (67. ábra c-d) ábrarészlet).

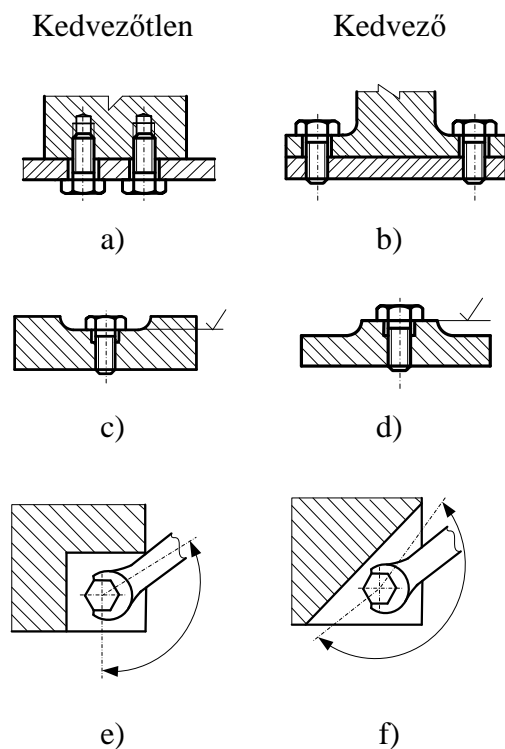
Kedvezőtlen Kedvező



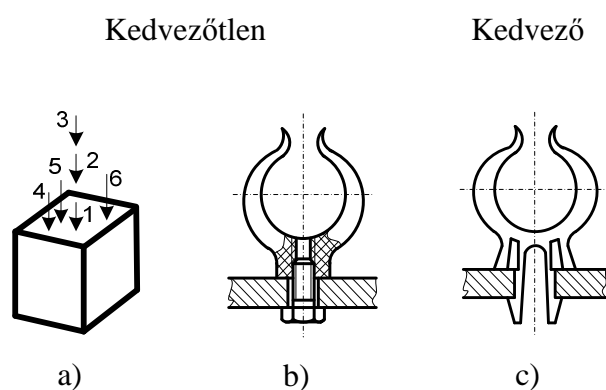
68. ábra. Kevés mozgást, rövid szerelési utat igénylő megoldások

Egyszerű mozgásformák, rövid utak biztosítása (68. ábra): a mozgó elemek kapcsolatának egyszerű, könnyen szerelhető kialakítását kell előnyben részesíteni (68. ábra a-b) ábrarészlet). A szerelési műveletben forgó mozgásokat (*nehezebb felügyelettel figyelni és követni*) lineáris mozgásokkal célszerű kiváltani (68. ábra c-d) ábrarészlet). A hosszú illesztett felületeket tagolással, lépcsőzéssel érdemes elkerülni (68. ábra e-f) ábrarészlet). Tengelyvonalak meghatározása zárt felületek elkerülésével (*prizmás tájolás*) a szerelést segítheti (68. ábra g-h) ábrarészlet). A gyártás és a gazdaságosság elemzés tárgyát képezheti.

Az illesztések jól hozzáférhetővé és láthatóvá tétele (69. ábra): az illesztéseket, az elemek kötését jól láthatóvá kell tenni (*ez sok esetben biztonságtechnikailag is fontos szempont lehet*) (69. ábra a-b) ábrarészlet), a kézi és gépi szerszámoknak megfelelő munkateret kell biztosítani, egyrészt a szerszám biztonságos behelyezéséhez, másrészt a szerelési művelet mozgásműködésének biztosításához (69. ábra c-f) ábrarészlet).



69. ábra. A láthatóság és a szerelhetőségi feltétel biztosítása

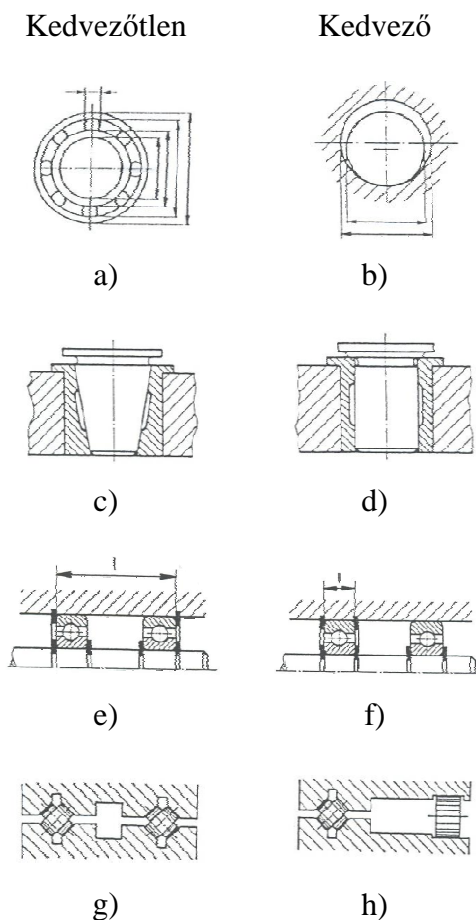


70. ábra. A szerelési irányok csökkentése

Fő- és mellékidők csökkentése (70. ábra): a szerelési irányok (70. ábra a) ábrarészlet) célszerű megválasztásával és kötésteknikai megoldással az előkészületi és a szerelési idők csökkenthetők. Az egyirányú szerelés lehetősége (70. ábra b) ábrarészlet) előnyben részesíti a bepattanó jellegű kötések (*lineáris mozgás*) alkalmazását a menetes kötések (70. ábra c) ábrarészlet) (*forgó mozgás*) helyett. A lineáris mozgás lehet kétirányú is, ezért az egy-oldalról történő szerelés (*panelforgatás nélkül*) nem manuális esetben is könnyen megvalósítható az oldalak függetlensége miatt.

5.2.6. Méret- és tűréshelyes kialakítás

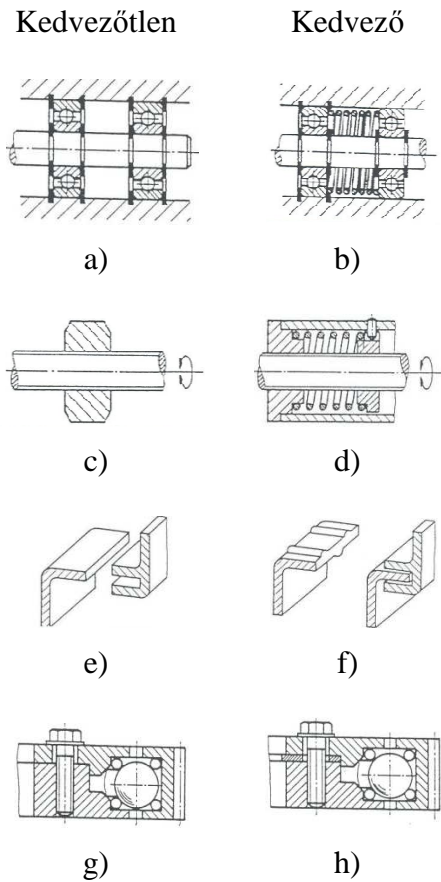
5.2.7.



