



**DEBRECENI EGYETEM
MŰSZAKI KAR
GÉPÉSZMÉRNÖKI TANSZÉK**

UNIVERSITY OF DEBRECEN
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF MECHANICAL
ENGINEERING

**FOGASKERÉK GYÁRTÓSOR
TERVEZÉS SIEMENS PLM
TECNOMATIX PROGRAMBAN
SZAKDOLGOZAT**

Farkas Balázs

Járműipari folyamattervező specializáció

Debrecen

2024

FELADATKIÍRÁS

(ide kell bekötni a tanszék által kiállított sorszámozott, tanszékvezető által aláírt
eredeti feladat kiíró lapot)

NYILATKOZATOK

Plágium-nyilatkozat

Alulírott *Név (Neptun azonosító)* jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy
a

.....

című szakdolgozat

(a továbbiakban: dolgozat) önálló munkám, a dolgozat készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. tv. szabályait, valamint az egyetem által előírt, a dolgozat készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében.

Kijelentem továbbá, hogy a dolgozat készítése során az önálló munka kitétel tekintetében a konzulens, illetve a feladatot kiadó oktatót nem tévesztettem meg.

Kijelentem, hogy az elektronikusan feltöltött és a papír alapú dokumentum mindenben megegyezik. (TVSZ 24.§ (8). alapján)

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot nem magam készítettem vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Debreceni Egyetem megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat.

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

.....

hallgató

Debrecen, dátum

Elfogadási nyilatkozat

Ezen szakdolgozat a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Gépészmérnöki Tanszéke által a szakdolgozat feladatokra előírt valamennyi tartalmi és formai követelménynek, továbbá a feladatkiírásban előírtaknak maradéktalanul eleget tesz. E szakdolgozatot a bírálatra és nyilvános előadásra alkalmasnak tartom.

A beadás időpontja:

.....
témavezető

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	V
Jelölések jegyzéke.....	VIII
1 Bevezetés	1
1.1 A fogaskerékről.....	1
1.2 Az ipari gyártósor.....	1
2 Autodesk Fusion ismertető.....	2
3 A gyártási folyamatszimuláció	4
3.1 Siemens PLM Tecnomatix bemutatása.....	5
4 A fogaskerék tervezése	8
4.1 Vezérmű tengely fogaskerék	9
4.2 Konstruksiószintézis.....	9
4.2.1 Műszaki adatok	9
4.3 Tervezés	11
4.4 Végeselem módszer vizsgálat.....	12
4.5 Fogaskerék részlettervezés	13
4.5.1 Hőkezelés.....	13
5 A fogaskerék gyártása	14
5.1 Megmunkálás folyamata	15
5.1.1 Műveleti sorrend.....	15
5.1.2 Darabolás	15
5.1.3 Megmunkálás	16
5.1.4 Marás.....	16
5.1.5 Fúrás.....	19
6 Gyártósor tervezése	23
6.1 Szerszámgépek kiválasztási szempontjai.....	26
6.1.1 Hőkezelés.....	28

6.2	Szerszámgépek bemutatása	28
6.2.1	Oszlopos fűrógép.....	28
6.2.2	CNC marógép	30
6.2.3	Lézeres edzőgép	31
6.2.4	Ipari robot	32
6.3	Gépsor telepítése elméletben	33
6.3.1	Kicsomagolás	34
6.3.2	Berendezés helyére állítása.....	34
6.3.3	Beállítás	34
6.3.4	Mechanikai szerelés	34
6.3.5	Elektromos szekrény	35
6.3.6	Elektromos hálózat	35
6.3.7	Vezérlés bekötése	35
6.4	Gépsor telepítése Tecnomatixban	35
6.5	Eredmények kiértékelése	39
7	Fejlesztési lehetőségek.....	41
7.1	Offline programozás	41
7.2	Gyártósor átszervezése/bővítése	41
7.2.1	Igényfelmérés	41
7.2.2	Tervezés.....	41
7.2.3	Előkészítés	41
7.2.4	Berendezések értékelése, kiválasztása.....	41
7.2.5	Logisztika	42
7.2.6	Átállás és képzés	42
7.2.7	Végrehajtás	42
7.2.8	Ellenőrzés	42
7.2.9	Optimalizálás	42



8	Összefoglalás	43
	Irodalomjegyzék	44

Jelölések jegyzéke

d	[mm]	osztókörátmérő
m	[–]	modul
α	[°]	fogaskerék kapcsolószöge
z	[–]	fogsám
d_a	[mm]	fejkörátmérő
d_f	[mm]	láb körátmérő
d_b	[mm]	alapkörátmérő
c	[mm]	lábhézag
c^*	[mm]	lábhézagtényező
x	[mm]	fajlagos profileltolási tényező
h_a	[mm]	fejmagasság
h_f	[mm]	lábmagasság
h	[mm]	fogmagasság
h_f^*	[mm]	lábmagasság tényező
W_k	[mm]	k számú fog többfogmérete
k	[–]	többfogmérés során mérendő fogak száma
W_3	[mm]	3 darab fog többfogmérete

1 Bevezetés

A szakdolgozat során egy gyártósor tervezése fog megvalósulni. Az alany pedig egy fogaskerék, mely a Volkswagen konszernekben található. Az első fázis az alkatrész 2D és 3D modellezése, Autodesk Fusion programban, valamint a gyártási folyamat és az ehhez tartozó G kódok megadása. Ezt követi a virtuális gyártósor létrehozása a Siemens PLM Tecnomatix szoftverben. A tervezés során kapott eredmények rögzítésre kerülnek, majd kiértékelés után esetleges fejlesztések javaslatára kerül sor.

