

Miskolci Egyetem



GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR
GYÁRTÁSTUDOMÁNYI INTÉZET

TDK DOLGOZAT

**Fogaskerék-szivattyú szerelési folyamatának
és szerelési rendszerének tervezése**

KÉSZÍTETTE:

Szél Kristóf

Gépészmérnök BSc szakos,
Gépgyártástechnológia szakirányos hallgató

KONZULENS:

Dr. Kovács György

egyetemi tanár

Miskolc, 2023.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	2
2. A SZERELÉSI TEVÉKENYSÉG	3
3. EGY ADOTT GYÁRTMÁNY SZERELÉSI FOLYAMATÁNAK ÉS SZERELÉSI RENDSZERÉNEK TERVEZÉSE	3
3.1. A GYÁRTANDÓ KÉSZTERMÉK ELEMZÉSE.....	4
3.2. A GYÁRTANDÓ KÉSZTERMÉK BEÉPÜLÉSI CSALÁDFÁJÁNAK A MEGALKOTÁSA	4
3.3. A SZERELÉSI MŰVELETEK KIDOLGOZÁSA.....	6
3.4. A SZERELÉSI MŰVELETEK IDŐKALKULÁCIÓJA AZ MTM MÓDSZERREL.....	6
3.4.1. Az MTM (Methods Time Measurment) módszer bemutatása	6
3.4.2. Az MTM módszer alapmozdulatai és időegysége	7
3.4.3. Az MTM módszer által megalkotott különböző típusú és nehézségű mozdulatok kódjainak és TMU időegységeinek megadása	8
3.5. ÜTEMIDŐ MEGHATÁROZÁSA AZ ÜTEMIDŐ ELEMZÉS MÓDSZE- RÉNEK ALKALMAZÁSÁVAL	11
3.6. A SZERELÉSI MŰVELETEKNEK A SZERELŐ MUNKAÁLLOMÁ- SOKHOZ VALÓ IDEÁLIS HOZZÁRENDELÉSE – A SORKI- EGYENLÍTÉS MÓDSZERE ÉS A SZÜKSÉGES OPERÁTOROK SZÁMÁNAK MEGHATÁROZÁSA	12
3.7. A SZERELŐ MUNKAÁLLOMÁSOK KIALAKÍTÁSÁNAK LEHET- SÉGES MÓDJAI.....	12
4. A ÖSSZESZERELENDŐ FOGASKERÉK-SZIVATTYÚ ÁLTALÁNOS BEMUTATÁSA.....	14
5. A KONKRÉT FELADAT: EGY FOGASKERÉK-SZIVATTYÚ SZERELÉSI FOLYAMATÁNAK ÉS RENDSZERÉNEK A TERVEZÉSE	16
5.1. A GYÁRTANDÓ KÉSZTERMÉK BEMUTATÁSA	16
5.2. A GYÁRTANDÓ KÉSZTERMÉK BEÉPÜLÉSI CSALÁDFÁJÁNAK A MEGALKOTÁSA	17
5.3. A SZERELÉSI MŰVELETEK KIDOLGOZÁSA.....	18
5.4. A SZERELÉSI MŰVELETEK IDŐKALKULÁCIÓJA AZ MTM MÓDSZERREL.....	20
5.5. ÜTEMIDŐ MEGHATÁROZÁSA AZ ÜTEMIDŐ ELEMZÉS MÓDSZE- RÉNEK ALKALMAZÁSÁVAL	24
5.6. A SZERELÉSI MŰVELETEK SZERELŐ MUNKAÁLLOMÁSOKHOZ VALÓ IDEÁLIS HOZZÁRENDELÉSE – A SORKIEGYENLÍTÉS MÓD- SZERE ÉS A SZÜKSÉGES OPERÁTOROK SZÁMÁNAK MEGHA- TÁROZÁSA	25
5.7. A SZERELŐ MUNKAÁLLOMÁSOK LAYOUT-JÁNAK KIALAKÍTÁSA...	27
6. ÖSSZEFOGLALÁS	28
7. FELHASZNÁLT IRODALOM	29

1. BEVEZETÉS

Napjainkban az egyre gyorsabban változó vevői igények és gazdasági környezet, a globális piaci verseny és az egyéb gazdasági kihívások következtében a gyártó vállalatoknak egyre nagyobb hangsúlyt kell fektetniük költségeik csökkentésére és gyártási tevékenységeik hatékonyságjavítására versenyképességük megőrzése érdekében. A gyártási tevékenységek – köztük a szerelési tevékenység – hatékonyságának javítására több módszer is rendelkezésre áll.

A dolgozat első részében a szerelési tevékenység általános jellemzőit mutatom be, majd a szerelési folyamatok tervezésének általános módszertanát ismertetem. Bemutatom a gyártmány beépülési családfájának értelmezését, valamint ennek ismeretében a szerelési műveletek kidolgozásának módját.

Részletesen feltárom az MTM (Methods Time Measurement) módszert, mely alkalmazásának a célja, hogy a szerelési műveleteket szabványos mozdulatso-rokká és elemi mozdulatokká bontsuk, majd az elemi mozdulatokhoz szabványos időket rendeljünk. Így a teljes szerelési folyamat időszükséglete meghatározható. Ezt követően bemutatom az ütemidő elemzés módszerét, mely módszer alkalmazásával meghatározható a szerelési rendszer kialakításához szükséges munkaállo-mások és operátorok száma. Végül a kapott számú munkaállomáshoz kell az egyes szerelési műveleteket a megfelelő módon – közel azonos ciklusidők szerint – hozzárendelni.

A dolgozat második részében egy konkrét fogaskerék-szivattyú szerelési folyamatának és rendszerének a tervezését mutatom be a korábban ismertetett elméleti tervezési módszer alapján.

Először a gyártandó fogaskerék-szivattyú beépülési családfáját dolgozom ki, amely tartalmazza a gyártmány szerkezeti struktúráját. Ezt követően az egyes szerelési műveletek kidolgozása következik, majd a szerelési műveletek időkalkulációját végzem el az MTM módszer alkalmazásával.

Az ütemidő elemzés módszerével meghatározom a vevői ütemidőt, mely alapján elvégzem az egyes szerelési műveletek szerelő munkaállomásokhoz való ideális hozzárendelését. Végül javaslatot teszek a szerelő munkaállomások layout-jának a kialakítására.

2. A SZERELÉSI TEVÉKENYSÉG

A szerelés egy olyan műszaki tevékenység, amelynek során valamilyen előírt műszaki, gazdasági vagy esztétikai követelmények figyelembevételével a meghatározott pontossággal legyártott alkatrészeket használati értéket jelentő szerkezeté, illetve gyártmánnyá állítunk össze [1,2]. Az állapotváltozást eredményező tevékenységeket szerelési folyamattal határozzuk meg. A szerelési folyamat kialakítására és szabályozására a szereléstechológiai utasítás alkalmas. A szerelési folyamat csak egy adott szerelési rendszerben értelmezhető. A folyamatot felépítő tevékenység végrehajtásához szükség van a kívánt mennyiségű és minőségű alkatrészekre, működőképes berendezésekre, eszközökre és operátorokra, melyeket/akiket a munkahelyhez rendelünk.

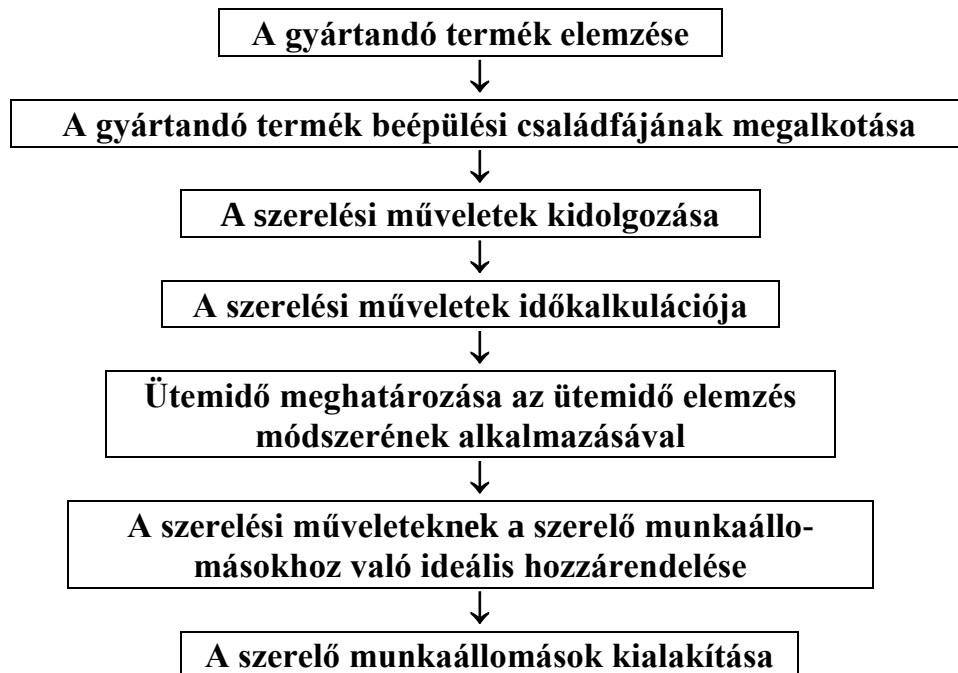
A szerelési folyamaton belül megkülönböztethetünk elő-, fő- és végszerelési folyamatszakaszokat. Az előszerelés eredményei a szerelési alcsoportok, a főcsoportok és a szerkezeti egységek, a végszerelés eredménye pedig a gyártmány. Ezért a különböző munkafeltételektől függően szükséges a szerelési tevékenységeket alap- és beszabályozási részre felosztani. Ennek ellenére a szerelési folyamat végső szakaszánál még olyan további tevékenységekkel is számolnunk kell, amelyek nem sorolhatók az előző tevékenységekhez. Ilyen pl. a vezérlés beállítása, a próbajáratás, a behangolás (jusztirozás), a statikus vagy a dinamikus ellenőrzés végrehajtása, amelyeket utószerelésnek nevezünk. Az utószerelés fogalomkörébe tartozik még az un. utánigazítás (repaszálás) is, amelynek során a gyártmányokat próbaüzemeltetjük, majd szétszereljük, és megvizsgáljuk az alkatrészek illeszkedésének (pl. elmozdulás, fedés) jellegét és mértékét. Így az esetleges helytelen szerelés vagy működés esetén a hibák okai feltárhatók, és a további gyártás és szerelés során a tapasztalatok felhasználhatók [1,2].

3. EGY ADOTT GYÁRTMÁNY SZERELÉSI FOLYAMATÁNAK ÉS SZERELÉSI RENDSZERÉNEK TERVEZÉSE

Bár az egyre magasabb fokon automatizált gyártó- és szerelő rendszerek széles körben terjednek, azonban számos iparágban a manuális gyártási folyamatok iránti igény még napjainkban is jelentős, illetve a jövőben is szükség lesz rájuk [3,4]. Ezen kézi szerelő rendszerek működtetésével kapcsolatban egyre inkább fokozódó elvárás, hogy költséghatékonyak és egyre produktívabbak, egyidejűleg ergonomikusak és biztonságosak is legyenek [5].