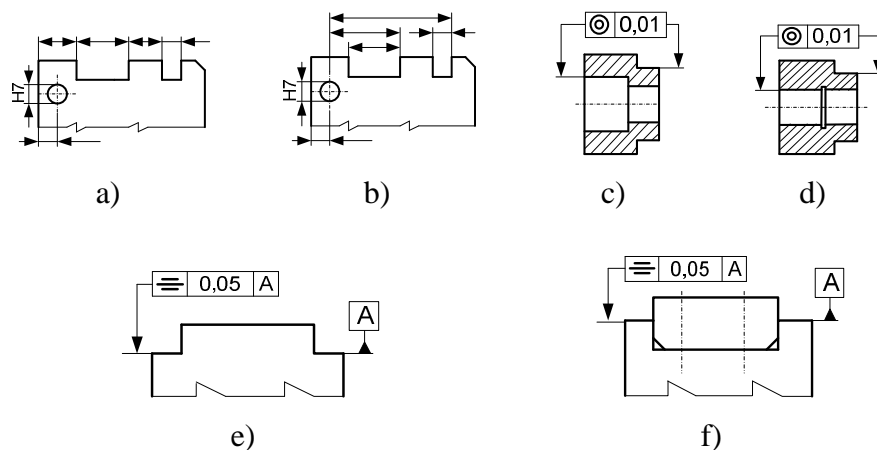
71. ábra. Mérési- és tűrésezési elvek érvényesítése a kialakításban

A tűrés- és mérethelyesség egy különösen fontos részkövetelménye a szerelés- és gyártásheyes kialakításnak. E szempont szerinti kialakítás jelentősen elősegítheti, hogy a termék előállítás nem igényel jelentős, ill. indokolatlan mérés-technikai háttérrel, továbbá üzemeltetése során nem okoz rendellenes működést (*ez adódhat a hőmérséklet változásából eredő méret módosulásból, de adódhat a terhelés hatására kialakuló alakváltozásból is*). A tűréshelyes kialakítás fontos szerepet játszhat a költségeknél, nevezetesen, ha egy tűrésre nincs szükség, szükségtelen a vele kapcsolatos költség is. A mérettűrések biztosítása mindig költséges a gyártás, mérés és szerelés miatt. Ezért az alábbi elveket célszerű követni (71. ábra):

- Az elemeknek, vagy építőcsoportoknak a számát csökkenteni kell, ezáltal csökkenthető a nagy pontosságú funkcióméretek száma (71. ábra a-b) ábrarészlet), pl. gördülőcsapágy helyett siklócsapágy.
- Törekedni kell az egyszerű és költségtakarékos, mérhető felületek kialakítására (71. ábra c-d) ábrarészlet), pl. kerülendő a nehezen mérhető kúpos felület,
- Törekedni kell a határfelületek kis méretére (71. ábra e-f) ábrarészlet),
- Kerülni kell a túlhatározást (71. ábra g-h) ábrarészlet),



72. ábra. A kiegyenlítő elemek hatása



73. ábra. Méretlánc, bázisfelület módosító hatása

A szerkezet számára fontossá válhat, ha a méretláncban játék jön létre, azt korrigálni lehessen (72. ábra). Ezért fontos, hogy

- a méretláncot kiegyenlítő elemekkel kell ellátni (72. ábra a-b) ábrarészlet),
- a játégmentes elemeket-, menetes (72. ábra c-d) ábrarészlet) és dugós kötéseket költség-takarékos rugalmas elemekkel célszerű megoldani (72. ábra e-f) ábrarészlet),
- a játégmentességet segédelemekkel kell biztosítani (72. ábra g-h) ábrarészlet).

A méretlanc felépítésének megváltoztatása, a tőrészek és bázisfelületek célszerű módosítása is eredményes lehet (73. ábra), így:

- a méretlanc egyszerűsítés, a kinematikai elemek funkcionális méreteinek kedvező megválasztása (73. ábra a-b),
- a helyzettűrésezett felületek egy felfogásban történő megmunkálhatósága (73. ábra c-d),
- a pozícionálandó- és pozícionáló felületek egy síkban történő elhelyezése (73. ábra e-f).

5.2.8. Az igénybevétel helyes kialakítás

A műszaki termékek elemei (*alkatrészei*) a terhelések és a környezeti hatások miatt igénybevételnek vannak kitéve. Ezek a hatások származhatnak:

- erőktől és nyomatékoktól, nyomástól,
- hőmérséklettől,
- kémiai behatásoktól,
- sugárterheléstől,

melyekre a konstrukciónak megfelelő kialakítási alternatívákkal kell válaszolnia. Ez megvalósulhat azáltal, hogy a megfelelő hatásoknak megfelelő anyagot (*hőálló acélt, korrózióálló anyagokat, kerámiát, kompozitokat, stb.*) választ a konstruktőr, ezzel a kialakítás minőségi oldalát részben megoldotta. A mérnöki számításokkal a kialakítás méretparamétereit, azaz a tervezés mennyiségi vonatkozásait tudja kezelni. Mégis a kialakítás az, ahol formaadással a minőségi oldalt erősítheti azáltal, hogy a kialakításnál olyan megoldásokat sorakoztat fel, melyekkel később a kialakítás alapszabályait is messzemenően érvényesíteni tudja.

Ha a deformációt és annak káros következményeit kívánja korlátok közé szorítani, akkor az elemeken a terhelés átadását (74. ábra) a legrövidebb út elvén (74. ábra a-d) és a terhelés kiegyenlítés elvén kell megvalósítani (74. ábra e-f).

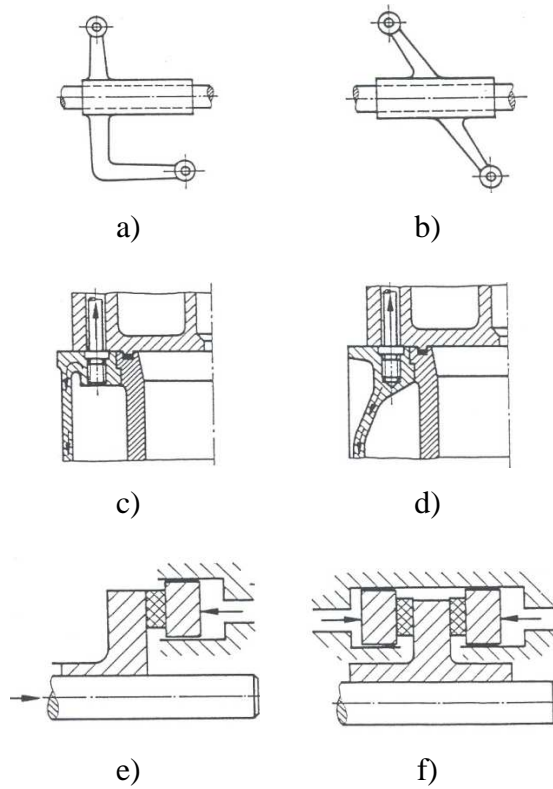
Abban az esetben, ha az elvárt alakváltozást kell biztosítani, akkor a kialakításnál ezen elvet érvényesíteni kell. A deformáció szükséges ahhoz, hogy egy kötés az elemek megfelelő nagyságú elmozdulása révén kapcsolódni tudjon, mint pl. a bepattanó kötéseknel.

Bizonyos esetekben szükségessé válhat, hogy egy szerkezeti elembe bevitt terhelés (*pl. tömítéseknel*) a környezeti hatások változása miatt (*pl. belső nyomás növekedéséből*) ne csökkenjen, így a funkció teljesítés biztonsága megmaradjon (75. ábra, 76. ábra). A terhelésállandóság elvét a kialakításkor biztosítani kell.

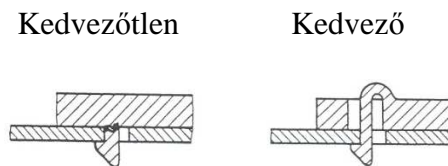
Az önmagát-erősítés elvének érvényesítése bizonyos esetekben hasznos (*pl. kukta fazék fedele a belső nyomás növekedésével növeli a tömítő erőt*), de vannak esetek, amikor az elv érvényesülése egy adott funkció megvalósításában zavart okozhat. A dobfék forgásirányának változtatása, vagy a fékkar helyzetének változtatása (77. ábra) a rendszer geometriai paramétereinek rossz megválasztásával, a súrlódó erő hatására befeszülhet, önzáróvá válhat, nem lesz szabályozható.