1.1 A fogaskerékről

A fogaskereket Ázsiában, azon belül is Kínában találták fel 2400 évvel ezelőtt. Innen került nyugatra. A fogaskerék egy olyan gépelem, mely fogakkal rendelkezik a kerülete mentén. Feladata egy másik alkatrészhez való csatlakoztatás során a forgatónyomaték átadása, valamint azon gépelem jellemzőinek: irány, nyomaték, szögsebesség megváltoztatása. [1] A legelterjedtebb az evolvens fogprofil, de előfordulhat körív és ciklois is, azonban ezeket annyira nem alkalmazzák. Kialakításukat tekintve 2 fő csoport létezik, egyenes és nem egyenes fogazat. Egyes kerek fogazás nélkül, súrlódás segítségével is képesek nyomatékátvitelre. Manapság gyakorlatilag minden gép tartalmaz fogaskereket. Előnye a magas fordulatszámra történő terhelhetőség, valamint nagy pontosság. Hátrány a relatív drágaság. [1]

1.2 Az ipari gyártósor

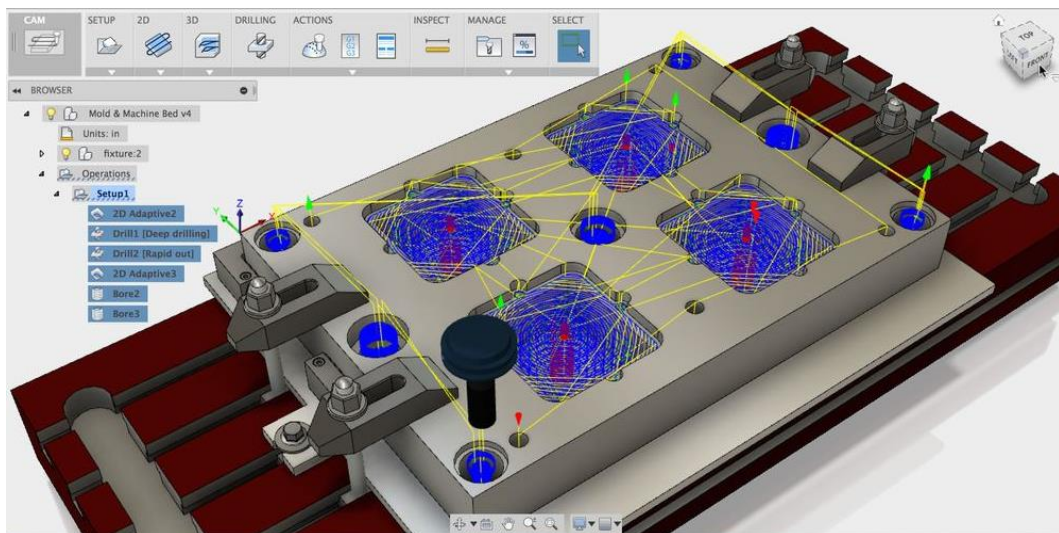
Olyan különálló munkaállomások, vagy munkaterületek kombinációja, amelyek az egymást követő műveletek és folyamatok lépéseit optimálisan leképezik. Részegységek gyártása és összeszerelése során különböző tevékenységeket egyesítenek. Változatai:

- Klasszikus gyártósor
- U-alakó gyártócella
- ESD gyártósor
- Állítható magasságú gyártósor

2 Autodesk Fusion ismertető

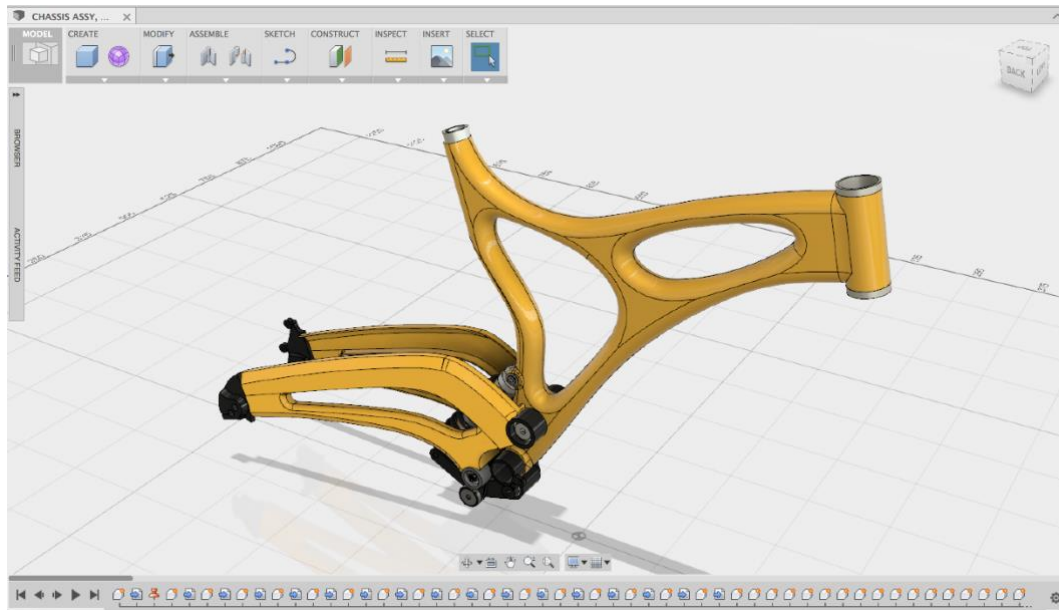
Az alkatrész tervezéshez választott program az Autodesk Fusion, mely kategóriáján belül az első, minden az egyben eszköz (3D CAD, CAM, CAE). Képes összekapcsolni a teljes termékfejlesztési folyamatot egyetlen platformon keresztül, felhő alapú, PC-illetve MAC rendszereken egyaránt használható. Egyesíti a gépészeti tervezést, a szimulációt, és a gyártás támogatásban való együttműködést. [2]