A gyorsan változó vevői igények, valamint a késztermékek komplexitásának növekedése megteremti a szerelési folyamatok és rendszerek tervezésének hatékonysága iránti igényt. Ezen elvárások egyre komplexebb és gyorsabb tervezési módszerek kidolgozását és alkalmazását teszik szükségessé egy új gyártandó termék bevezetése esetén.

A szerelési folyamatok és rendszerek tervezésének menetét az alábbi ábra mutatja be, mely elméleti módszertant fogom először részletesen bemutatni, majd ezt követően alkalmazni is fogom egy konkrét tervezési feladat bemutatása során [6].



1. ábra: A szerelési folyamat és rendszer tervezésének módszertana [saját szerkesztés]

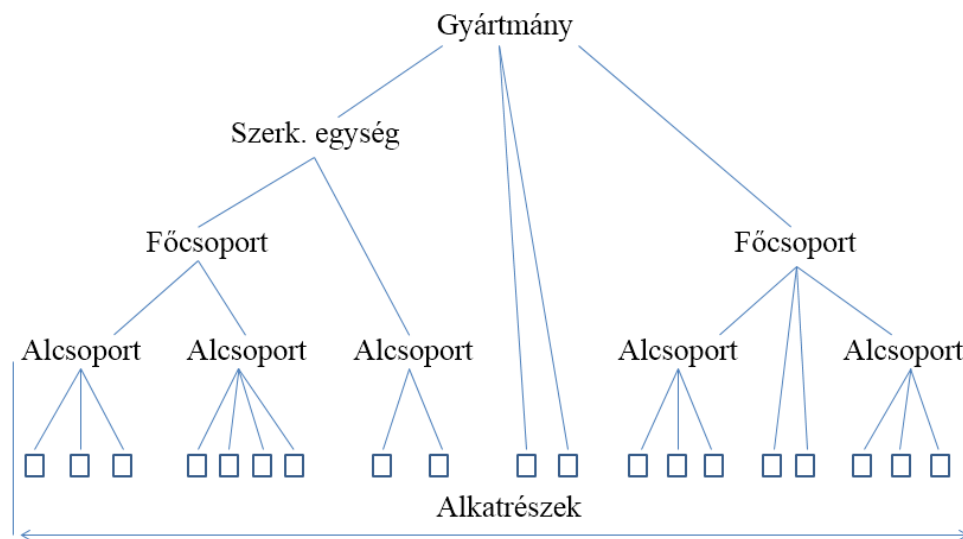
3.1. A GYÁRTANDÓ KÉSZTERMÉK ELEMZÉSE

A szerelésstervezés első fázisa a gyártandó termék alapos megismerése és elemzése. Ezután a vevő által biztosított műszaki rajzok tanulmányozása alapján össze kell gyűjteni a vevői elvárásoknak való megfeleléségi szempontokat. Ezen ismeretek birtokában végül a szükséges szerelési és technológiai elvárásokat meg kell fogalmazni.

3.2. A GYÁRTANDÓ KÉSZTERMÉK BEÉPÜLÉSI CSALÁDFÁJÁNAK A MEGALKOTÁSA

Az elvégzendő szerelési műveletek kidolgozásához elemezni kell a gyártmány felépítési struktúráját, illetve meg kell alkotni az adott gyártandó termék beépülési családfáját.

A tagolási variánsok elemzésénél ügyelni kell arra, hogy az egyes részegységek szerelése minél rövidebb technológiai szakaszban legyen megoldható [1,2]. A helyes tagolás biztosítja azt, hogy a szerelt egységeket – a magasabb komplexitás felé haladva – fokozatosan úgy illesszük egymáshoz, hogy minden ellenőrzést a legegyszerűbb helyen végrehajtva a gyártmányt a kívánt minőségben minél egyszerűbben állítsuk elő. A beépülési családfa (BOM – Bill of Materials) a gyártmány tagozódási és felépítési rendjét adja meg grafikus formában. Tartalmazza a szerkezeti egységeket, főcsoportokat, alcsoportokat és az alkatrészeket is (2. ábra).



2. ábra: A gyártmány felépítési struktúrája [saját szerkesztés]

- **A gyártmány az alábbi egységekből áll:**

Gyártmány:

A gyártmány a gyártási folyamat végterméke. A gyártmány lehet 1 db egységből álló vagy több egységre, részekre bontható késztermék (pl. gépkocsi, csapágy, szivattyú, stb.).

Szerkezeti egység:

A szerkezeti egység több alkatrészből álló olyan szerkezet, amelyet szerelési vagy konstrukciós szempontból egységnek lehet tekinteni. Jellemzője, hogy a gyártmányban önálló feladatot old meg, külön összeszerelhető, kipróbálható és ellenőrizhető (pl. motor, hajtóműház, felépítmény, stb.).

Főcsoport:

A főcsoport a szerkezeti egység olyan alkatrészcsoportja, amely áttekinthetőségi vagy szerelési szempontból még kisebb csoportokra bontható. Jel-

lemzője, hogy önállóan összeszerelhető és ellenőrizhető (pl. olajszivattyú, generátor, stb.).

Alcsoport:

Az alcsoport a főcsoport bontásából származó kisebb alkatrészecsopot. Jellemzője, hogy összeszerelés után beméréssel ellenőrizhető (pl. tengely fogaskerékkel és csapággal, stb.).

Alkatrész:

Az alkatrész a gyártmány olyan eleme, amely tovább már nem bontható (pl. tengely, fogaskerék, csapággy, stb.). [1,2]

3.3. A SZERELÉSI MŰVELETEK KIDOLGOZÁSA

Az elvégzendő szerelési műveletek meghatározása és a szerelési műveletterv kidolgozása a gyártmány – előző lépésben összeállított – beépülési családfája alapján történik meg. A szerelési műveletterv az egyes műveletek műveletelemeinek egymásutániságát írja le [7].

Ezen tervezési lépés kidolgozása is nagyfokú mérnöki kreativitást igényel.

3.4. A SZERELÉSI MŰVELETEK IDŐKALKULÁCIÓJA AZ MTM MÓDSZERREL

Az egyes szerelési műveletek elvégzéséhez szükséges idők meghatározására több módszert is alkalmaznak az ipari gyakorlatban.

Az időelemzés legegyszerűbb módja egy lágyártott prototípus próbaszerelése, illetve a szerelés egyes műveleteinek stopperórás időmérése. Ezen időkalkulációs módszer azonban nem eredményez kellően pontos műveleti időket.

Egy jóval megbízhatóbb és pontosabb időkalkulációs módszer az MTM (Methods Time Measurment) eljárás.

A továbbiakban ezen MTM eljárást szeretném részletesen bemutatni.

3.4.1. Az MTM (Methods Time Measurment) módszer bemutatása

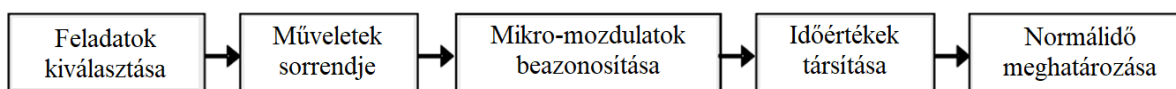
Az MTM módszer koncepciójának kidolgozása az 1940-es évek végén kezdődött, amikor 1948-ban Maynard, Stegemerten és Schwab kiadta a „Methods Time Measurement” című könyvet [8]. Ezen könyv részletesen bemutatja az MTM módszer alkalmazási szabályait, amiket úgy határoztak meg, hogy az ember akár több órán keresztül nagy hatékonysággal legyen képes végrehajtani a

szerelési feladatokat anélkül, hogy elfáradna. Ez a módszer azóta is folyamatosan fejlesztés alatt áll.

Először az USA-ban alkalmazták, de az elmúlt évtizedek során az egész világon elterjedt. 1951-ben az „MTM Users” Szervezet megalakította az USA/Kanada MTM Szövetséget, amit más nemzeti MTM Szövetségek alapítása követett. Végül az 1957-es párizsi MTM találkozón elhatározták, hogy létrehoznak egy Nemzetközi MTM Igazgatóságot (IMD), amely a nemzeti szövetségek munkáját koordinálja [9].

Az MTM módszertan a mozdulatsorok alapmozdulatokká való strukturálására szolgál. Ezen módszertant a munka leírására, konfigurálására és tervezésére szolgáló eszközként használjuk arra törekedve, hogy a szerelési rendszerek minél hatékonyabbak legyenek. Használható bárhol az iparban, ahol meg kell tervezni, szervezni és végre kell hajtani egy manuális összeszerelési feladatot [10,11].

Az MTM gyakorlatban való alkalmazásának az alábbi szakaszait különítjük el egymástól, amelyek a 3. ábrán láthatók. Az szerelési műveletek sorrendjének meghatározása után az egyes műveleteket mozdulatokra kell bontani, melyekhez standard idők társíthatók, így a teljes szerelési folyamat teljes ciklusideje meghatározható.



3. ábra: Az MTM módszer alkalmazásának szakaszai [saját szerkesztés]

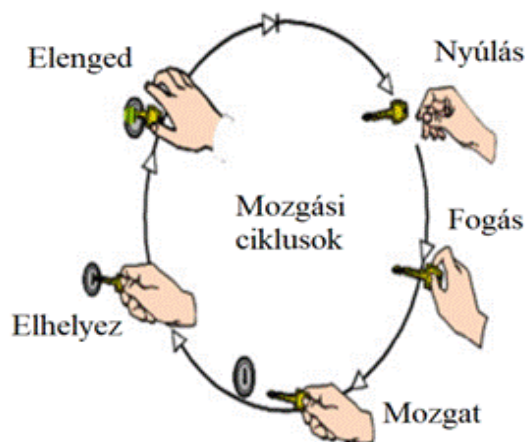
Az MTM módszer alapvető célja a mozdulatokból eredő anyagi- és idővesztések kiküszöbölése; valamint a nem értékteremtő, de szükséges folyamatok átfutási idejének csökkentése a manuális szerelési folyamatokban. Ennek eredményeként az értékteremtő tevékenységek részaránya nő [12].

Az MTM – mint a munka- és időgazdálkodás eszközszerrendszere – más elemi időállandós rendszerekkel összehasonlítva világszerte a legjobban elterjedt. Az MTM a szerelési folyamatokat szisztematikusan tagolja, rendszerezi és láthatóvá teszi a befolyásoló tényezőket. Azt a célt tűzi ki, hogy a munkafolyamatokat már a tervezési fázisban helyesen alakítsák ki [13,14].