Kedvezőtlen

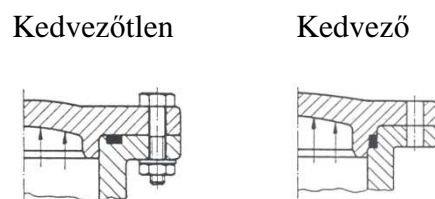
Kedvező



74. ábra. A kedvező terhelés átadás érvényesítése



75. ábra. Alakváltoztatás biztosítása

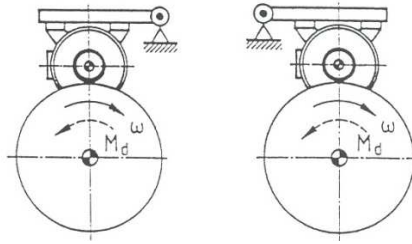


76. ábra. Terhelőerő biztosítása

Amikor egy szerkezeti elemhez az anyag megválasztása megtörtént, akkor a kialakításnál figyelni kell arra, hogy az anyag hordozta sajátosságok (*rugalmassági modulusz, alakváltozó képesség, ellenálló képesség, sűrűség, stb.*) érvényesülni tudjanak, mint pl. két alkatrész között csuklópont kialakítás fém és műanyag alkalmazása esetén (78. ábra).

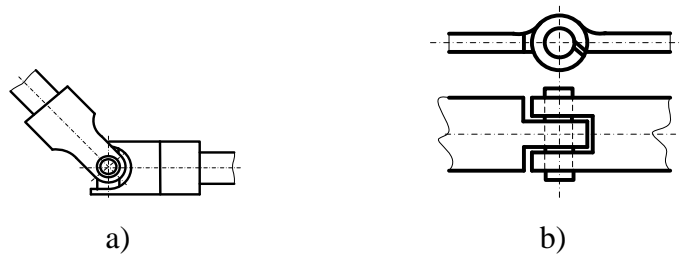
Kedvezőtlen

Kedvező

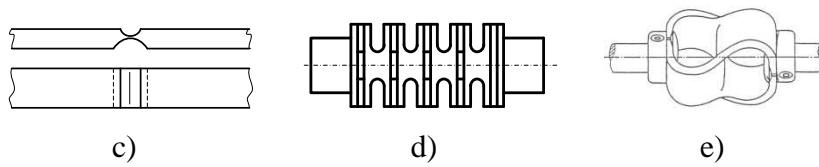


77. ábra. Az önzárás elve lehet hátrányos

fém



műanyag



78. ábra. Eltérő anyagminőség adta kialakítási lehetőségek

6. TERVDOKUMENTÁCIÓ

Ebben a fejezetben, a műszaki gyakorlatban előforduló dokumentumok készítéséről esik szó. Bemutatásra kerül elkészítésük módja, szorosan követve a jogszabályi előírásokat. Meghatározásra kerül helyük az előző fejezetekben leírt tervezési folyamatban.

Az első dokumentum, amivel egy tervező mérnök munkája során találkozunk, az igényjegyzék. Ez a dokumentum jelenik meg a tervezési folyamat legelején. Ebben foglalja össze a megbízó minden olyan kívánalmát, melyet a megtervezendő géppel, vagy termékkel szemben állít. Ennek a dokumentumnak mindig a tervező előtt kell lennie, hogy a tervezési folyamat teljes hosszában figyelemmel kísérhesse azt.

6.1. JOGSZABÁLYOK ÉS SZABVÁNYOK

A tervező számára az igényjegyzék pusztán irányelv nem elégséges ahhoz, hogy a feladatát maradéktalanul el tudja látni. Szüksége van egyéb, a munkáját befolyásoló tényezők ismeretére is. Ide tartoznak a jogszabályok és a szabványok.

A jogszabályok betartása minden körülmények között kötelező érvényű, míg a szabványok betartása nem az, kivéve ha valamilyen jogszabály nem kötelez azok betartására.

Az egyik legfontosabb rendelet, melyet a tervezési folyamat során be kell tartania a mérnöknek, a 16/2008. (VIII. 30.) NFGM számú rendelete [100], melynek címe: A gépek biztonsági követelményeiről és megfelelőségének tanúsításáról. Ez a törvény a korábbi 21/1998 (IV. 17) IKIM rendeletet és módosításait helyezi hatályon kívül.

Szintén fontos jogszabályok közé tartozik az elektromos berendezések kompatibilitására vonatkozó 62/2006. (VIII. 30.) GKM számú jogszabály, mely a 31/1999. (VI. 11) GM-KHVM helyébe lépett, viszont a 2006 előtt készített gépekre továbbra is az 1999-es rendelet vonatkozik. Továbbá fontos megemlíteni a kisfeszültségű berendezésekre vonatkozó 18/2008. (XII. 3.) SzMM jogszabályt is. Napjainkban szinte nincsen olyan gép, vagy termék, mely valamilyen elektronikus részt ne tartalmazna, így a fenti három jogszabály pontos ismerete elengedhetetlenül fontos a gyakorló mérnökök részére. Természetesen az adott tervezési feladat dönti el, hogy milyen további jogszabály tanulmányozására van szükség a helyes és a jogszabályi kereteket nem sértő gép, vagy termék megtervezéséhez. A jogszabályok a www.magyarorszag.hu oldalon megtalálhatóak és ingyenesen le is tölthetők, így hozzájutásuk könnyű.

A szabványok beszerzése már nem ilyen egyszerű. Sajnos a Magyar Szabványügyi Testülettől (MSZT) csak anyagi ellenszolgáltatás fejében juthat hozzá a tervező az egyes szabványokhoz, de gyakran nincsen más lehetőség. Ahogyan az fentebb már említésre került, vannak esetek, amikor jogszabály kötelez a használatára. A MSZT honlapján megtalálhatóak az egyes géptípusokhoz ajánlott szabványok számai (<http://www.mszt.hu/letvedelem1.htm>).

6.2. TERVDOKUMENTÁCIÓ TARTALMA

A műszaki dokumentáció tartalmát jogszabály rögzíti ([100], 8. melléklete).

Egy gép, vagy termék műszaki dokumentációjának a következőket kell tartalmaznia:

- a) „a gyártási dokumentációt, mely magában foglalja:
 - aa) a gép általános leírását,
 - ab) a gép megértéséhez szükséges átfogó rajzot, a vezérlőkörök rajzait, valamint a vonatkozó leírásokat és magyarázatokat,

-
- ac) teljes részletességű terveket a kapcsolódó számításokkal, vizsgálati eredményekkel, tanúsítványokkal stb., amelyek annak ellenőrzéséhez szükségesek, hogy a gép megfelel-e az alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelményeknek,
 - ad) a kockázatelemzés dokumentációját, amely leírja az alkalmazott eljárást, beleértve:
 - i az e rendeletnek a szóban forgó gépre vonatkozó alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelményeinek listáját,
 - ii az azonosított veszélyek kiküszöbölésére, vagy a kockázatok csökkentésére irányuló védőintézkedések leírását, és ha indokolt, a géppel kapcsolatos fennmaradó veszélyek feltüntetését,
 - ae) az alkalmazott szabványokat és egyéb műszaki előírásokat, megjelölve az e szabványok által előírt alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelményeket,
 - af) minden, a gyártó által elvégzett, vagy a gyártó vagy meghatalmazott képviselője részéről kiválasztott szervezet által elvégzett vizsgálat eredményeiről szóló műszaki jelentést,
 - ag) a gép használati utasításának egy másolatát,
 - ah) ha indokolt, a beépített, részben kész gépbeépítési nyilatkozatát és az ehhez kapcsolódó összeszerelési utasításokat,
 - ai) ha indokolt, a gép és az egyéb beépített egységek EK-megfelelőségi nyilatkozatának másolatát és
 - aj) az EK-megfelelőségi nyilatkozat egy másolatát;
- b) sorozatgyártásnál azon belsőintézkedéseket, amelyek biztosítják, hogy a gép e rendelet rendelkezéseinek folyamatosan megfeleljen.