Maga a szoftver az általunk készített dokumentumokat nem a helyi gépen, hanem egy az Autodesk által biztosított felhőben tárolja és onnan futtatja. Ezekről automatikus biztonsági mentések jönnek létre, így tárolódnak az alkatrészek korábbi verziói is. [2]



1. ábra [2]

A létrehozott projektekben tetszőleges mappastruktúra előállítására van lehetőség, akár csak egy meghajtó esetén. Ezen adatkezelési stílus biztosítja a hatékony és gyors csapatmunkát. Meghívhatunk belső és külső részvevőket, akik akár egy időben is dolgozhatnak az adott feladaton. Beolvasás és kezelés tekintetében több mint 50 fájl típust ismer fel a program, az elkészült projekteket pedig exportálhatjuk számos általános formátumba (AMT, DWG, DXF, FBX, IGES, OBJ, SAT, STEP...) [2]



2. ábra. [2]

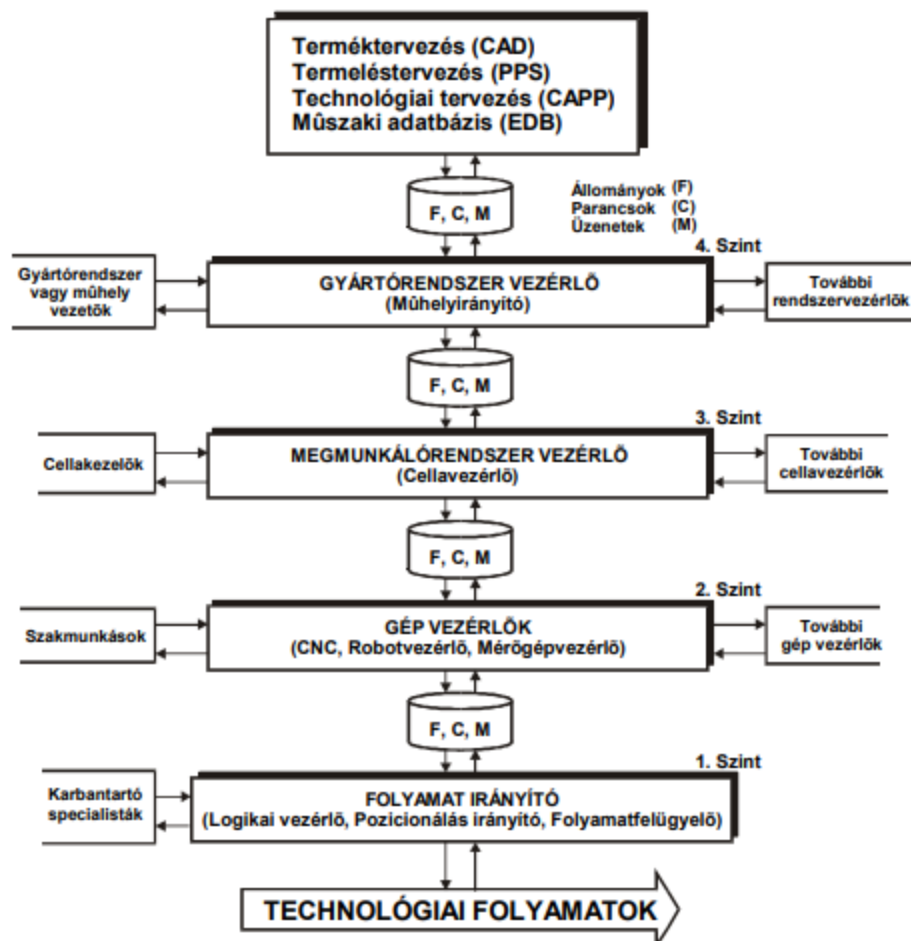
Parametrikus és lemezalkatrészeket egyaránt létrehozhatunk, de van lehetőség szabadformázással készített testekre is. Anyagokat is társíthatunk az alkatrészekhez, ezáltal a továbbiakban szimulációs számításokat végezhetünk a valós fizikai tulajdonságokkal. Pozícionálhatjuk a részegységeket koordinátarendszer szerint, vagy parancsokkal egymáshoz illeszthetjük. Ezen összeállításokról robbantott nézeteket, renderelt képeket vagy akár animációkat is készíthetünk. A modellekhez tartozó dokumentációk, anyagjegyzék (BOM) táblázattal, megjegyzésekkel, méretezéssel és külön nézetekkel is bővíthetőek. [2]

3 A gyártási folyamatszimuláció

A gyártási folyamatok irányítása bonyolult tevékenység, amelynek célja a technológia és a termelés tervezés által kitűzött feladatok megoldása. A piaci igényeknek való megfelelés szükségessé teszi, hogy a gyártás valamilyen szempont szerint optimális legyen. [3]

A gyártórendszerek felépítésének belső hierarchiáját leíró modelleket 4 szinten definiálhatjuk. Melyek a következők:

1. Gyártórendszer
2. Megmunkáló alrendszer
3. Mechanikai alrendszer
4. Technológiai alrendszer [3]



3. ábra. Gyártórendszerek jellegzetes irányítási hierarchiája [3]

A gyártórendszerek irányítási hierarchiája a belső hierarchiát követi. Ennek megfelelően 4 szintű hierarchia alakult ki. Ezek a következők:

1. Gyártó műhely vezérlő
2. Cella vezérlő
3. Berendezés vezérlő
4. Folyamatirányítás [3]

A gyártási folyamatok optimalizálása minden iparágban költséges vállalkozás. Ezért a megfelelő, anyagi és termelési szempontból is legelőnyösebb automatizálási megoldások alkalmazása érdekében alapvető fontosságú az előkészületek elvégzése. Olyan platformra van szükség, amelynek segítségével a gyártók előzetesen tesztelhetik és hitelesíthetik automatizálási terveiket, hogy az előre kiszámított megtérülési idők alapján okosabb beruházási döntéseket hozhassanak. Ez a platform a 3D-szimuláció. [3]