3.4.2. Az MTM módszer alapmozdulatai és időegysége

Valamennyi mozdulatunk a 4. ábrán látható öt alapmozdulaton alapul: nyúlás (R – Reach), fogás (G – Grasp), mozgatás (M – Move), pozícionálás (P –

Position) és elengedés (RL – Release). Ezek a mozgások teszik ki a manuális összeszerelésnél végzett kézmozdulatok 80-85%-át is [15].



4. ábra: Az MTM módszer 5 alapmozdulata [saját szerkesztés]

Az MTM módszertana szerint minden alapmozdulathoz egy standard idő van hozzárendelve, amely meghatározásra kerül azon tényezők függvényében, amelyek befolyásolják az adott munkafolyamat összetételét, komplexitását [8,15].

A módszer az egyes mozdulatokhoz különböző szabványos időértékeket rendel. Ezen időértékek, egy új időegységben, a TMU-ban (Time Measurement Unit) vannak kifejezve [8,16]. Egy másodperc 27,8 TMU-val azonos az eredetileg alkalmazott alapelv szerint. A TMU egységek időegységekre való átváltását az 1. táblázat adja meg.

TMU	másodperc (sec)	perc (min)	óra (h)	TMU	másodperc (sec)	perc (min)	óra (h)
27,8	1	-	-	1	~ 0,036	-	-
1667	-	1	-	1	-	~0,0006	-
100 000	-	-	1	1	-	-	~0,00001

1. táblázat: A TMU átszámítások egységei [saját szerkesztés]

3.4.3. Az MTM módszer által megalkotott különböző típusú és nehézségű mozdulatok kódjainak és TMU időegységeinek megadása

Valamennyi szerelési mozdulatot, vagy mozdulatsort az MTM módszerben kidolgozott kódokkal kell pontosan megadni. Az alábbiakban a 4. ábrán bemutatott 5 alapmozdulaton alapuló különböző komplexitású mozdulatok időértékei vannak táblázatos formában megadva [16,17]. Az 5 alapmozdulaton alapuló mozgások differenciálhatók pl. a mozzgatandó tömeg nagysága, a mozdulat elvárt

pontossága, vagy a mozgatandó alkatrész mérete szerint. Az adott mozdulat-sorok elemzése után a TMU értékeket át kell számítani másodpercre, mivel ez az adat szükséges a későbbiekben a szerelési folyamatunk tervezéséhez.

1.) Nyúlás (R – Reach)

Mozgás hossza (cm)	TMU			
	A	B	C, D	E
5	4	4	5,9	3,8
10	6,1	6,4	8,4	6,8
20	7,9	10,1	11,5	9,3
30	9,6	12	14,2	11,8
40	11,4	15,8	17	13,6

2. táblázat: Nyúláshosszhoz és típushoz rendelt TMU idők

- A: Nyúlás olyan egyedül álló tárgy után, amely mindig ugyanazon a helyen van.
 B: Nyúlás egyedül álló tárgy után, amely kis mértékben eltérő helyen található.
 C: Nyúlás önálló tárgyhöz, ami össze van keverve azonos vagy hasonló tárgyakkal.
 D: Nyúlás egyedül álló tárgy után, mely nagyon aprólékos, óvatos kezelést igényel.
 E: A kéz nyúlása, illetve áthelyezése egy meghatározatlan helyzetbe.

2.) Fogás (G – Grasp)

Besorolás	TMU
GA	2
GB	3,5
G2	5,6
G3	5,6
G4A	7,3
G4B	9,1
G4C	12,9
G5	0

3. táblázat: Fogásvariációkhoz rendelt TMU idők

- G1: Felvevő fogás.
 G1A: Egyedül álló tárgy megfogása az ujjak összezárásával.
 G1B: Egyedül álló, kicsi méretű (3x3x3 mm alatti) tárgyak megfogása.
 G2: Után fogás, a már kézben lévő tárgy után igazítása.
 G3: Átadó fogás egyik kézből a másikba.
 G4: Kiválasztó fogás, tárgy keresése és kiválasztása egy halmazból.
 G4A: A tárgy mérete nagyobb, mint 25x25x25 mm.
 G4B: A tárgy mérete 6x6x3 mm és 25x25x25 mm között van.
 G4C: A tárgy mérete kisebb, mint 6x6x3 mm.
 G5: Érintő fogás, a tárgyat érintéssel tudjuk irányítani.

3.) Mozgatás (M – Move)

Mozgás hossza (cm)	TMU			
	A	B	C	m-B
2	2	2	2	1,7
10	6	6,8	7,9	4,3
20	9,6	10,5	11,7	7,1
30	12,7	13,3	15,1	9,8
40	16	15,8	18,7	12,8

4. táblázat: Mozgatási variációkhoz rendelt TMU idők

A: A tárgyat vagy a másik kézhez, vagy egy ütköző álláshoz kell vinni.

B: A tárgyat megközelítő, vagy meghatározatlan helyzetbe kell vinni.

C: A tárgyat egy meghatározott helyzetbe kell vinni. A célterület nagysága 12 mm.

4.) Elhelyezés (P – Position)

Illesztés módja	Jellemzője	Szimmetriája	Kezelhetőség	
			TMU	
			E	D
P1	Laza	S	5,6	11,2
		SS	9,1	14,7
		NS	10,4	16
P2	Szoros	S	16,2	21,8
		SS	19,7	25,3
		NS	21	26,6
P3	Rögzített	S	43	48,6
		SS	46,5	52,1
		NS	47,8	53,4

5. táblázat: Elhelyezésekhez rendelt TMU idők

P1: Laza, nyomásra nincs szükség.

P2: Szoros, enyhe nyomás kell.

P3: Rögzíti, erős nyomás kell.

S: Szimmetrikus: a tárgyat minden helyzetben egymásba lehet illeszteni.

SS: Fél-szimmetrikus: a tárgyat két vagy több helyzetben lehet összeilleszteni.

NS: Aszimmetrikus: a tárgyat csak egy helyzetben lehet illeszteni.

E: A kezelhetőség egyszerű.

D: A kezelhetőség nehézkes.

5.) Elengedés (RL – Release)

Besorolás	TMU
RL1	2
RL2	0

6. táblázat: Elengedés típusokhoz rendelt idők

RL1: Normálelengedés az ujjak nyitásával.

RL2: Az érintkezés megszüntetésével.

3.5. ÜTEMIDŐ MEGHATÁROZÁSA AZ ÜTEMIDŐ ELEMZÉS MÓDSZERÉNEK ALKALMAZÁSÁVAL

A gyártás ütemét a vevői igény határozza meg. A vevők által megrendelt késztermékek darabszámának ismeretében meg lehet határozni, hogy 1 darab késztermék legyártására maximum mennyi idő áll rendelkezésre [18]. Ezt nevezük ütemidőnek. Az **ütemidő** az alábbi képlettel számítható:

$$T_{\text{ütem}} = \frac{T_{gy}}{Q} \text{ [sec/db]} \quad (1)$$

ahol: T_{gy} – a gyártásra rendelkezésre álló idő egy műszakban [sec],

Q – a vevő által igényelt késztermékek darabszáma egy műszakra vonatkozóan [db].

- A szerelésre rendelkezésre álló valós munkaidő egy műszakban 7,5 óra, azaz 27000 sec/műszak (a 8 órás munkaidőből 30 perc a pihenőidő).
- A vevői igény alatt a késztermék gyártása iránti vevői igény nagyságát értjük [db/műszak].

A számított ütemidő tehát megadja azt az időegységet, amely alatt 1 darab készterméket elő kell állítani annak érdekében, hogy a vevő által igényelt gyártási darabszám megvalósítható legyen.

Az adott vevői igény azonban csak akkor teljesíthető, ha a szerelési folyamatban minden szerelő munkaállomás teljes ciklusideje az ütemidőnél kisebb. Ellenkező esetben az adott műszak alatt nem gyártható le a szükséges termékmennyiség.

Az ütemidő elemzés célja tehát az, hogy – a számított ütemidő ismeretében – meg tudjuk majd határozni az egyes munkaállomások szerelési tevékenységeinek a maximális ciklusidejét. A munkaállomásokon végzett műveletek teljes ciklusidejének kisebbnek kell tehát lenni, mint a rendelkezésre álló ütemidő.

3.6. A SZERELÉSI MŰVELETEKNEK A SZERELŐ MUNKAÁLLOMÁSOKHOZ VALÓ IDEÁLIS HOZZÁRENDELÉSE – A SORKIEGYENLÍTÉS MÓDSZERE ÉS A SZÜKSÉGES OPERÁTOROK SZÁMÁNAK MEGHATÁROZÁSA

A Sorkiegyenlítés során arra kell törekedni, hogy az operátorokat és a munkaállomásokat egyenletesen terheljük. Minden munkaállomás és operátor esetén a terhelés csak akkor lehet, hogy az egyes munkaállomásokhoz és operátorokhoz rendelt munkamennyiség elvégzéséhez szükséges ciklusidő éppen az ütemidő alatt maradjon. Így a vevői igények – a megrendelt késztermékek darabszámának legyártásával – teljesíthetők, valamint a munkaállomások és az operátorok túlterhelése (a Lean filozófia szerinti mura és muri típusú veszteség) is elkerülhető.

- A szükséges munkaállomások ($N_{má}$) és operátorok (N_{op}) számának meghatározása az alábbi képlettel történik:

$$N_{má,op} = \frac{T_{teljes}}{T_{ütem}} \quad [db] \quad (2)$$

ahol: T_{teljes} – a teljes szerelési folyamat ciklusidejeinek összege [sec],
 $T_{ütem}$ – az ütemidő [sec/db].

Ezen módszerrel a konkrét szerelési feladat esetére tehát meghatározható, hogy az adott munkamennyiséget hány munkaállomáson hány operátorral lehet megvalósítani [18]. Tehát az egyes szerelési műveleteket – törekedve a munkaállomások egyenletes terhelésére – a kapott számú munkaállomásokra kell szétosztani.

A feladat tehát a szerelési műveletek olyan módon való egyenletes szétosztása az egyes munkaállomások között, hogy azok végrehajtása – a rendelkezésre álló erőforrások maximális kihasználása mellett – a számított ütemidő alatt valósuljon meg.

3.7. A SZERELŐ MUNKAÁLLOMÁSOK KIALAKÍTÁSÁNAK LEHETSÉGES MÓDJAI

A szerelési folyamat tervezésének utolsó lépése a munkaállomások ideális kialakításának (layout-jának) meghatározása.