Annak érdekében, hogy megállapítható legyen, hogy a gép a tervezés és kivitelezés alapján biztonságosan összeszerelhető és üzembe helyezhető-e, a gyártónak a szükséges kutatást és vizsgálatokat el kell végeznie az alkatrészekre, a szerelvényekre és a kész gépre vonatkozóan. A vonatkozó jelentéseket és eredményeket a műszaki dokumentációban kell rögzíteni.”

6.3. ELŐZETES KOCKÁZATELEMEZÉS

Az előzetes kockázatelemzés a tervezési folyamatban a koncepcionális tervezési fázis után szerepel. Az elemzést a gép, vagy termék gyártójának vagy megbízottjának kell elvégeznie. Mindig a véglegesnek kiválasztott koncepció alapján kell elkészíteni. Az előzetes kockázatelemzésben fel kell tárni a koncepcióra érvényes, minden rendeltetészerű használat mellett előre látható veszélyforrást, mely emberekre, haszonállatokra veszélyes lehet vagy egyéb anyagi kárt okozhat. Ennek alapján kötelessége a gyártónak az összes előre látható veszélyforrás feltárása, melyet már a tervezésnél és a gyártásnál figyelembe kell venni. Minden veszélyforrás kapcsán fel kell tüntetni, hogy milyen intézkedés kerül végrehajtásra a veszély, vagy a kár lehetőségéhez mért elkerülésére.

A kockázatelemzés elkészítésekor a rendeltetészerű használaton kívül az előre látható nem rendeltetésnek megfelelő használat veszélyforrásaira is ki kell térni.

„2. Az 1. pontban meghatározott kockázat felméréssel és kockázat csökkentéssel a gyártó vagy meghatalmazott képviselője:

- a) meghatározza a gép működési korlátozásait, amelyek magukban foglalják a rendeltetészerű használatot és az ésszerűen előrelátható rendellenes használatot is,
- b) beazonosítja a gépből származó kockázatokat és a hozzájuk kapcsolódó veszélyes helyzeteket,
- c) felbecsüli a kockázatok nagyságát, figyelembe véve a lehetséges egészségkárosodások, vagy ártalmak súlyosságát és előfordulásuk valószínűségét,

- d) értékeli a kockázatokat azzal a céllal, hogy ha szükséges, meghatározzák a kockázat csökkentésének módját, e rendelet céljaival összhangban, és
- e) védőintézkedések alkalmazásával kiküszöböli a veszélyeket, vagy csökkenti a veszélyekhez kapcsolódó kockázatokat, az alapvető biztonsági és egészségvédelmi követelmények 1.1.2. c) pontjában felállított fontossági sorrendben.” [100]

16. táblázat

Sorsz.	A biztonsági követelmények teljesülésének vizsgálata	Értékelés						
		Igen	Részben	Nem	Nem vonatkozik	Nem szükséges	Kockázat mértéke	Intézkedés sürgőssége
...								
25.	A vészleállító(k) a veszélyeztetett helyről könnyen elérhetőek lesznek?		X				J	0
26.	A vészleállító működtetése nem okoz-e járulékos veszélyt?			X			-	0
27.	A berendezés visszaesés gátlóval el lesz látva?	X					-	0
...								
Kockázat mértéke: Jelentéktelen– J ; Közepes– K ; Lényeges– L ; Kritikus– Kr ; Katasztrófális– Kat .								
Intézkedés sürgőssége: Nincs teendő– 0 ; Kevésbé sürgős– 1 ; Sürgős– 2 ; Igen sürgős– 3 ; Halaszthatatlan– 4 .								

A kockázatelemzésnek, mint dokumentumnak, megjelenési formájára kötöttség nincsen. A lényeg, hogy a lehetséges veszélyforrások beazonosításra kerüljenek. Megnevezésre kerüljön veszélyességük szintje, akár valamilyen skála vagy fokozat alkalmazásával. Megadásra kerüljön az intézkedés sürgőssége vagy adott esetben az intézkedés szükségessége. Az 16. táblázat egy ilyen módon elkészített kockázatelemzésről mutat egy részletet. Az eredeti táblázatot Bihari János tanársegéd készítette a Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Tanszékén egy ipari megbízásra készült géphez 2010-ben.

6.4. MÉRNÖKI SZÁMÍTÁSOK

A műszaki dokumentációnak tartalmaznia kell a tervezés közben elvégzett geometriai, szilárdsági, technológiai, ergonómiai és egyéb számításokat. A gép, vagy termék teherviselő elemének szilárdsági számításai elengedhetetlenül fontosak a részlettervezés folyamatában. A konstrukció létrehozásához a hagyományos mechanikai összefüggések és mechanikai modellek segítségével határozzuk meg a minimális méreteket. A konstrukció első változatának létrehozása így már lehetséges. Ezután történhet a finomítás, pontosítás, melyhez már akár végeeselemes módszert is lehet alkalmazni.

Szintén fontos része a szilárdsági számításoknak a stabilitás vizsgálata. Az magától értetődik, hogy a gépet, ha lábaira, vagy kerekeire állítják, akkor azokon stabilan megálljon. Az ide való számításokat fel kell tüntetni a dokumentációban. Olyan eszközöknél, melyeket valamilyen módon tolnak, szükséges megvizsgálni, hogy a mozgatás közben is megőrzi-e stabilitá-

sát. Különböző teherfellevő és emelő gépeknek a felvett teherrel együtt is képesnek kell lenniük stabilitásuk megtartására.

A mozgó elemek által érintett területek geometria számításait is bele kell venni a dokumentációba. Ezen alapszik a gép munkaterének, veszélyes/biztonságos terének meghatározása.

Természetesen minden olyan számítás dokumentációban való megjelenése jogos, amit a tervezésnél a gép pontos és veszélyektől mentes működése érdekében végzett a tervező.

6.5. MŰSZAKI RAJZOK

A műszaki rajzok a tervdokumentáció azon részét képezik, melyben a mérnök végső elképzeléseit veti papírra (*monitorra*). Szerepe, kiterjedése, bonyolultsága a legnagyobb a dokumentáció elemei közül. Pontossága és átláthatósága a gyártás alapja. Egy műszaki rajzon meg kell adni minden olyan adatot, mely a tárgynak, gyártmánynak, terméknek, stb. legyártásához, vagy egy részegység összeszereléséhez szükséges. A műszaki ábrázolás, vagy géprajz szabályainak ismertetése nem célja e jegyzetnek, így azok nem kerülnek ismertetésre.

A géprajz egy olyan nyelv, mellyel a mérnökök kommunikálnak egymással így jó ismerete elengedhetetlen. A rajzok kialakításával kapcsolatban temérdek szabvány létezik, melyek az egyes jelelölések jelentését és használatát írják le. (*Pl.: vonalfajtaokról: ISO 128-20:1996, ISO 128-24:1996*). Amennyiben szabványban nem rögzített jelet alkalmaz a tervező, azt magyarázattal kell ellátni. A fejezetrész a továbbiakban a géprajz főbb rajzfajtaait ismerteti.

6.5.1. Alkatrészrajz

Az alkatrészrajzon a szerelésre kész állapotnak megfelelően, csak annyi adatot kell megadni, amennyi a gyártáshoz és az ellenőrzéshez szükséges. Általános esetben a termék minden alkatrészéről rajzot kell készíteni.