A 3D-s szimulációk támogatják a robotalapú automatizált gyártási koncepciók és rendszerek kifejlesztését és optimalizálását. A robotok és a szerelősor közötti interakció valóságos módon, komoly részletességgel tanulmányozható és felmérhető a különféle eshetőségek tesztelésével. Így azonosítható a lehető legjobb cselekvési terv, mielőtt a releváns és döntéseket elősegítő megtérülési számítások segítségével valóban üzembe állítanánk az automatizált gyártórendszereket. [3]

Mindemellett a 3D-s szimulációk rendkívül fenntartható gyártásfejlesztési lehetőségeket kínálnak, hiszen kevesebb költséges és erőforrásigényes prototípusra vagy valós fizikai tesztelésre van szükség, ráadásul a túlméretezett berendezésekbe való beruházás is elkerülhető. A 3D-s szimulációk intelligens módot biztosítanak a megoldások, koncepciók és ötletek vizualizálására és kommunikálására, így optimalizálva a belső jóváhagyási folyamatokat az automatizálási eljárás szakaszában. [3]

3.1 Siemens PLM Tecnomatix bemutatása

Az általam választott program a Technomatix termékcsalád Plant Simulation szoftvere, mely a gyártórendszerek és gyártási folyamatok szimulációját teszi lehetővé. A Plant Simulation-t alkalmazva az anyagáramlás, erőforrás-kihasználás, valamint a teljes logisztika optimalizálható. Korszerű megoldásainak hála, lehetővé teszi a gyármodellek villámgyors létrehozását, valamint a maximális hatékonyság elérését, mindezt a gyártás folyamatának megkezdése előtt, ezzel is szemmel látható összegeket megspórolva az adott vállalatnak. [4]

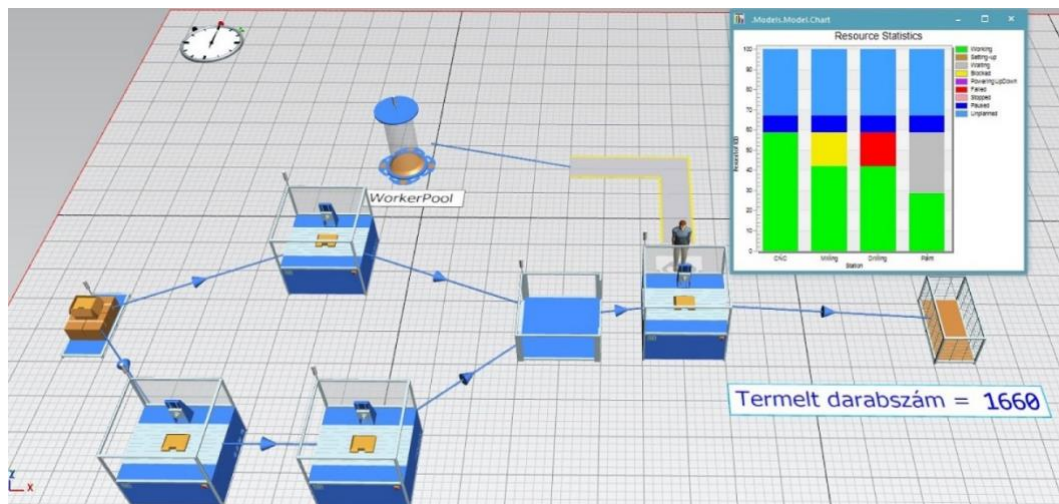
Azáltal, hogy a virtuális üzemek segítségével lehetőség nyílik a mérnökök számára a különböző vizsgált szituációk kimeneteleinek feltárására, a vállalatok elkerülhetik az értékes erőforrások problémamegoldásra történő utólagos felhasználást. [4]

A program észleli és kiszűri azon problémákat, melyek idő- vagy költségigényes korrigálást vonnának maguk után, az üzembehelyezést követően. Ezáltal az új gyártósorok beruházási költségei minimalizálhatóak. A meglévő rendszerek teljesítményei is, optimalizálhatóak az elemzések elvégzésével, amik valósághű szimulációt eredményeznek. [4]

Többek között támogatja a logisztikai rendszerek, valamint a várakozási sorok átfogó vizsgálatát, azon kapacitások felderítését, melyek nincsenek kihasználva. A bizonytalan környezetbeli (pl. sorrendcsere, meghibásodás, anyagmozgatás) viselkedésekben is képes segítséget nyújtani. Mindamelllett, hogy rávilágít a raktározási rendszerek hibáira, készletezési és kiszolgálási stratégiákat is képes kiértékelni. [4]

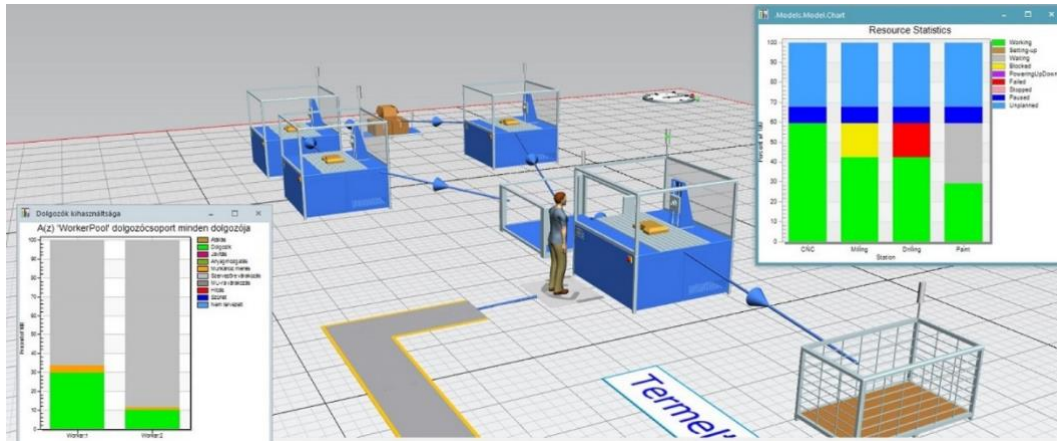
Plant Simulation gyártási folyamatszimuláció előnyei:

- Megtérülnek a beruházások: mivel átláthatóbb a működés, így csökkenthető a befektetési kockázat.
- A túlméretezés elkerülhető.
- Lerövidül az átfutási idő a használatával.
- A vezérlési stratégiák kialakítása optimalizált.
- A megrendelők igényeire rugalmasabban lehet reagálni.



4. ábra. Szimulációs modell [4]

Az Ipar 4.0 berobbanásával a hatékonyság és a gyorsaság mellett a gyártóknak már a flexibilitásra is törekedni kell a gyorsan változó ügyféligények miatt. A szoftver méltán nevezhető a digitalizációs folyamatok első mérföldkövének.



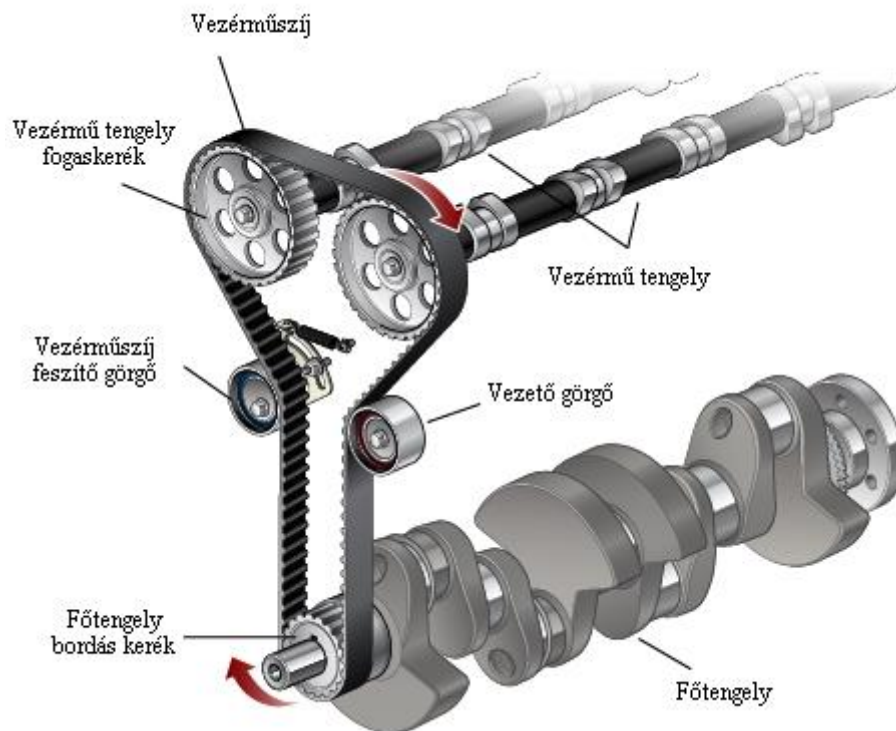
5. ábra Kihasználtsági állapot [4]

4 A fogaskerék tervezése

Az általam választott alkatrész, mint már említést tettem rá, a Volkswagen csoportokban található vezérlés egyik eleme. Nem más, mint a fogaskerék. Minden egyes belsőégésű motorban található vezérlés, legyen az akár dízel, akár benzin üzemű.

Feladata összehangolni a dugattyúk mozgását a szelepekkel. Ez egy összetett folyamat, ahol a motor dugattyúi hozzák mozgásba a főtengety, ami a vezérműtengety fogja meghajtani. Enélkül a motor munkáját lehetetlen lenne hasznos erővé alakítani.

Lehet láncos, szíjas, illetve fogaskerekes. Ezek közül mindegyik figyelmet igényel, főként a lánc és a szíj. Ezért is fontos a megfelelő anyag kiválasztása, mely nagyban befolyásolja az adott alkatrész minőségét és tartósságát.



6. ábra. A vezérlés felépítése [13]

Amivel a továbbiakban dolgozni fogok, az a vezérmű tengely fogaskereke.

4.1 Vezérmű tengely fogaskerék

Ez az alkatrész felelős a szelepek nyitásáért és zárásáért, mely kulcsfontosságú a levegő-üzemanyag keverék hengerekbe történő eljuttatásában, valamint a kipufogógázok elvezetésében. A fogaskerék a motor forgási sebességét és teljesítményét szinkronizálja a szelepek működésével. [5]

Általában acélból, esetleg egyéb erős, kopásálló anyagból készül. Ez szükséges, hogy ellenálljon a motorban uralkodó nagy hőmérsékletnek és nyomásnak. Pontos illeszkedésre van szükség, ezért a lehető legnagyobb odafigyelést igényli a megmunkálás. A fogaskerék megfelelő méretezése és elhelyezése kritikus szempont a motor hatékonysága és teljesítménye szempontjából. Bármilyen apró kopás, hiba jelentősen befolyásolhatja a motor működését és teljesítményét. [5]

4.2 Konstruktíósintézis

A konstruktíósintézis lépésének feladata az objektum rendszerszemléletű modellezése, az alkatrészekre bontás, alkatrészek közelítő alakjának megválasztása, a szükséges anyagjellemzők, alkatrészek kapcsolatának meghatározása, a gyártási módszerek behatárolása [6]