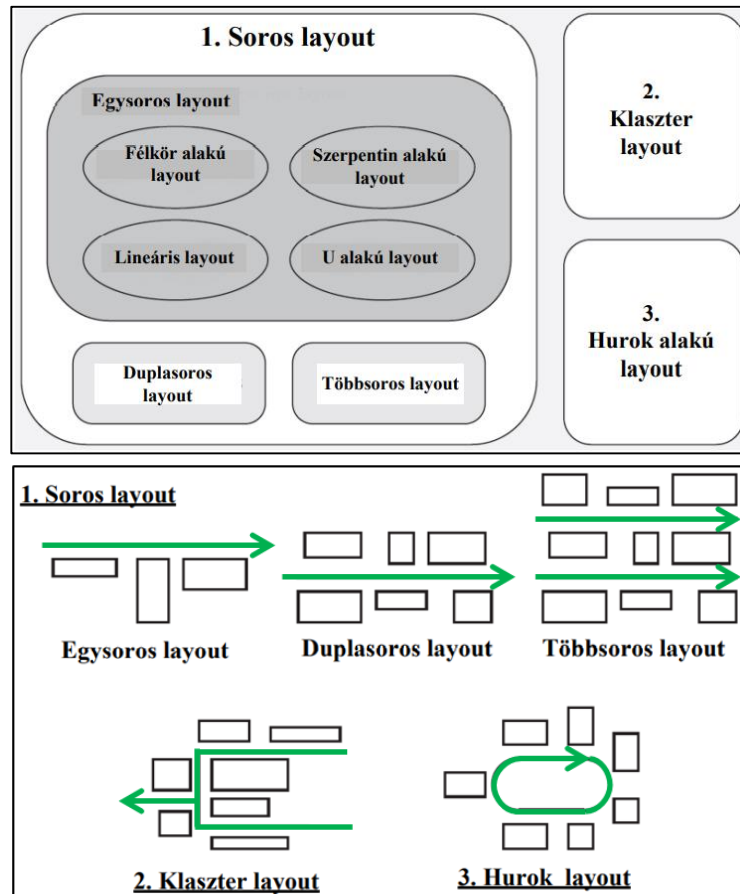
A szerelési folyamatok során alkalmazott layout kialakítási módok az alábbiak lehetnek [19]:

1. Soros layout

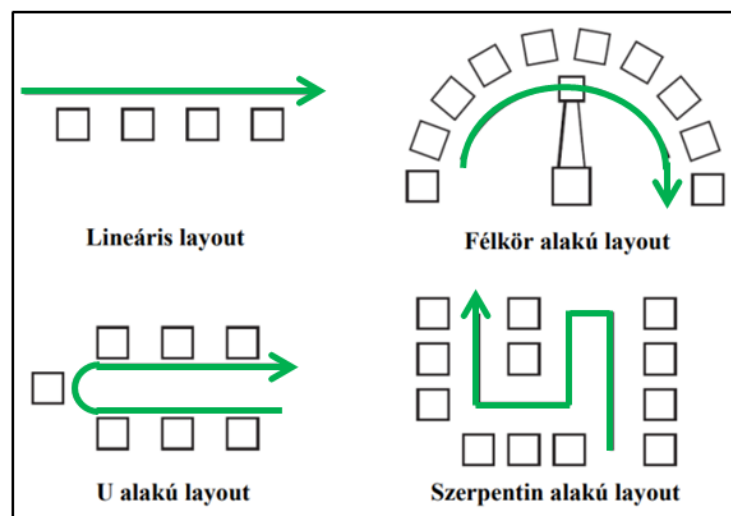
- **Egysoros:** 1.) félkör, 2.) lineáris, 3.) szerpentin és 4.) U alakú
- **Duplasoros**
- **Többsoros**

2. Klaszter layout

3. Hurok alakú layout



5. ábra A layout-ok jellegzetes típusai [19]



6. ábra: Az egysoros layout-ok fajtái [19]

4. A ÖSSZESZERELENDŐ FOGASKERÉK-SZIVATTYÚ ÁLTALÁNOS BEMUTATÁSA

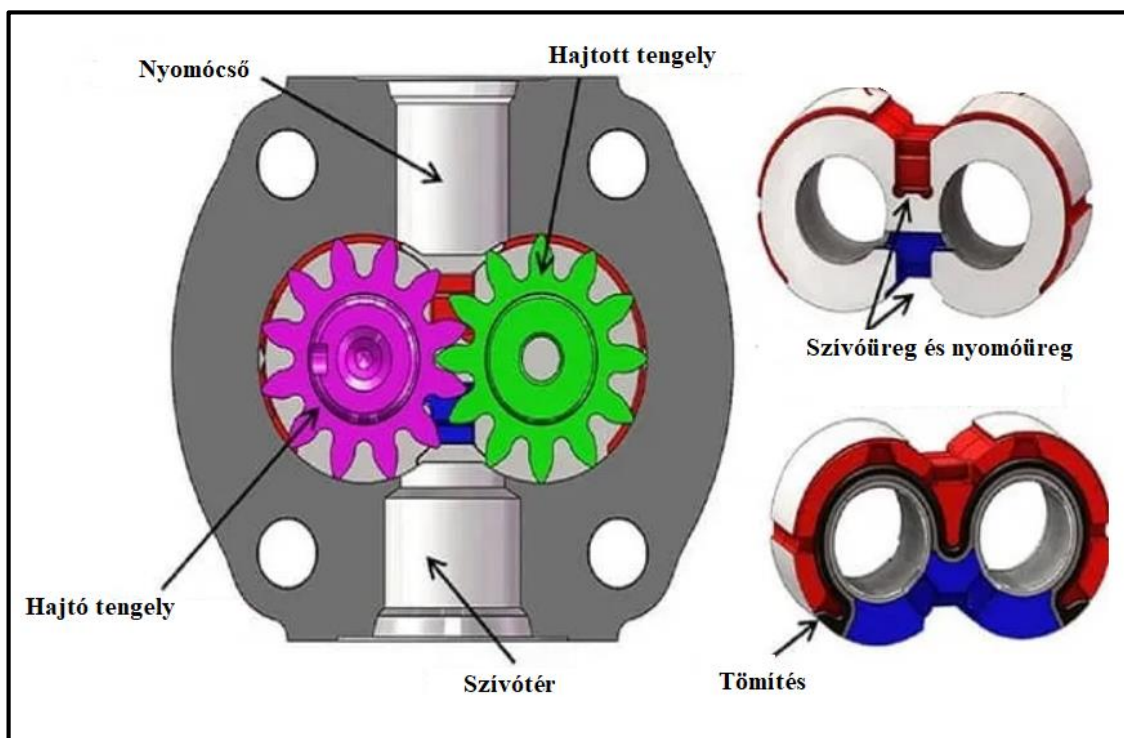
A folyadékokat szállító és a mozgási energiát hidraulikus energiává alakító szivattyúknak több típusa is létezik, melyek közül az egyik legnépszerűbb változatnak a fogaskerék-szivattyúk számítanak. Van külső és belső fogazású változatuk is.

Ebben a tanulmányban a külső típusút mutatom be, mivel ezt a típust használják a leggyakrabban.

A fogaskerék-szivattyúk megbízhatóak, és mivel felépítésük egyszerű, ezért gyors és költséghatékony az összeszerelésük és javításuk is. Érdekes ezért megnézni, hogy hogyan is működnek.

A fogaskerék-szivattyúnak nyolc fontosabb eleme van, melyek a következők: a fogaskerékpár, a csapágyház, a szivattyúház, az első házfedél, a hátsó házfedél, a tengelytömítés, a csapágyak és az axiális tömés. A szivattyúház elemei készülhetnek öntöttvasból és alumíniumból, a csapágyak és a tömítések pedig az esetleges kopás megjelenésével egyszerűen cserélhetők. [20]

A fogaskerék-szivattyú működési elvét a 7. ábra mutatja be.



7. ábra: Külső fogazású szivattyú működése [21]

A folyadék a fogak közti résekben az egyik tengely megforgatásával jut el a házfal mentén a szívóoldalról a nyomó oldalra. A szívótérben a szívóhatást kiváltó nyomáscsökkenést a fogak között létrejövő nagyobb és nagyobb tér eredményezi, majd amikor a fogak ismét egymásba kapaszkodnak, akkor ez a tér beszűkül, és nyomásnövekedés alakul ki [20].

Ennek hatására a folyadék a nyomócsőbe kerül. A kiszorítási térfogatot jelző teljesítmény alapján mindenki tetszés szerint kiválaszthatja a számára legmegfelelőbb terméket (és ezzel az ideális szállítási mennyiséget). A korábban már említett belső fogazatú szivattyúkra ráadásul jellemző a kompakt szerkezeti kialakítás, ezért a kedvező fajlagos tömeg és a kis méret miatt testhezállóbb megoldást jelentenek.

A fogaskerék-szivattyú fordulatszámát meghatározza a folyadék viszkozitása, az eszköz kialakítása és a tengely csapágyazása. Emellett érdemes ügyelni arra is, hogy mínusz 40 és plusz 80 Celsius fok között a legjobb üzemeltetni a szivattyút, máskülönben károsodás léphet fel a túlságosan alacsony vagy magas hőmérséklet miatt [20].

5. A KONKRÉT FELADAT: EGY FOGASKERÉK-SZIVATTYÚ SZERELÉSI FOLYAMATÁNAK ÉS RENDSZERÉNEK A TERVEZÉSE

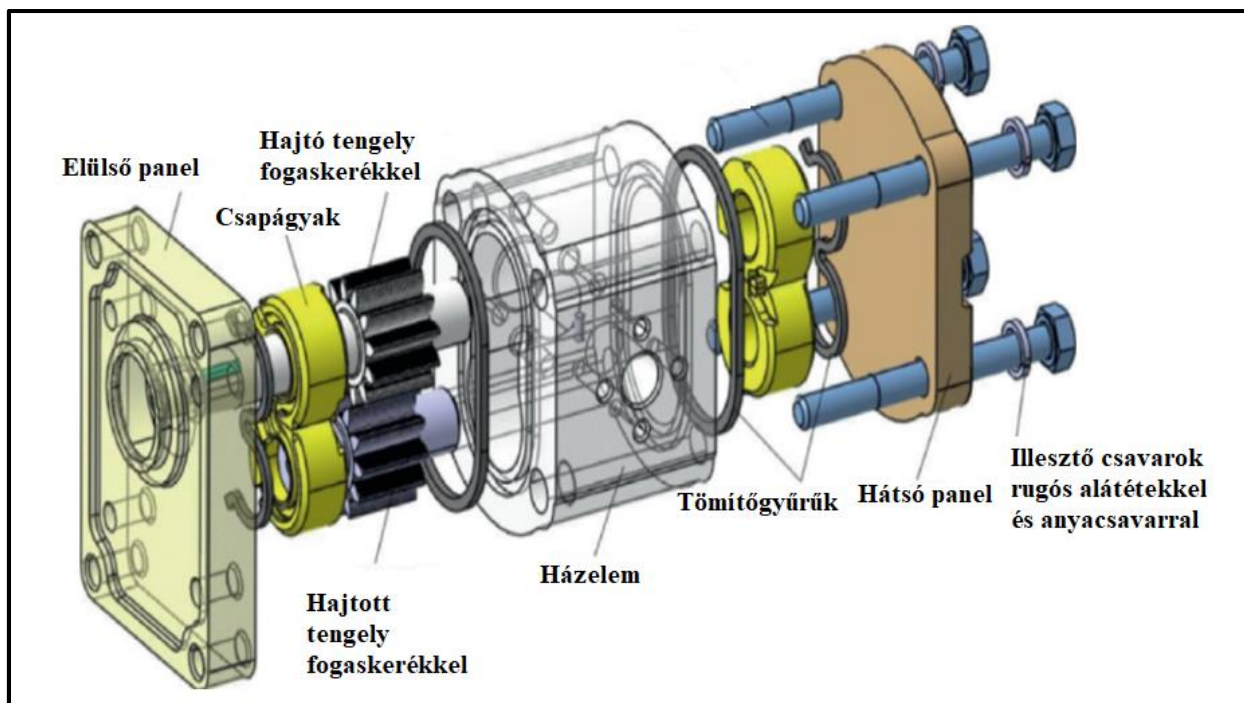
A dolgozat fő célja egy fogaskerék-szivattyú szerelési folyamatának megtervezése a 3. fejezetben bemutatott elméleti tervezési módszer alapján.