Nem készül alkatrészrajz a következőkről:

- darabolással készült alkatrészeokről, további megmunkálás nélkül;
- ha az alkatrész ráolvasztással, kiöntéssel készül;
- nagy méretű bonyolult alkatrészeokről, ha a szerelt egység csak néhány egyszerű alkatrészt tartalmaz;
- egyedi gyártású alkatrész méretei csak a szerelés helyszínén határozhatók meg;
- az alkatrész szabványos, vagy kereskedelmi termék;

Az önálló rajzzal nem rendelkező alkatrészek méreteit a darabjegyzékben, vagy az összeállítás rajzon kell megadni.

6.5.2. Összeállítási rajz

Az összeállítási rajz szerepe, hogy bemutassa az összeállítást alkotó alkatrészek egymáshoz viszonyított helyzetét. Az összeállításokon meg kell adni a rajz alapján összeszerelt szerkezeti elemek:

- egymáshoz viszonyított helyzetét,
- hegesztett, forrasztott kötések adatait,
- illeszkedési előírásokat,
- kapcsolódó méreteket,
- a szerelés után megmunkálandó felületek adatait,
- a szerelt egység tételszámozását.

Továbbá megadhatók a következők:

- Vékony kétpont-vonallal a mozgó elemek szélső helyzetei.
- Csatlakozó részek folytonos vékonyvonallal rajzolt ábrái, a kapcsolódó méretekkel.

Továbbá elhagyhatók a következők:

- Lazán csatlakozó elemek közötti hézag.
- Háló, rácsozat, éltompítás, beszúrás, és egyéb kisméretű részletek.

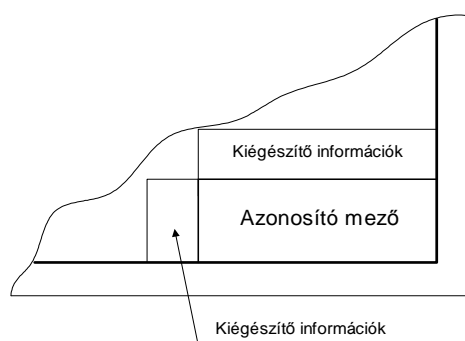
6.5.3. Feliratmező, rajkszámozás, darabjegyzék (tételjegyzék)

A műszaki rajzok nagyon fontos eleme a szövegmezőnek nevezett rész. Kialakításáról az MSZ ISO 7200: 1992 a következő képpen rendelkezik [78]:

- a feliratmező egymáshoz csatlakozó téglalap alakú mezőket tartalmaz,
- a feliratmezőt a rajz jobb alsó sarkában kell elhelyezni,
- a rajzolás és a feliratmező olvasási iránya azonos

A feliratmező részei (79. ábra):

- azonosító mező
- kiegészítő információkat tartalmazó mezők



79. ábra. Feliratmező elhelyezése

Az azonosító mező részei:

- nyilvántartási vagy azonosítási szám (*rajkszám*),
- rajz címe (*megnevezés*),
- a rajz törvényes tulajdonosának neve

Kiegészítő információk:

- jelek (*vetítési mód, fő méretarány, stb.*)
- műszaki információk (*felületkikészítés módja, alak- és helyzetűrések szabványa, tűrésezetlen méretek pontossága, stb.*)
- adminisztrációs információk (*rajzlap mérete, módosítások, stb.*)

Rajkszámozás használata elengedhetetlenül fontos a rajzok későbbi azonosítására, a kapcsolat az alkatrészek és az összeállítás megértéséhez. A rajkszámozást több szintre kell tagolni. A fő összeállítási rajz száma (*ami a legrövidebb*) öröklődik az alszerelésekre és alkatrészrajzokra is. Az alkatrészrajzok öröklik az alszerelés számát is, például:

- fő összeállítás: ME2010-001
- alszerelés: ME2010-001-012 (*ez a 12-es tételszámú elem a fő összeállításon*)
- alkatrész: ME2010-001-012-022 (*ez a 22-es tételszámú elem az alszerelésen*)

A darabjegyzék (német: *die Stückliste*, angol: *parts list, bill of materials, BOM*), vagy tételjegyzék egy további eleme a műszaki rajzoknak. Ebben rögzíti a tervező, hogy miből hány darab épül be a gépbe, vagy termékbe. Megadja az egyes beépülő elemek, vagy alkatrészek legfőbb tulajdonságait. Az MSZ ISO 7573:1992 szabvány rendelkezik kialakításáról. Elkészíthető külön lapra, de ekkor szigorúan ugyanazt a rajzszámot kapja, mint az az összeállítás amihez tartozik. Ha a rajzra rátehető, akkor szigorúan a szövegmező felett helyezkedik el vastagvonalal határolva. A rajzon az adatok sorrendje letről felfelé halad, különálló darabjegyzéknél a sorrend fentről lefelé halad, a fejléc felül van.

6.6. HASZNÁLATI UTASÍTÁS

A használati utasítás minimális tartalma az [100] rendelet 1. mellékletének 1.7.4 pontja rögzíti, miszerint:

- Minden gépet el kell látni használati utasítással, azon vagy azokon a nyelveken írva, amely országban a gép forgalmazásra kerül. Amennyiben a használati utasítást a gyártó nyelvről le kell fordítani más nyelvekre, azokon fel kell tüntetni az „eredeti használati utasítás fordítása” feliratot.
- Minden használati utasítás kezdetén meg kell nevezni a gépet, amihez készült és meg kell adni pontosan a rendeltetésszerű használatát. A használati utasítás későbbi fejezetei között ki kell térni az előre látható rendellenes használat eseteire is.

A használati utasítás szövegét és elrendezését úgy kell elkészíteni, hogy a kezelőszemélyzet várható iskolázottságával összhangban legyen.

A dokumentumnak minimálisan tartalmaznia kell a következőket:


- a gyártó nevét, címét és egyéb elérhetőségeit;
- a gép azonosítására szolgáló megjelölést (80. ábra), a sorozatszám elhagyásával. Meg kell adni, hogy az azonosító hol található a gépen;
- tartalmaznia kell a gépre és a beépülő egységre vonatkozó megfelelőségi nyilatkozatokat;
- a gép általános leírását, a gép használatához, karbantartásához, javításához, valamint megfelelő működés ellenőrzéséhez szükséges rajzokat, diagramokat, leírásokat és egyéb magyarázatokat;
- a kezelő által valószínűleg használt munkaállásokat. Figyelmeztetést, azon használati módokra, ahogyan a gépet nem szabad használni, de amelyek a tapasztalatok szerint előfordulhatnak;
- ha a gépet felszerelik valahova, akkor a felszerelés körülményeire vonatkozó előírásokat (*méretetek, betartandó távolságok, rögzítés szerelvényei, stb.*);
- a zaj és rezgés csökkentés céljából szükséges beépítési és összeállítási rajzokat;
- a gép üzembe helyezésére és a kezelőszemélyzet kiképzésére vonatkozó utasításokat;
- az előírt biztonsági intézkedések megtétele után megmaradt lehetséges kockázatokra való figyelemfelhívásokat;
- a használó által megteendő biztonsági intézkedéseket, például egyéni védőeszköz viselése;
- a géphez illeszthető szerszámok alapvető jellemzőit;
- azon feltételeket, melyek közt a gép eleget tesz a stabilitási előírásoknak, használat, előre látható meghibásodás, szállítás, karbantartás, javítás, üzemben kívüli állapot esetében is;
- a gép szállítását megkönnyítendő a gép tömegét. Részletekben való szállítás esetében a részegységek tömegét külön-külön;