A konstruktíósintézis során többek közt számítógépes geometriai és összeállításmodellező módszerek adnak támogatást. A tervezett terméket és alkatrészeit huzalváz-, felület-, vagy testmodellező szoftverek segítségével tudjuk szemléltetni. Ha a konstrukció a hagyományos kétdimenziós technikát követi, akkor számítógépes rajzoló- és szerkesztőszoftverek használhatók. Manapság elterjedtebb az alkatrészek geometriai alakjának korszerű, 3 dimenziós ábrázolása a tervezés során, amihez palást- vagy testmodellezést alkalmazunk. A testmodellezés egyik előnye, hogy felgyorsítja a megoldásváltozatok kidolgozását. A konstruktíósintézisben fontosak a korábbi gyártmányokra, kereskedelmi forgalomban kapható alkatrészekre, anyagokra, szabványokra vonatkozó adatokat tartalmazó adatbázisok. [6]

A tervezés ezen szakaszán 2 és 3 dimenziós technikát használunk. Testmodellezéshez az Autodesk Fusion programot használjuk

4.2.1 Műszaki adatok

A választott fogaskerék fogszáma 52, anyaga C45, mely a nemesíthető acélok csoportjába tartozik. Azokat az acélokat nevezzük nemesíthetőnek, melyek

összetétele a nemesítés (edzés, majd nagy hőmérsékleten történő megeresztés) során előírt szívósságot, szilárdságot vált ki. Maga a jelölés karbonacélt jelent, a szám pedig a szénttartalom 100-szorosa. Ebben az esetben az acél széntartalma 0,45%, mely azt eredményezi, hogy nagy a szilárdsága, jó az átedzhetősége, illetve szívós.

Folyáshatára 400 és 500MPa közé esik. Méretei pedig a következő ábrán láthatóak.

$$d = 156 \text{ mm} \quad \alpha = 20^\circ \quad d_a = 162 \text{ mm} \quad z = 52 \quad m = 3$$

$$d_f = 148,5 \text{ mm}$$

Fejmagasság

$$h_a = m + m \cdot x = 1 + 1 \cdot 0 = 3 \text{ mm} \quad (1)$$

Fejmagasságtényező

$$h_a^* = \frac{h_a}{m} = 1 \quad (2)$$

Lábmélység-tényező

$$h_f^* = h_a^* + c^* = 1 + 0,25 = 1,25 \quad (3)$$

Lábmélység

$$h_f = m \cdot h_f^* = 3 \cdot 1,25 = 3,75 \text{ mm} \quad (4)$$

Fogmagasság

$$h = 2 \cdot m + c = h_a + h_f = 6,75 \text{ mm} \quad (5)$$

Alapkör átmérő

$$d_b = d \cdot \cos \alpha = 156 \cdot \cos 20^\circ = 146,6 \text{ mm} \quad (6)$$

Többfogméret

$$W_k = [(k - 0,5) \cdot \pi + z \cdot \operatorname{inv} \alpha] \cdot m \cdot \cos \alpha \quad (7)$$

$$\operatorname{inv} \alpha = \tan \alpha - \alpha \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = \tan 20^\circ - 20^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = 0,149 \quad (8)$$

$$k = \frac{z}{9} + 0,5 = \frac{52}{9} + 0,5 = 6,28 \implies k = 6 \quad (9)$$

$$W_3 = [(6 - 0,5) \cdot \pi + 52 \cdot 0,149] \cdot 1 \cdot \cos 20 = 50,895 \text{ mm} \quad (10)$$

Az alkatrész OEM száma 049 109 111C. Tömege 0,45 kg.

4.3 Tervezés

A fogak a mozgást átvivő elemei a fogaskerekeknek, ezek szabályosan, egyenlő távolságra helyezkednek el egymástól. Osztófelületnek nevezzük azon felületet, ahol megadjuk ezt a távolságot. A fogazat a kerék fogainak összességét képezi. A fogárok két szomszédos fog között helyezkedik el. Külső fogazat esetén, ahogyan itt is, a fog osztófelületen kívül eső része a fogfej. A fogláb pedig nem más, mint az osztófelülettől a keréktest felé eső része a fognak. A fenékszalag a fogárok mélységét, míg a tetőszalag a fog magasságát határolja. [9]

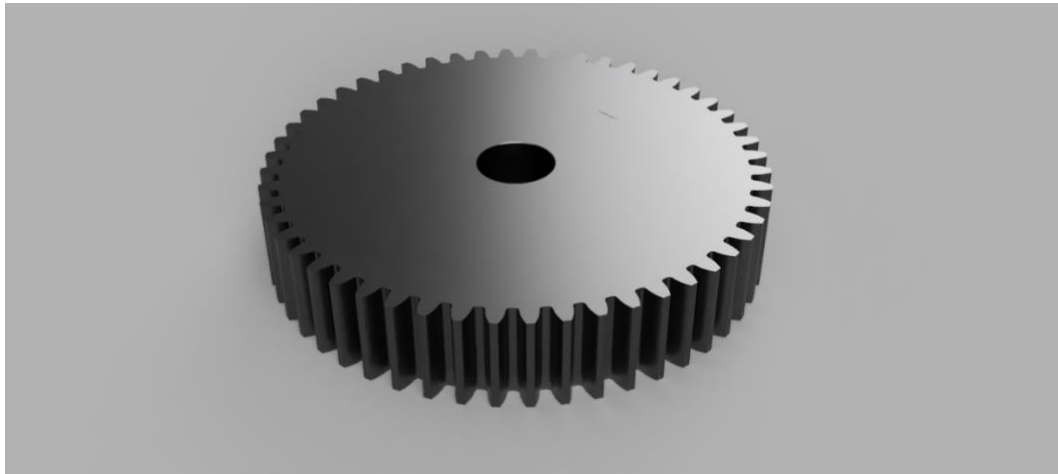
Annak érdekében, hogy a forgásátvitel folyamatosan biztosítva legyen, a fogakat a kerék teljes kerülete mentén ki kell alakítani. Ezek számát fogszámnak nevezzük. Jele: z . [9]