Először a gyártandó fogaskerék-szivattyú (gyártmány) beépülési családfáját dolgozom ki, amely tartalmazza a gyártmány szerkezeti struktúráját. Ezt követően a szerelési műveletek kidolgozása következik, majd a szerelési műveletek időkalkulációját végzem el az MTM módszer alkalmazásával.

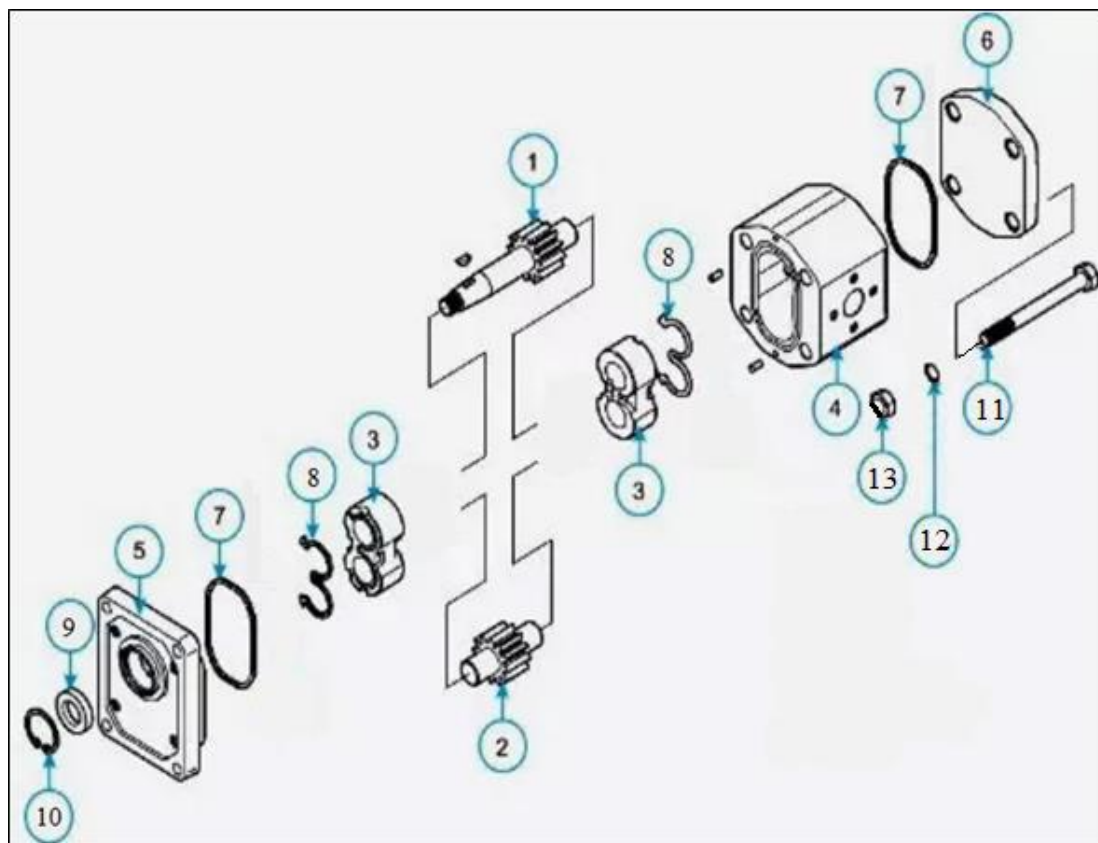
Az ütemidő elemzés módszerével meghatározom a vevői ütemidőt, mely alapján elvégzem az egyes szerelési műveletek szerelő munkaállomásokhoz való ideális hozzárendelését. Végül javaslatot teszek a szerelő munkaállomások layout-jának a kialakítására.

5.1. A GYÁRTANDÓ KÉSZTERMÉK BEMUTATÁSA

A 8. ábra a szerelendő fogaskerék-szivattyú robbantott ábráját mutatja, a 9. ábra pedig a szivattyú részletes alkatrészlistáját ismerteti.



8. ábra A szerelendő fogaskerék-szivattyú [21]



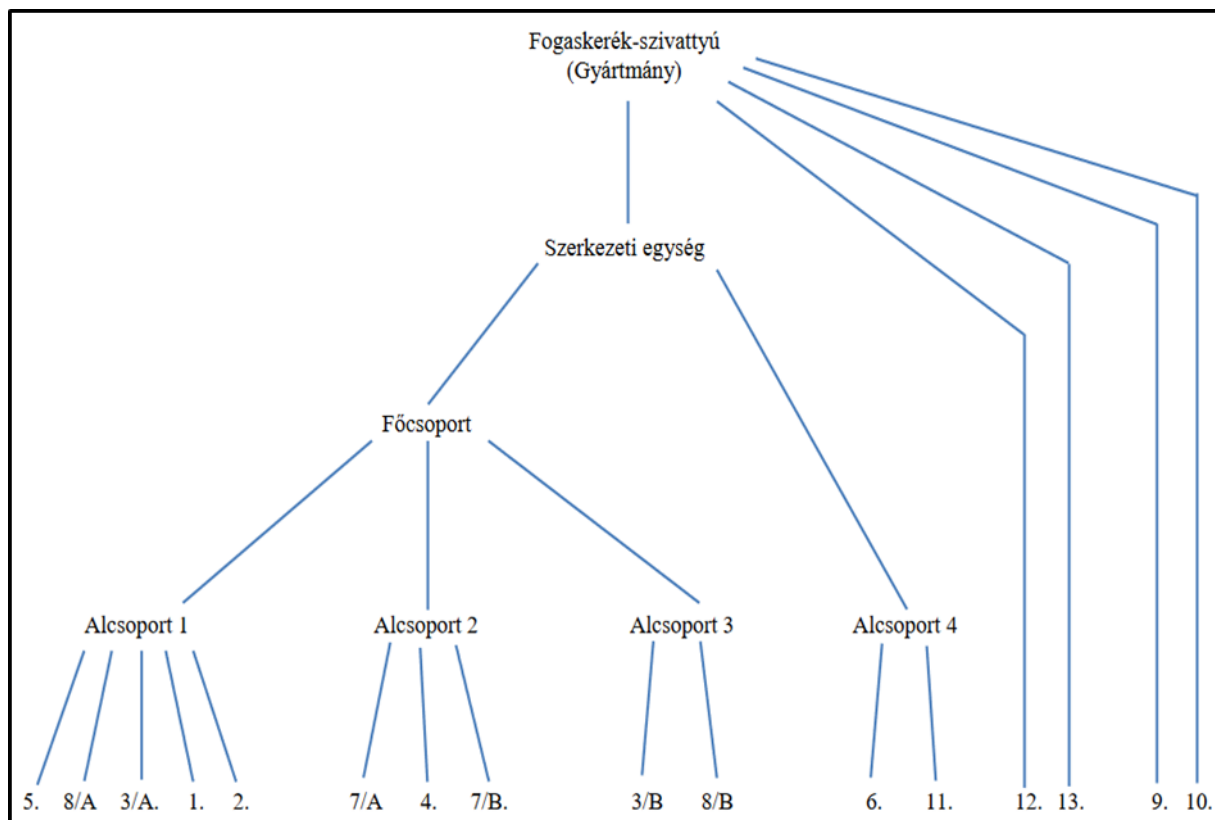
- | | |
|--|----------------------------------|
| 1. Hajtó tengely fogaskerékkel | 8. Csapágy tömítőgyűrű (A és B) |
| 2. Hajtott tengely fogaskerékkel | 9. Tengely tömítőgyűrű |
| 3. Csapágy (A és B) | 10. Zégergyűrű |
| 4. Szivattyú ház | 11. Illesztő csavar (4 db) |
| 5. Elülső borítólemez | 12. Rugós alátét (4 db) |
| 6. Hátsó borítólemez | 13. Anyacsavar (4 db) |
| 7. Szivattyúház tömítőgyűrűje (A és B) | Összesen 25 db alkatrész. |

9. ábra A szerelendő fogaskerék-szivattyú robbantott ábrája [22]

5.2. A GYÁRTANDÓ KÉSZTERMÉK BEÉPÜLÉSI CSALÁDFÁJÁNAK A MEGALKOTÁSA

A 10. ábra a szerelendő fogaskerék-szivattyú (gyártmány) általam kidolgozott beépülési családfáját (BOM – Bill of Materials) mutatja be, amely magában foglalja a gyártmány szerkezeti felépítését, valamint megmutatja, hogy annak milyen szerkezeti egységei, főcsoportjai, alcsoportjai és alkatrészei vannak. Továbbá reprezentálja, hogy azok milyen sorrendben épülnek be a gyártmányba.

A 10. ábra legalsó sorában a felhasznált beépülő alkatrészek láthatók, melyekből a bemutatott struktúra alapján a képzett alcsoportok, főcsoport, szerkezeti egység és végül a gyártmány származtatható. Az alkatrészek számozása a 9. ábrán ismertett alkatrész-számozással azonos.



10. ábra A fogaskerék-szivattyú beépülési családfája [saját szerkesztés]

5.3. A SZERELÉSI MŰVELETEK KIDOLGOZÁSA

A vizsgált fogaskerék-szivattyú szerelési folyamata kizárólag manuális összeszerelési műveletekből áll, ami során 25 alkatrészt szerelünk össze 14 műveletsorral.

Megvizsgáltam, hogy pontosan milyen műveleteket tartalmaz egy fogaskerék-szivattyú összeszerelése és részletesen tanulmányoztam, hogy az adott szerelési műveleteket miként lehet úgy megvalósítani, hogy minél rövidebb ciklusidővel valósulhasson meg a teljes szerelés folyamata.

A szerelés folyamata tehát az alábbi módon valósítható meg:

Az első műveletnél látható, hogy a csapágycsapágyak tömítőgyűrűjét kell ráhelyezni a belső tömítéssel és védőburkolattal ellátott csapágyazásra, majd a csapágyazást kell ráilleszteni az elülső panelre.

Ezt követően a hajtó és hajtott, fogaskerékkel ellátott tengelyeket kell pontosan a helyükre csúsztatni.