- a baleset, vagy leállás esetén követendő eljárást. Az elakadás esetében követendő eljárást és az elakadás biztonságos módon történő megszüntetésének módját;
- a felhasználó által végzendő beállítási és karbantartási utasításokat, valamint a megelőző karbantartási utasításokat;
- a biztonságos beállítást és karbantartást lehetővé tevő utasításokat, beleértve a védőintézkedéseket, amelyeket e tevékenység közben meg kell tenni;
- azoknak a használandó tartalék alkatrészeknek a leírását, melyek a kezelő, vagy használó egészségére hatással vannak;
- a következő levegőben terjedő zajkibocsátásra vonatkozó információkat:
 1. ha a zajkibocsátás meghaladja a 70dB(A)-t, akkor a munkahelyre vonatkozó egyenértékű A-hangnyomás szintet, ha a szint nem haladja meg a 70dB(A)-t, akkor ezt a tényt kell feltüntetni.
 2. ha a zajkibocsátás meghaladja a 63 Pa értéket (130dB, 20μPa-ra vonatkoztatva) a C-súlyozószűrővel értékelt pillanatnyi hangnyomás szint, a munkahelysoknál mért csúcserték;
 3. A gép által kibocsátott zajszint, ahol az egyenértékű A-hangnyomás szint munkahelysoknál meghaladja a 80dB(A)-t.
- a kezelő személyt és a veszélynek kitett személyt érintő sugárzás-kibocsátásra vonatkozó információt, ha a gép kibocsáthat olyan nem-ionizáló sugárzást, amely az embereket károsíthatja, különösen azokat, akiknek aktív, vagy inaktív beültetett orvostechnikai eszközeik vannak.

6.7. A GÉP ADATLAPJA, A GÉP MEGJELÖLÉSE

A gépen olvashatóan és maradandóan fel kell tüntetni a következő adatokat:


- a gyártó cég nevét és teljes címét, ha indokolt, akkor a meghatalmazott képviselő ugyanezen adatait,
- a gép megnevezését,
- a CE jelölést (82. ábra),
- sorozat, vagy típus megnevezést,
- adott esetben a sorozatszámot,
- a gyártás évét, mely az az év, amelyben a gyártási folyamat befejeződött,
- robbanásveszélyes légkörben való üzemeltetésre készült gép esetén az erre a tényre felhívó figyelmeztetést.
- a biztonságos üzemeltetéshez szükséges minden információt,
- egyéb fontosnak tartott adatot. Pl.: tömeg, fordulatszám, magasság, szélesség, hálózati feszültség, stb.

Gyártó: Miskolci Egyetem Címe: Miskolc-Egyetemváros Típus: SF-01 SN: 001 Gyártási év: 2010	n=1440 1/min U=230V tömeg: 50kg max. tömeg: 155kg	
--	--	---

80. ábra. Példa egy gép adatlapjára

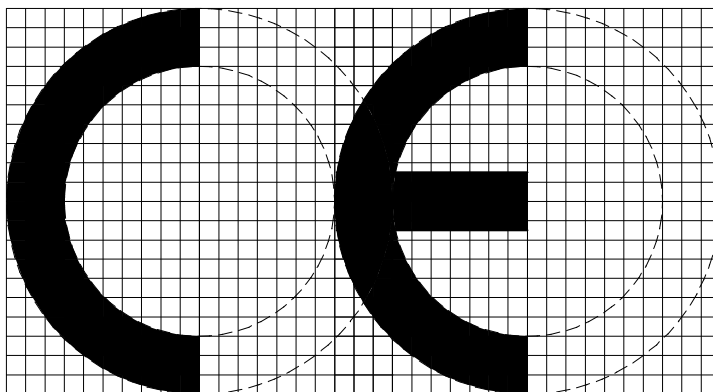
Megfelelőségi nyilatkozat

Az Európai Unióban csak olyan gép, vagy termék hozható forgalomba, mely rendelkezik CE jelöléssel és a hozzá kapcsolódó megfelelőségi nyilatkozattal (*Conformité Européenne, azaz Európai Megfelelőség*). Úgy is tekinthetjük, hogy a CE jelölés a belépő az unió piacára. A megfelelőségi nyilatkozat tartalmát jogszabály rögzíti [100].

A nyilatkozatot kiadó szervezet teljes neve	
Teljes címe	
<u>Megfelelőségi nyilatkozat</u>	
Berendezés típusa:	típusszám és megnevezés
A szervezet tanúsítja, hogy a berendezés/gép/termék a vonatkozó irányelveknek megfelel.	
Vonatkozó irányelvek:	
98/37/EK; 98/79/EK (MD) gépbiztonsági irányelv,	
2006/95/EK; 93/68/EGK (LVD) Kisfeszültségű berendezések	
2004/108/EK; 92/31/EK; 93/68/EGK -elektromágneses összeférhetőség	
....	
....	
....	
 nyilatkozó szervezet képviselője beosztása

81. ábra. A Megfelelőségi nyilatkozat

A gép CE jelöléssel való ellátása a gyártó, vagy meghatalmazottja kötelessége. Kizárólag akkor helyezhető el a gépen, vagy terméken a CE jelölés, ha a gép, vagy termék a rá vonatkozó összes jogszabály előírásának megfelel. A jelölést jól látható módon, egyértelműen és maradandóan kell elhelyezni. Nem helyezhető el a CE jelöléssel összetéveszthető más jelölés. Bármilyen más jelölés csak úgy helyezhető el a gépen, vagy terméken, hogy az a CE jelölés láthatóságát, olvashatóságát ne rontsa. A CE jelölés kialakítása a fenti jogszabály 10-es mellékletében került előírásra (82. ábra).



82. ábra. A CE jelölés kialakítása

Amennyiben a jelölést kicsinyítik, vagy nagyítják, a szimbólumok arányát meg kell tartani. A jelölés 5mm-nél alacsonyabb nem lehet. Amennyiben a termék mérete nem teszi lehetővé az 5mm-es magasság alkalmazását, úgy lehet kisebb méretet is használni. A CE jelölést a gyártó megnevezésének közvetlen közelében kell elhelyezni a gép adatlapján. A 81. ábra egy útmutatót szemléltet a nyilatkozat elkészítéséhez. A nyilatkozatot nem csak tanúsító szervezet bocsáthatja ki, hanem bármely gyártó megteheti azt. A fontos az, hogy a vonatkozó irányelveknek, jogszabályoknak, szabványoknak megfelelően a gép és azok felsorolásra kerüljenek a nyilatkozatban.

7. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] ALTSHULLER, G. S.; SHAPIRO, R.V.: About a technology of creativity, Questions of Psychology, No.6., 1956.
- [2] ALTSCHULLER, G. S.: Creativity as an Exact Science–The Theory of the Solution of Inventive Problems, ISBN 0 677 21230 5, Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984.
- [3] BACH, C.: Die Maschinenelemente, Arnold Bergsträsser Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1880.
- [4] BAHRMANN, H.: Einführung in das Methodische Konstruieren, ISBN 3 528 04067, Vieweg, Braunschweig, 1977.
- [5] BERCSEY, T.; HORVÁTH, I.: A korszerű géptervezés feltételei, módszerei és eszközszerkezete, GÉP, Vol. 37., No 11., 1985.
- [6] BERCSEY, T.: A tervezéelmélet és a CAD oktatása, GÉP, Vol. 40., No 10., 1988.
- [7] BERCSEY, T.: A gépszerkesztés tudományának fejlődése és jellemző vonásai. GÉP Vol. 42., No. 2., 1990.
- [8] BERCSEY, T.; VAJNA, S.: Ein autogenetischer Ansatz für die Konstruktionstheorie. Teil I. CAD-CAM Report, Vol. 13., Nr. 2. 1994., Teil II. CAD-CAM Report, Vol. 13., Nr. 3. 1994.
- [9] BERCSEY, T.; LŐRINCZ, S.: A terméktervezés megújulás: az új alapelvek és integrált módszerek, Gyártástechnológia, No 7-8., 1996.
- [10] BERCSEY, T.; DÖBRÖCZÖNI, Á.; DUPCSÁK, Zs.; HORÁK, P.; KAMONDI, L.; KELEMEN, T.; PÉTER, J.; TÓTH, J.: Terméktervezés és fejlesztés, PHARE TDQM, Budapest, 1997.
- [11] BERCSEY, T.; DÖBRÖCZÖNI, Á.; DUPCSÁK, Zs.; HORÁK, P.; KAMONDI, L.; PÉTER, J.; SCHOLTZ, P.: Új termék kifejlesztése és bevezetése, a piacra vitel ideje és az azt meghatározó tényezők, PHARE TDQM, Miskolc, 1997.
- [12] BINIEK, G.: Konstruktionssystematik. Feingerätetechnik, 1952.
- [13] BIRKHOFFER, H.: Analyse und Synthese der Funktionen technischer Produkte, Dissertatiton, TU Braunschweig, 1980.
- [14] BODE, E.: Konstruktions-Atlas: Werkstoff- und verfahrensgerecht konstruieren, ISBN 3 87807 157 4, Hoppenstedt, Technik Tabellen Verlag, Darmstadt, 1991.
- [15] BRAMS, S. J.; FISHBURN, P. C.: Approval voting, ISBN-13: 978 387 49895 8, Springer Science+Business Media, New York, 2007.
- [16] BROWN, D. C.: Defining Configuring, AI EDAM, Vol. 12., Cambridge, 1998.
- [17] CHITALE, A. K.; GUPTA, R. C.: Product Design and Manufacturing, ISBN 978 81 302 3317 8, Prentice-Hall, New Delhi, 2008.
- [18] CROSS, N.: History of design methodology, Behavioral and social Sciences, Vol. 71., Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1993.
- [19] CROSS, N.: Engineering Design Methods–Strategies for Product Design, ISBN 0 471 94228 6, John Wiley & Sons, Chichester, 1994.
- [20] CROSS, N.: Developments in Design Methodology, ISBN 0 471 10248 2, John Wiley & Sons, Chichester, 1984.
- [21] CROSS, N.; CROSS, A.: Expertise in Engineering Design, Research in Engineering Design, pp.: 141-148, Springer-Verlag London, 1998.

-
- [22] CROSS, N.: Natural intelligence in design, *Design Studies*, Vol. 20., No. 1., pp.: 25-39, 1999.
- [23] CROSS, N.: Design Research: A Disciplined Conversation, *Design Issues*, Vol. 15., No. 2., pp.: 5-10, 1999.
- [24] CROSS, N.: Designerly Ways of Knowing: Design Discipline versus Design Science, *Design Issues*, Vol. 17., No. 3., pp.: 49-55, 2001.
- [25] CROSS, N.: Can a Machine Design?, *Design Issues*, Vol. 17., No. 4., pp.: 44-50, 2001.
- [26] CROSS, N.; DORST, K.: Creativity in the design process: co-evolution of problem-solution, *Design Studies*, Vol. 22., No. 5., pp.: 425-437, 2001.
- [27] CROSS, N.: Design as a Discipline, *The Inter-disciplinary Design Quandary Conference*, De Montfort University, 2002. február 13.
- [28] CROSS, N.: The Expertise of Exceptional Designers, *Expertise in Design*, ISBN 0 9751533 0 7, Creativity and Cognition Press, University of Technology, Sydney, Australia, pp.: 23-35, 2003.
- [29] CROSS, N.: Expertise in design: an overview, *Design Studies*, Vol. 25., No. 5., pp.: 427-441, 2004.
- [30] CROSS, N.; KRUGER, C.: Solution driven versus problem driven design: strategies and outcomes, *Design Studies*, Vol. 27., No. 5., pp.: 527-548, 2006.
- [31] CROSS, N.: Forty years of design research, *Design Studies*, Vol. 28., No. 1., pp.: 1-4, 2007.
- [32] CSERESNYÉS, Á.; DELI, L.; FARKAS, J.; HORÁNYI, I.; KOCSIS, J.; CSEH, I.; OSMAN, P.; PAPP, O.; SEREGI, F.; SZÁNTÓ, B.: *Innováció*, ISBN 963 10 7128 6, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987.
- [33] DÖBRÖCZÖNI, Á.: *Gépszerkezettan I.*, Miskolci Egyetemi Kiadó, 1999.
- [34] DECIU, E. R.; OSTROSI, E.; FERNEY, M.; GHEORGHE, M.: Configurable product design using multiple fuzzy models, *Journal of Engineering Design*, ISSN 0954-4828, Vol. 16., No. 2., Taylor and Francis, 2005.
- [35] EDER, W. E.: Case Study in Design Engineering, *CDEN-RCCI Conference*, Toronto, 2006.
- [36] ERKENS, A.: Beiträge zur Konstruktionserziehung, *Z. VDI 72.*, pp.:17-21. 1928.
- [37] FRENCH, M. J.: *Conceptual Design for Engineers*, ISBN 0 85072 155 5, The Design Council, London, 1985.
- [38] FURKA, Á.: *Forradalom a gyógyszerkutatásban*, *Mindentudás Egyeteme*, 2003.
- [39] FURKA, Á.: *A kombinatorikus kémia*, *Természet világa*, Vol. 131, 2000.
- [40] FURKA, Á.: *Visszapillantás a kombinatorikus kémia kialakulásának korai időszakára*, *Kémikusok Lapja*, Vol. 56, 2001.
- [41] HANSEN, F.: *Konstruktionssystematic– Grundlagen für eine allgemeine Konstruktionslehre*, ETO 621.002.2, VEB Verlag Technik, Berlin, 1965.
- [42] HEGEDŰS, J.: *Értékelemzés a termékfejlesztésben*, ISBN 9631057844, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.
- [43] HORVÁTH, GY.: *A tartalmas gondolkodás*, ISBN 963 17 7314 0, Tankönyvkiadó, Budapest, 1984.
- [44] HORVÁTH, P.: *Mesterséges intelligencia módszerek alkalmazása a szerszámgéptervezésben*, *Kandidátusi értekezés*, Miskolc, 1994.
-