Az osztás az osztókörön ívhosszban, az egyoldali fogprofilok távolságát jelenti a szomszédos fogaknak. Jele: p . Ez magába foglalja a fogárkot és a fogat. Az osztókör kerülete mentén z számú osztás fér el, abból eredően, hogy az osztások egyforma távolságúak. Ebből adódóan a fogszám és az osztás szorzata egyenlő az osztókör kerületével. Ezt tovább taglalva az osztókör átmérője is kiszámítható. [9]

A fogaskerék legfőbb jellemzője a modul, mivel ennek függvényében fejezünk ki minden egyes hosszmeretet. Ezek választható értékeit szabvány írja elő. Ezen szabványos modulok legfeljebb 3 tizedes jeggyel mm-ben megadott (általában egész, vagy tizedes) számok. Pontosán megadható az osztókör átmérője is ezen adatokat alkalmazva, mivel a fogszám csak egész szám lehet, szabványos modul választása esetén. Ez amiatt szerencsés, mivel gyártás esetén a szerszám pozíciója, valamint a kapcsolódó fogaskerekek tengelytávolsága is pontosan megadható. [9]

Osztást az osztókörön kívül bármelyik körön mérhetünk. Gördülőhajtásoknak nevezzük a fogaskerékhajtásokat, mivel vannak olyan (képzelt) felületei, ahol csúszás nélkül gördülnek egymáson a kerekek forgatás során. Ezeket nevezzük gördülőfelületeknek. Gördülőhengernek hengeres, gördülőkúpnak kúpkerékek esetében, valamint gördülősíknak fogaslécnél. A hajtás fővonalának nevezzük azon felületeket, ahol a kerekek az alkotó mentén érintik egymást. [9]

Miután minden fontos információt megtudtunk a fogaskerékről, kezdetét vette a tervezés. Először a 2D rajz készült el, majd a 3D test.



7. ábra. Renderelt kép a fogaskerékről

4.4 Végeelem módszer vizsgálat

A végeelem módszer vizsgálatot 3 dimenziós tervezéssel megalkotott modellen tudunk végezni. A végeelem-módszer vizsgálata során a szoftver az alkatrészeket kis térfogatú részekre bontja fel, hálózás folyamatán keresztül. A részeket egyenes vonalak, síkok határolják, a számítás megkönnyítése miatt. A hálózás során kialakult elemeket egyesével vizsgálja meg a szoftver, majd egy egyenetrendszerbe helyezi az elemek számításait. A hálózás sűrűsége változtatható, minél kisebbek, annál pontosabb a vizsgálat, annál jobban szemlélteti az alkatrészek valós alakját, a hátrány viszont, hogy drasztikusan megnöveli a számítógép által elvégzendő számítások számát és ez lelassítja a folyamatot.

A végeelem módszeres vizsgálat előtt ismerni kell a munkavégzés során előforduló legnagyobb terhelés irányát, nagyságát. Emellett a szoftverben ki kell választani az alkatrészek anyagát, amennyiben az anyag nem szerepel a szoftver anyagkönyvtárában, akkor új anyagot kell létrehozni és meg kell adni az anyag tulajdonságait, mint például: folyáshatár, sűrűség, rugalmassági modulus, szakítószilárdság stb.

A vizsgálathoz meg kell adni a fogaskerék tömegét és tömegközéppontjának helyzetét, helyes anyag kiválasztás és pontos tervezés után a szoftver képes ezeket az adatokat meghatározni.

A végeelem vizsgálatához meg kell adni kényszereket és kapcsolódásokat. Kényszerek megadásával tudjuk a szerkezet síkjainak, pontjainak szabadságfokait lekötöni. Ez alapján megállapíthatjuk, mely rész kapja a legnagyobb terhelést, valamint az alkatrészben keletkező feszültséget is.

4.5 Fogaskerék részlettervezés

A részlettervezési folyamat az alkatrész végső geometriai alakjának meghatározása, a felhasználható anyagtípus kiválasztása, valamint a működéshez szükséges tűrések, hőkezelések és más mechanikai kezelések meghatározása, illetve a gyártás előkészítéséhez szükséges információk összegyűjtését foglalja magába. [6]

4.5.1 Hőkezelés

A munkadarabot indukciós edzés által hőzeleljük, ezáltal a fogak felkeményednek. A keményedéses indukciós fűtés előnye, hogy néhány másodpercet vesz igénybe. Ez a folyamat kemencében órákat vagy akár napokat is igénybe vehet.

Ezen edzési formát elsősorban tengelyeknél és fogaskerekeknél használják. A folyamat során az alkatrész felületén lokálisan keményítjük fel.

Az áram az elektródában folyik, majd indukciós áramot kelt az elektromágneses tér, amittől a fogaskerék külseje felmelegszik. Az izzás színe megmutatja a hőfokot. (600 fok mély bíbor, 1000 fok már fehér) C45 esetén 800-850 fokon megfelelő a hőkezelés, mely cseresznye színt ölt.

Az anyag kifáradása akkor következik be, amikor ciklikus terhelésnek van kitéve, ez pedig mikroszkopikus repedések kialakulását okozza.

Hőkezelés után újra felmelegítjük, azonban itt már egy alacsonyabb hőmérsékletre, amiatt, hogy az anyagban lévő feszültség kisebb legyen, ezáltal nem lesz törekeny. Ezt a folyamatot hívjuk temperálásnak, vagy más néven megeresztésnek. A folyamat gyors és hatékony.