Miután a tengelyek a helyükre kerültek, a szivattyúház két végén lévő mélyedésbe kell a tömítőgyűrűket berakni, majd óvatosan a felépített belső szerkezetre ráhúzni, amíg össze nem ér az elülső panellel.

Ezután a másik csapágyazásra kell ráhelyezni a külső tömítést, majd a csapágyazást ráhúzzuk a hajtó és hajtott tengelyekre. Végül a hátsó panelt pontosan ráhelyezzük a házra.

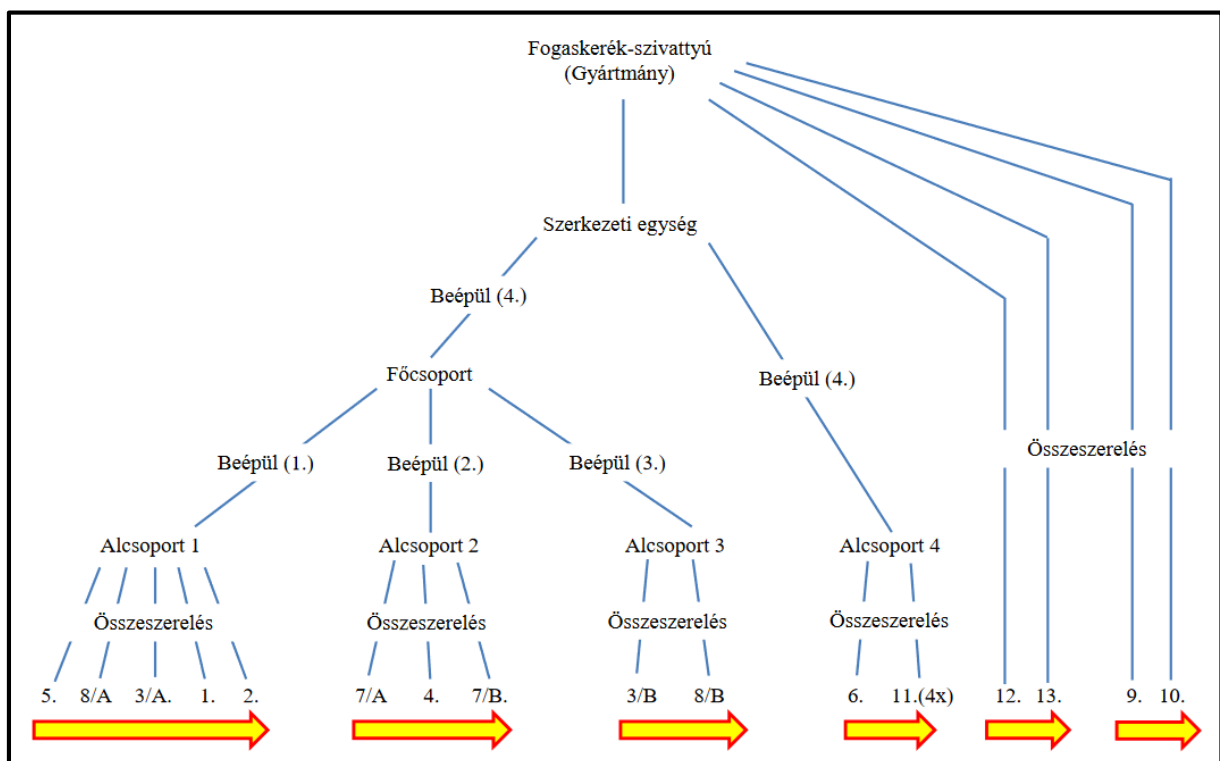
A négy darab félmenetes csavart óvatosan behelyezzük, hogy azok mindenhol átmenjenek a furatokon és kiegyenlítsék az összeszerelés közben keletkezett esetleges elcsúszásokat.

Átforgatjuk a félkész terméket úgy, hogy a hátsó borítólemez legyen alul.

A félmenetes csavarokra ráhelyezzük a rugós alátéteket, majd szorosan meghúzzuk a csavarokat.

Végül a hajtott tengely menetébe helyezzük a tömítőgyűrűt és zégergyűrű-fogó segítségével rákerül a zégergyűrű is.

A 11. ábrán az „Összeszerelés” jelölések a különböző alkatrészek alcsoportokba való összeszerelési folyamatait, illetve az alkatrészeknek közvetlenül a gyártmányba való beépülését jelölik. A „Beépül” jelölések az alcsoportok főcsoportba és szerkezeti egységbe való beépülési műveleteit mutatják. A sárga nyilak pedig a szerelési műveletek logikai sorrendjét mutatják.



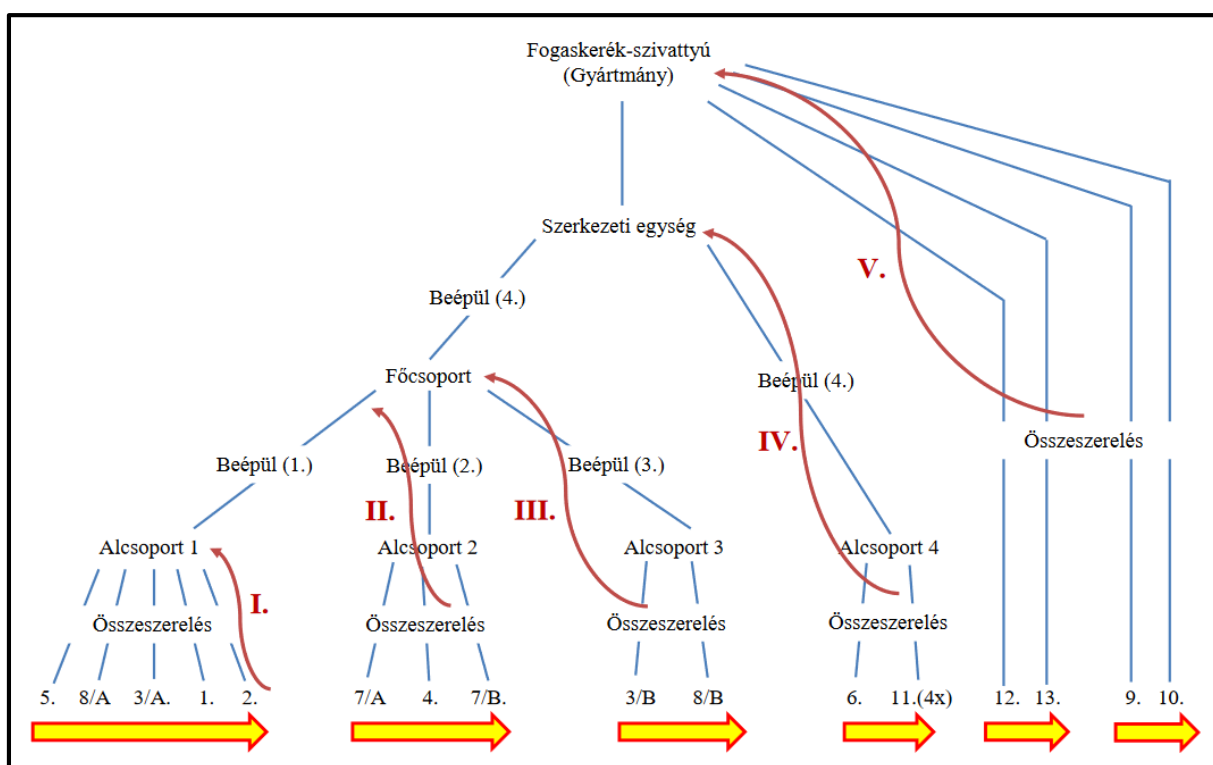
11. ábra A tervezett összeszerelési folyamat menete [saját szerkesztés]

5.4. A SZERELÉSI MŰVELETEK IDŐKALKULÁCIÓJA AZ MTM MÓDSZERREL

A vizsgált gyártmány kézi szerelése időigényének meghatározásához az MTM módszert alkalmaztam, mely során a teljes mozgásfolyamatot szabványos folyamatelemekre bontottam. Az egyes műveletelemekhez szabványos időértékeket határoztam meg.

Az MTM szabványos mozdulatelemeivel történő analitikus vizsgálattal meghatározható a szerelési folyamat optimális kialakítása és időszükséglete. Ezáltal a tevékenységről teljes képet alkotva az MTM lehetővé teszi a teljes értéktéremtési folyamat mentén az esetleges szűk keresztmetszetek felismerését is.

A 12. ábra az általam megtervezett összeszerelési folyamatot mutatja, melyen feltüntettem az 5 (I.-V.) fő szerelési sorozatot, melyek műveletsorait az alábbi táblázatokban részletezem.



12. ábra A tervezett összeszerelési folyamat 5 szerelési sorozata [saját szerkesztés]

A 12. ábra alapján megtervezett összeszerelési folyamat 5 (I.-V.) fő szerelési sorozatának MTM elemzését az alábbi 7-11. táblázatokban részletezem.

I. művelet sorozat: Az „Alcsoport 1” összeállítása – a 12. ábra „Alcsoport 1” alcsoport 5 db beépülő alkatrésze összeszerelésének MTM szerinti kódjai az alábbiak:

Feladat	Kód	TMU	Idő (s)
1. művelet A „3/A” csapágyazás tömítőgyűrűjének (8/A) felhelyezése a csapágyazásra. (3/A)	R: C30 G: G1A M: C30 P: P3NSE RL: RL2	14,2 2 15,1 47,8 0	2,85
2. művelet A „3/A” csapágyazás (tömítéssel, védőburkolattal ellátott) pontos ráhelyezése az elülső panelre (5).	G: G1A M: C20 P: P2NSE RL: RL2	2 11,7 21 0	1,25
3. művelet Hajtó és hajtott, fogaskerékkel ellátott tengelyek (1,2) helyükre csúsztatása.	R: B30 G: G1A M: C30 P: P1SE RL: RL1	12 2 15,1 5,6 2	1,32

7. táblázat: Az I. szerelési művelet sorozat MTM adatai

II. művelet sorozat: Az „Alcsoport 2” összeállítása és beépülése a főcsoportba – „Alcsoport 1” alcsoportra rászzerelésre kerül az „Alcsoport 2” alcsoport a „Beépül 2.” folyamat során. A művelet sorozat MTM kódjai az alábbiak:

Feladat	Kód	TMU	Idő (s)
4. művelet „7/A és 7/B” tömítőgyűrűk felhelyezése a szivattyúházra (4).	R: C30	14,2	5,9
	G: G1A	2	
	M: C30	15,1	
	P: P3NSE	47,8	
	G2	5,6	
	R: C30	14,2	
	G: G1A	2	
	M: C30	15,1	
	P: P3NSE	47,8	

5. művelet A házelem (7/A, 7/B és 4) ráhúzása a felépített belső szerkezetre.	G: G2 M: C20 P: P2NSE RL: RL1	5,6 11,7 21 2	1,45
---	--	------------------------	-------------