-
- [45] HUBKA, V.: Theorie der Maschinensysteme– Grundlagen einer wissenschaftlichen Konstruktionslehre, ISBN 3 540 06122 3, Springer-Verlag, Berlin, 1973
- [46] HUBKA, V.; EDER, W. E.: Einführung in die Konstruktionswissenschaft, ISBN 3 540 54832 7, Springer-Verlag, Berlin, 1992.
- [47] IVÁNYI, A. SZ: Értékelemzés, Tankönyvkiadó, Budapest, 1985.
- [48] IVÁNYI, A. SZ: Az értékelemzés módszertana, Tankönyvkiadó, Budapest, 1987.
- [49] IVÁNYI, A. SZ: Értékelemzés racionalizálás a gyártástervezésben, ISBN 963 221 617 2, Közgazdasági és jogi könyvkiadó, Budapest, 1985.
- [50] KAMONDI, L.: Tervezélemélet, Phare HU0008-02, Miskolc 2003.
- [51] KAMONDI, L.; DÖBRÖCZÖNI, Á.; TAKÁCS, Á.: Objektum semleges géptervezés (Szakmérnöki jegyzet), Készült: „A felsőoktatás szerkezeti és tartalmi fejlesztése” CAD/CAM/FEM kompetencia kurzusok projekt keretében (HEFOP-3.8-P-2004-06-0012). Miskolc, 2006.
- [52] KESSELRING, F.: Die starke Konstruktion, 1942.
- [53] KESSELRING, F.: Bewertung von Konstruktionen, 1951.
- [54] KESSELRING, F.: Technische Kompositionslehre, Springer-Verlag, Berlin, 1954.
- [55] KOLLER, R.: Konstruktionsmethode für den Maschinen-, Geräte- und Apparatebau, Spinger-Verlag, Berlin, 1979.
- [56] KOLLER, R.: Konstruktionslehre für den Maschinenbau–Grundlagen zur Neu- und Weiterentwicklung technischer Produkte, Springer-Verlag, Berlin, 1994.
- [57] LEYER, A.: Maschinenkonstruktionslehre, Birkhauser Verlag, Stuttgart, 1963-1971.
- [58] LINDE, H.; HILL, B.: Erfolgreich erfinden –Widerspruchorientierte Innovationstrategie für Entwickler und Konstrukteure, Hoppenstedt Technik Tabellen Verlag, Darmstadt, 1993.
- [59] LIPÓTH, A.: Megmunkáló központ konstrukciós változatok módszeres előállítása és értékelése, kandidátusi értekezés, Budapest, 1993.
- [60] MATOUSEK, R.: Konstruktionslehre des allgemeinen Maschinenbaus, Springer Verlag, Berlin, 1957.
- [61] MÉSZÁROS, J.; SZAKADÁT, I.: Választási eljárások-választási rendszerek. Készült: a TÁRKI, a BME Általános Geodézia Tanszék és a BME Szociológia Tanszék közös, az OKTK kutatása keretén belül. Budapest, 1993.
- [62] MILES, L. D.: Értékelemzés, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1973
- [63] MITTAL, S.; FRAYMAN, F.: Towards a Generic Model of Configuration Tasks, IJCAI, Vol 2., 1989.
- [64] NEUMANN, A.: Schweisstechnisches Handbuch für Konstrukteure, VEB Verlag Technik, Berlin, 1960.
- [65] NIEMANN, G.: Maschinenelemente, Springer Verlag, Berlin, 1950.
- [66] OTTO, K.; WOOD, K.: Product Design– Techniques in Reverse Engineering and New Product Development, ISBN 0 13 021271 7, Prentice Hall, 2001.
- [67] PAHL, G.; BEITZ W.: Konstruktionslehre– Handbuch für Studium und Praxis, ISBN 963 10 3796 7, Springer-Verlag, Berlin, 2007.
- [68] PÓLYA, GY.: A gondolkodás iskolája–hogyan oldjunk meg feladatokat?, ISBN 963 7803 75 0, Akkord Kiadó, 2000.
- [69] PUGH, S.: Total design– Integrated methods for successful product engineering, ISBN 0 201 41639 5, Addison-Wesley Publishers Ltd., 1991.
-

-
- [70] REULEAUX, F.: Der Consturcteur, Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1865.
- [71] REDTENBACHER, F.: Prinzipien der Mechanik und Maschinenbaues, Friedrich Bassermann, Mannheim, 1852.
- [72] RICHTER, R.: Öntvényyszerkesztés, ISBN 963 10 0734 0, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.
- [73] RODENACKER, W. G.: Methodisches Konstruieren, 2. kiadás, ISBN 3 540 07513 5, Springer Verlag, Berlin, 1976
- [74] ROTH, K.: Konstruieren mit Konstruktionskatalogen, ISBN 963 10 7246 0, VEB Verlag Technik, Berlin, 1982.
- [75] SELYE, J.: Álomtól a felfedezésig – Egy tudós vallomásai, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1967.
- [76] SHIGLEY, J. E.: Machine Design, McGraw-Hill Book Company, Inc., London, 1956.
- [77] SUH, N. P.: Axiomatic Design: Advances and Applications, ISBN 0 19 513466 4, Oxford University Press, 2001.
- [78] SZENTE, J.; BIHARI, Z.: Interaktív mérnöki kommunikáció és a tervezést támogató CAD rendszerek. Készült: a „Korszerű anyag-, nano-, és gépészeti technológiákhoz kapcsolódó, műszaki képzési területeken kompetencia alapú, komplex digitális tananyag modulok létrehozása és on-line hozzáférésük megvalósítása” projekt keretében (TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0001), Miskolc, 2011.
- [79] SZOMBATFALVY, Á.: Szerkezeti elemek tervezésének technológiai alapjai, ISBN 963 10 3798 3, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981.
- [80] TAJNAFŐI, J.: Mechanizmusok származtatáselméletének alapjai és hatása a kreatív gondolkodásra, Akadémiai doktori értekezés, Miskolc, 1991.
- [81] TAJNAFŐI, J.: Szerszámgéptervezés I., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest 1973.
- [82] TAJNAFŐI, J.: Szerszámgéptervezés II., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest 1990.
- [83] TAKÁCS, Á.: Computer adaptierte Konstruktionsmethode für die konzeptionelle Konstruktion einer Laufband, 3. Gemeinsames Kolloquium, Magdeburg, 2005.
- [84] TAKÁCS, Á.: Design Science – a newest approach for the product design aided by computer, Advanced Engineering- International Journal, Vol. 2, Issues 2., ISSN 1846-5900
- [85] TAKÁCS, Á.: Számítógéppel segített koncepcionális tervezési módszer, PhD doktori értekezés, Miskolc, 2010.
- [86] TAKÁCS, GY.: Szerszámgépek strukturális tervezése grafikus adatbázisokkal, egyetemi doktori értekezés, Miskolc, 1996.
- [87] TIHONEN, J.; SOININGEN, T.; MÄNNISTÖ, T.; SULONEN, R.: State-of-the-practice in product configuration—a survey of 10 cases in the Finnish industry, Knowledge Intensive CAD, Vol. 1, Chapman and Hall, 1996.
- [88] TIHONEN, J. ET AL: Modeling configurable product families, 4th WDK Workshop on Product Structuring, 1998.
- [89] VAJNA, S.; BERCSEY, T.; CLEMENT, S.; JORDAN, A.; MACK, P.: Autogenetische Konstruktionstheorie ein Beitrag für eine erweiterte Konstruktionstheorie, Konstruktion, Springer-Verlag, 2004. március 3., 71-77. oldal
- [90] VDI 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, 1993.
-

-
- [91] VDI 2222 BLATT 1: Konstruktionsmethodik–Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien, 1997.
- [92] VDI 2222 BLATT 2: Konstruktionsmethodik; Erstellung und Anwendung von Konstruktionskatalogen, 1982.
- [93] VDI 2223: Methodisches Entwerfen technischer Produkte, 2004
- [94] VDI 2225 BLATT 3: Konstruktionsmethodik -Technisch-wirtschaftliches Konstruieren – Technisch-wirtschaftliche Bewertung, 1998.
- [95] WÖGERBAUER, H.: Die Technik des Konstruierens, München, Berlin, 1943.
- [96] YOSHIKAWA, H.: General Design Theory as a Formal Theory of Design, Intelligent CAD I: Proceedings of the IFIP TC5 Wg5.2 Workshop 1987, ISBN: 0444874747, Elsevier Science & Technology Books, 1989.
- [97] ZADEH, L. A.: Fuzzy Sets, Information and Control, Vol. 8., 1965.
- [98] ZWICKY, F.: Morphological Astronomy, The Observatory, Vol. 68., 1948.
- [99] ZSÁRY, Á.: Gépelemek II., ISBN 963 18 6443, Nemzeti Tankönyvkiadó, 1990, Budapest
- [100] A Nemzeti Fejlesztési és Gazdasági Miniszter 16/2008. (VIII. 30.) NFGM rendelete a gépek biztonsági követelményeiről és megfelelőségének tanúsításairól.