8. táblázat: A II. szerelési művelet sorozat MTM adatai

III. művelet sorozat: Az „Alcsoport 3” összeállítása és beépülése a főcsoportba – „Alcsoport 2” alcsoportra rászzerelésre kerül az „Alcsoport 3” alcsoport a „Beépül 3.” folyamat során. Ezzel elkészül a főcsoport. A művelet sorozat MTM kódjai az alábbiak:

Feladat	Kód	TMU	Idő (s)
6. művelet „3/B” csapágyazás (tömítéssel, védőburkolattal ellátott) tömítésének (8/B) felhelyezése a csapágyra (3/B).	R: C30 G: G1A M: C30 P: P3NSE RL: RL2	14,2 2 15,1 47,8 0	2,85
7. művelet A csapágy hajtó és hajtott tengelyre való ráhúzása	G: G1A M: C20 P: P2NSE RL: RL2	2 11,7 21 0	1,25

9. táblázat: A III. szerelési művelet sorozat MTM adatai

IV. művelet sorozat: „Alcsoport 4” szerkezeti egységgé építése – Az „Alcsoport 4” beépítésre kerül a főcsoportra, ezzel pedig létrejön a szerkezeti egység a „Beépül 4” folyamatok során. A művelet sorozat MTM kódjai az alábbiak:

Feladat	Kód	TMU	Idő (s)
8. művelet Hátsó panel (6) pontos felhelyezése a házra (4).	R: B30 G: G1A M: C30 P: P2NSE RL: RL1	12 2 15,1 21 2	1,88
9. művelet	R: C30 G: G1A M: C30	14,2 2 15,1	6,29

Fémenetes csavar (11) beillesztése a furatokba (4 db).	P: P1NSE RL: RL1 (Ez a művelet négyyszer ismétlődik)	10,4 2 (Ez a művelet négyyszer ismétlődik)	(a 4 művelet összesített időtartama)
10. művelet sor A félkész termék átforgatása kézzel.	R: A5 G: G1A M: C20 P: P1NSE RL: RL1	4 2 11,7 10,4 2	1,09

10. táblázat: A IV. szerelési művelet sorozat MTM adatai

V. művelet sorozat: A végső összeszerelési folyamatok – Rugós alátétek, anyacsavarok, valamint a tengely tömítőgyűrű és a zégergyűrű beszerelése a „Szerkezeti egységbe”, ami során elkészül a gyártmány. A művelet sorozat MTM kódjai az alábbiak:

Feladat	Kód	TMU	Idő (s)
11. művelet sor Rugós alátétek (12) beillesztése (4 db).	R: C30 G: G1A M: C30 P: P1NSE RL: RL1 (Ez a művelet négyyszer ismétlődik)	14,2 2 15,1 10,4 2 (Ez a művelet négyyszer ismétlődik)	6,29 (4 művelet összesített időtartama)
12. művelet sor Anyacsavarok (13) szoros meghúzása (4 db).	R: C30 G: G1A M: C30 P: P3NSE RL: RL1 (Ez a művelet négyyszer ismétlődik)	14,2 2 15,1 47,8 2 (Ez a művelet négyyszer ismétlődik)	11,67 (4 művelet összesített időtartama)
13. művelet sor Tengely tömítőgyűrűjének (9) beillesztése.	R: C30 G: G1A M: C30 P: P3NSE RL: RL2	14,2 2 15,1 47,8 0	2,85

14. művelet Zégergyűrű (10) rögzítése zégergyűrű fogó segítségével.	R: C30 G: G2 M: C30 P: P3NSD RL: RL2	14,2 5,6 15,1 53,4 0	3,18
--	--	----------------------------------	-------------

11. táblázat: Az V. szerelési művelet sorozat MTM adatai

5.5. ÜTEMIDŐ MEGHATÁROZÁSA AZ ÜTEMIDŐ ELEMZÉS MÓDSZERÉNEK ALKALMAZÁSÁVAL

A 3.5. fejezetben bemutatott ütemidő elemzés módszerével meghatározható az adott vevői megrendelés esetén adódó elvart ütemidő, ami meghatározza, hogy 1 darab késztermék legyártására maximum mennyi idő áll rendelkezésre. Az ütemidő tehát az alábbi képlettel számítható:

$$T_{\text{ütem}} = \frac{T_{gy}}{Q} = \frac{27000 \text{ sec}}{2000 \text{ db}} = \mathbf{13,5 \text{ [sec/db]}} \quad (3)$$

ahol: T_{gy} – a gyártásra rendelkezésre álló idő [sec],

Q – a vevő által igényelt késztermékek darabszáma [db].

- A szerelésre rendelkezésre álló **valós munkaidő egy műszakban 7,5 óra, azaz 27000 sec/műszak** (a 8 órás munkaidőből 30 perc a pihenőidő).
- A vevői igény **2000 db/műszak késztermék gyártása.**
- A konkrét esettanulmányban tehát az **ütemidő: 13,5 sec/db.**

Ez azt jelenti, hogy a vevői igény – azaz 2000 db/műszak késztermék legyártása – csak akkor teljesíthető, ha a szerelési folyamatban minden munkaállomás ciklusideje a 13,5 (sec/db) ütemidőnél kisebb.

Az ütemidő ismeretében tehát az a cél, hogy meg tudjuk majd határozni az egyes munkaállomások szerelési tevékenységeinek a maximális ciklusidejét úgy, hogy a munkaállomásokon végzett műveletek teljes ciklusideje kisebb legyen, mint a rendelkezésre álló ütemidő.

Azonban az ütemidőnél jóval kisebb ciklusidejű munkaállomások is veszteséget eredményeznek a szerelési folyamatban, mivel ezeknél a munkaállomásoknál az erőforrások (eszköz- és humán erőforrások) kihasználatlanok maradnak [23].

5.6. A SZERELÉSI MŰVELETEK SZERELŐ MUNKAÁLLOMÁSOKHOZ VALÓ IDEÁLIS HOZZÁRENDELÉSE – A SORKIEGYENLÍTÉS MÓDSZERE ÉS A SZÜKSÉGES OPERÁTOROK SZÁMÁNAK MEGHATÁROZÁSA

A következő feladat az egyes műveletek olyan módon való szétosztása és kiegyenlítése a szükséges munkaállomás között úgy, hogy azok végrehajtása – a rendelkezésre álló erőforrások maximális kihasználása mellett – a számított ütemidő alatt valósuljon meg.

Először a 3.6. fejezetben bemutatott elmélet szerint meg kell határozni a szükséges munkaállomások ($N_{má}$) és operátorok (N_{op}) számát, amellyel az adott vevői megrendelés mellett a szerelési folyamat kialakítható.

$$N_{m.á.,op} = \frac{T_{teljes}}{T_{ütem}} = \frac{50,13}{13,5} = 3,713 \text{ [db]} \quad (4)$$

ahol: T_{teljes} – a teljes szerelési folyamat ciklusidejeinek összege [sec],

$T_{ütem}$ – az ütemidő [sec/db].

- A számítás eredményeként a konkrét feladatban **a szükséges munkaállomások és operátorok száma: 4 (3,713) db.**

Tehát **4 munkaállomáshoz rendelt 4 operátorral elvégezhető úgy, hogy valamennyi munkaállomás ciklusideje az ütemidő (13,5 sec) alatt maradjon,** és egymáshoz viszonyítva kiegyenlített, közel azonos legyen.

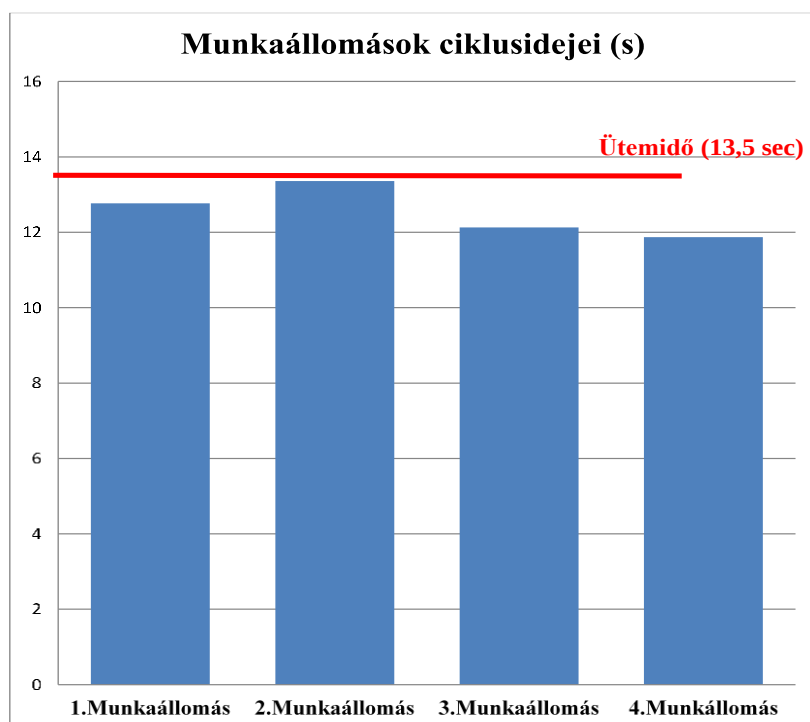
A Sorkiegyenlítés során arra kell törekedni, hogy az operátorokat és a munkaállomásokat egyenletesen terheljük. Minden munkaállomás és operátor esetén a terhelés csak akkora lehet, hogy az egyes munkaállomásokhoz és operátorokhoz rendelt munkamennyiség elvégzéséhez szükséges ciklusidő éppen az ütemidő alatt maradjon. Így a vevői igények – a megrendelt késztermékek darabszámának legyártásával – teljesíthetők, valamint a munkaállomások és az operátorok túlterhelése (mura és muri típusú veszteség) is elkerülhető.

A következő feladat tehát az, hogy a 5.4. fejezetben kidolgozott 14 db műveletsort úgy kell egyenletes szétosztani a 4 db munkaállomások és operátor között, hogy az azok végrehajtásához szükséges teljes ciklusidő a számított ütemidő alatt maradjon.

A 12. táblázat és a 12. ábra mutatja a 14 db műveletsor egyenletes szétosztásának eredményét.

	Szerelési műveletsorok	Műveletsorok ciklusidejei	Munkaállomások ciklusidejei (sec)
1. Munkaállomás	1.	2,85	12,77
	2.	1,25	
	3.	1,32	
	4.	5,9	
	5.	1,45	
2. Munkaállomás	6.	2,85	13,36
	7.	1,25	
	8.	1,88	
	9.	6,29	
	10.	1,09	
3. Munkaállomás	11.	6,29	12,13
	12. (2x)	5,84	
4. Munkaállomás	12. (2x)	5,84	11,87
	13.	2,85	
	14.	3,18	
1-4. Munkaállomás ciklusidejeinek összege:			50,13

12. táblázat: A kiegyenlített szerelősor adatai



12. ábra: A munkaállomások ciklusidejei kiegyenlítés után [saját szerkesztés]

A 12. táblázat és a 12. ábra alapján látható, hogy sikerült az adott gyártmány szerelési folyamatát úgy kialakítani, hogy a 4 operátor és a 4 munkaállomás egyenletesen legyen kiterhelve. Minden munkaállomáshoz és operátorhoz rendelt összes szerelési munkamennyiség elvégzéséhez szükséges ciklusidő éppen az ütemidő alatt maradt, így a vevői igények teljesíthetők. Továbbá a javasolt munkakiosztással a munkaállomások és az operátorok túlterhelése (a Lean filozófia szerinti mura és muri típusú veszteség) is elkerülhető.

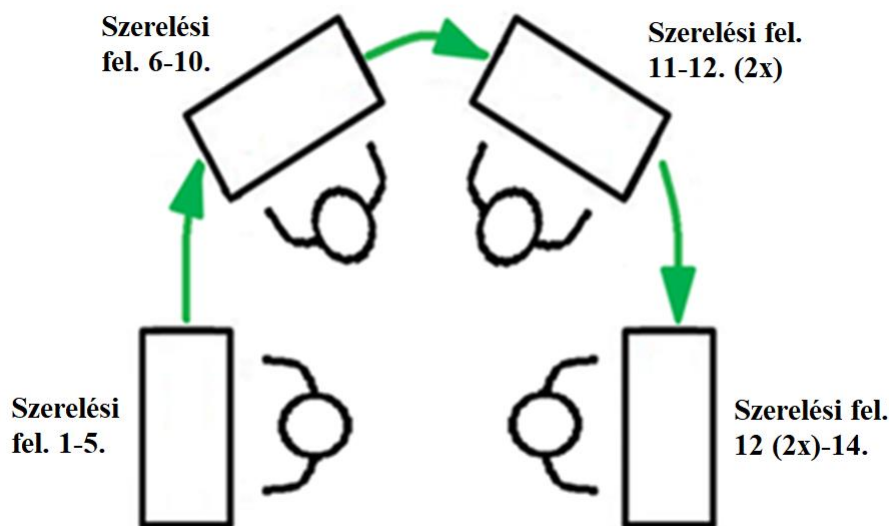
A tervezés eredményeként tehát elmondható, hogy a rendelkezésre álló erőforrások maximális kihasználása mellett a vevői igények kielégíthetők.

5.7. A SZERELŐ MUNKAÁLLOMÁSOK LAYOUT-JÁNAK KIALAKÍTÁSA

A szerelési rendszer tervezésének utolsó lépése a munkaállomások ideális kialakítása az üzem területén.

A 3.7. fejezetben bemutatott layout kialakítási lehetőségek közül az U-alakú layout a legkézenfekvőbb megoldás, mivel a cellarendszerű gyártás napjainkban előszeretettel alkalmazzák előnyös tulajdonságainak köszönhetően.

A 13. ábra a 4 munkaállomásból álló U-alakú cella kialakítását mutatja.



13. ábra Az U-alakú cella kialakítása [saját szerkesztés]

A szerelési műveletek tehát 4 munkaállomásra egyenletesen szét lettek osztva úgy, hogy az egyes munkaállomások ciklusidejei és az ott dolgozó operátorok kapacitásai maximálisan ki legyenek használva.

Az U-alakú cella kialakításnak köszönhetően a teljes szerelési folyamat minimális alapterületen, egyszerű sori kiszolgálással megvalósítható. Gyors és folyamatos anyagáramlás valósítható meg a szerelési folyamatban – kisebb műveletközi készletek mellett –, amely a szerelési rendszer hatékonyságát eredményezi.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkban a gyártó vállalatok egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a szerelési tevékenységük hatékonyságának javítására. Egy rövid átfutási idejű és produktív szerelési tevékenység megvalósítása már a szerelési folyamat és a szerelési rendszer tervezése során megfogalmazódó cél.

A dolgozat első részében a szerelési tevékenység általános jellemzőinek bemutatása után a fő fókusz a szerelési folyamatok tervezése általános módszertanának ismertetése volt. A gyártmány beépülési családfájának (BOM) megalkotása után a családfa összeállításához szükséges szerelési műveleteket kell kidolgozni.

A dolgozatban részletesen ismertettem az MTM (Methods Time Measurement) módszert, amely alkalmazásával a szerelési műveletek szabványos idejei meghatározhatók, ezáltal a teljes szerelési folyamat időszükséglete is kiszámítható. Ezt követően – a szerelési rendszer tervezésének következő lépéseként – bemutattam az ütemidő elemzés módszerét, mely alapján meghatározható a szerelési rendszer kialakításához szükséges munkaállomások és operátorok száma. A kapott számú munkaállomáshoz pedig az egyes szerelési műveleteket – a munkaállomások egyenlő ciklusidejének elérése érdekében – hozzá kell rendelni.

A dolgozat második részében egy konkrét fogaskerék-szivattyú szerelési folyamatának és rendszerének a tervezését mutattam be a korábban ismertetett elméleti tervezési módszer alapján.

Először a szerelendő fogaskerék-szivattyú beépülési családfáját alkottam meg, amely alapján az egyes szerelési műveleteket kidolgoztam. Majd az MTM módszer alkalmazásával a kidolgozott szerelési műveletek időkalkulációját elvégeztem.

Az ütemidő elemzés módszerével, valamint a szerelő munkaállomások/operátorok számának számítására szolgáló módszerrel meghatároztam a munkaállomások és a szerelő operátorok szükséges számát. Ezt követően elvégeztem az egyes szerelési műveletek szerelő munkaállomásokhoz való ideális hozzárendelését, majd javaslatot tettem a szerelő munkaállomások layout-jának a kialakítására.

Összegzőként elmondható, hogy az adott fogaskerék-szivattyú szerelési folyamatának és rendszerének tervezése eredményeként egy hatékony és ki-egyenlített U-alakú szerelő cella lett megalkotva, mely alkalmas a vevői megrendelések kielégítésére.

7. FELHASZNÁLT IRODALOM

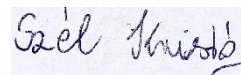
- [1] Kardos, K., Jósvai, J.: Gyártási folyamatok tervezése, Jegyzet, 2006.
http://rs1.sze.hu/~josvai/GYFT_HEFOP_2006.pdf, letöltve: 2023. 02. 11.
- [2] Tudásbázis-Sulinet jegyzet, <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/gepeszet/gepeszeti-szakismeretek-3/szerelестechnologia/motorszerelés>, letöltve: 2022. 10. 01.
- [3] Mikó, B., Molnár, Zs.: Szerelés hatékonyan - Eszközök szerelési folyamat tervezéséhez, elemzéséhez, Gyártástrend, 2012, 12, 38-41.
- [4] Zurek, J., Cieslak, R., Suszynski, M.: Practical evaluation of methods research in assembly time consumption. Committee of Mechanical Engineering, 2012, 32(4), 8-15.
- [5] Kovács, Gy.: Methods for efficiency improvement of production and logistic processes, Research Papers Faculty of Materials Science and Technology in Trnava, 2018, 26(42), 45-46.
- [6] Kovács, Gy.: Gyártási folyamatok és rendszerek, e-learning-es tananyag, 2022.
- [7] Bley, H., Reinhart, G., Seliger, G., Bernardi, M., Korne T.: Appropriate human involvement in assembly and disassembly. CIRP Annals, 2004, 53(2), 487-509.
- [8] Maynard, H. B., Stegemerten, G. J., Schwab, J. L.: Methods time-measurement, McGraw Hill, New York, 1948., ISBN 978 125 835 0987
- [9] Methods-time_measurement bemutatása: https://en.wikipedia.org/wiki/Methods-time_measurement
- [10] Morlocka, F., Kreggenfelda, N., Louwb, L., Kreimeiera, D., Kuhlenköttera, B.: Teaching Methods-Time Measurement (MTM) for workplace design in learning factories. Procedia Manufacturing, 2017, 9, 369-375.
- [11] Samon, J. B., Nzie, W., Djeumako, B., Tibi, B.: Methodology selecting work time measurement methods: a guide model for maintenance. International Journal of Engineering Research & Technology, 2014, 3(8), 1693-1698.
- [12] Belokar, R. M., Dhull, Y., Nain, S., Nain, S.: Optimization of time by elimination of unproductive activities through MOST. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 2012, 1(1), 1-8.
- [13] Laring, J., Forsman M., Kadefors, R.: MTM-based ergonomic workload analysis. International Journal of Industrial Ergonomics, 2002, 30(3), 135-148.
- [14] Chien-Fu, K., Mao-Jiun, W.: Motion generation from MTM semantics. Computers in Industry, 2009, 60, 339-348.

- [15] Cimino, A., Longo, F., Mirabelli, G., Papoff, E.: MOST and MTM for work methods optimization: a real case study based on modeling & simulation. Computer Science, 2008, Sept., 35-41.
- [16] MTM időegységek táblázat:
https://faculty.ksu.edu.sa/sites/default/files/normal_time_values_for_mtm.pdf,
 letöltve: 2023. 01. 07.
- [17] Németh, T.: Gépipari szerelés. Műszaki könyvkiadó, 1973, Budapest
- [18] Kovács, G.: Combination of Lean value-oriented conception and facility layout design for even more significant efficiency improvement and cost reduction, International Journal of Production Research, 2020, 58(10), 2916-2936.
- [19] Keller B.; Buscher, U.: Single row layout models. European Journal of Operation Research, 2015, 245, 629-644.
- [20] Fogaskerék-szivattyú bemutatása, a Baujoker Kft. honlapja:
<https://www.baujoker.hu/hidraulika-szivattyu/fogaskerek/>, letöltve: 2023. 03. 12.
- [21] Fogaskerék-szivattyú ábrája: <https://www.linquip.com/industrial-directories/1008/gear-pump>, letöltve: 2023. 03. 12.
- [22] Fogaskerék-szivattyú ábrája: <https://www.jbj.co.uk/gear-pumps.html>, letöltve: 2023. 03. 12.
- [23] Boysen, N., Fliedner, M., Scholl, A.: A classification of assembly line balancing problems. European Journal of Operational Research, 2007, 183, 674-93.

Eredetiségi nyilatkozat

Alulírott Szél Kristóf, a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Karának hallgatója büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és aláírással igazolom, hogy ezt a dolgozatot saját magam készítettem, a benne leírt vizsgálatokat – ha ezt külön nem jelzem – magam végeztem el, és az ismertett eredményeket magam értem el. Adatokat, információkat csak az irodalomjegyzékben felsorolt forrásokból használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

Miskolc-Egyetemváros, 2023. 05. 03.



.....
a hallgató aláírása

A konzulens nyilatkozata

Alulírott, Dr. Kovács György a Miskolci Egyetem Gyártástudományi Intézetének oktatója a Szél Kristóf által készített „Fogaskerék-szivattyú szerelési folyamatának és szerelési rendszerének tervezése” című TDK dolgozatot beadásra alkalmasnak ítélem.

Miskolc, 2023. 05. 03.



a konzulens aláírása