A fogaskerekek fogainak indukciós keményítése rendkívül fontos annak érdekében, hogy az hatékonyan működhessen. Ezen folyamat által a fogakat meghatározott hőmérsékletre hevítjük nagyfrekvenciás váltakozó árammal, majd gyorsan lehűtjük. Eredményül egy olyan alkatrészt kapunk, mely a működési igénybevételeknek jobban ellenáll, ezzel is hatékonyabb teljesítményt biztosítva. Az edzett réteg növeli a fogaskerék élettartamát, mely által csökken a karbantartási és csereigény, ami pénzt és időt takarít meg.

5 A fogaskerék gyártása

A fogaskerék gyártása során az alkatrész elkészítése fémgörgetés útján történik. A fémgörgetés során a megmunkálendő munkadarab felületéről görgetés formájában választjuk le a felesleges anyagot, hogy a munkadarab megfeleljen az előírt alaknak, méretnek és felületi minőségnek. A gépi görgetés legfontosabb fajtái: marás, fúrás, esztergálás, köszörülés, gyalulás. Ezeket a megmunkálási folyamatokat különböző szerszámgépeken, megfelelő görgetészerszámok segítségével végezzük el. [7]

A folyamatos görgetésleválasztás érdekében a munkadarab felületén, kétirányú mozgás szükséges: a főmozgás és a mellékmozgás. Esztergálás esetén a főmozgás a munkadarab mozgása. Marás esetében a főmozgás a marószerszám görgetés mozgása. Marás esetében a mellékmozgás a munkadarab hossz-, kereszt- vagy függőleges irányú egyenesvonalú elmozdulása alkotja [7]

A görgetés során görgetés képződik. A kés és a munkadarab a szerszámgéphez van rögzítve. A meghatározott fogásmélységre beállított szerszámél a szerszámgép által kifejtett erő hatására halad a munkadarab felé. [7]

Képlékeny anyagok görgetése során a görgetésképződés folyamata több részre bontható fel. A görgetés kezdetekor a szerszám érintkezik a munkadarab felületével, majd a szerszám éle elkezd behatolni az anyagba, ami alakváltozást szenved. A szerszámél további mozgása megszakítja az anyag részecskéi közötti folytonos kapcsolatot. Ekkor a görgetés elkezd kialakulni. A további mozgás során a görgetés folyamatosan leválik a felületről. A leválasztott görgetés alakja függ az anyag minőségétől, és a megmunkálás paramétereitől. [7]

A töredezett görgetés rideg, kemény anyagok megmunkálása során képződik. A görgetés kis darabokban válik le a felületről. Az acélokban töredezett görgetés keletkezhet nagy fogásmélység és kis görgetéssel sebesség során. [7]

Lemezes görgetés acélananyagok görgetése során akkor képződik, mikor a görgetéssel sebesség közepes nagyságú. Görgetésszalag képződik, aminek a felülete, mely a szerszám homloklapján sík, fényes és sima, összefüggő, a másik oldala ezzel ellentétben töredezett és érdes. [7]

Folyamatos görgetés akkor alakul ki, ha képlékeny anyagokat nagy görgetéssel sebességgel megmunkálunk. A görgetés lehet szalag alakú, spirál alakú (ez esztergálásnál fordul elő), vagy rövidebb összefüggő szalag alakú (ez marásnál fordul elő). A görgetések felületein szabad szemmel nem megkülönböztethetőek az egyes görgetéselemek a lemezes görgetéssel ellentétben. [7]

5.1 Megmunkálás folyamata

Az elkészült fogaskereket ezután a program gyártási fülönén keresztül készre munkáljuk.

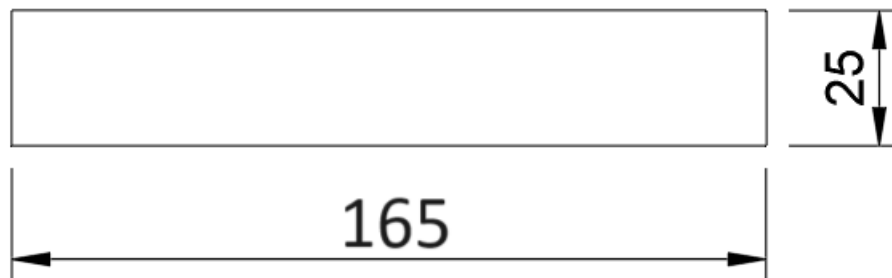
5.1.1 Műveleti sorrend

Az alkatrészgyártás tervezésének legmagasabb hierarchiai szintje a műveleti sorrendtervezés, feladata a megmunkálási folyamatok meghatározása, megmunkálási bázisok kijelölése, szerszámok, szerszámgépek, készülékek kiválasztása, műveletek sorrendjének meghatározása, illetve a műveletek közötti közbenső állapotok rögzítése. [8]

A műveleti sorrend tartalmazza a műveletek végrehajtásának sorrendjét. A műveletelőzési sorrend pedig a műveletek sorrendjének lehetséges változatait, abban az esetben, ha szerszámhiány alakul ki, vagy más okból az előírt műveleti sorrend nem tartható. Sok alkatrész esetében a sorrend nem változtatható, mivel a technológiai bázisrendszer megváltozik. [8]

5.1.2 Darabolás

A méretre vágás, a megmunkálás első művelete. Az előgyártmány érkezik méteres darabokban, vagy méretre vágva. Amennyiben szükség lenne darabolásra, az történhet gépi, illetve kézi fűrészeléssel egyaránt. Célszerűbb gépi fűrészelést alkalmazni (szalagfűrész, sarokcsiszoló vágókoronggal), mivel a megmunkálás idejét lerövidítik, valamint ezen eszközök gyakran előfordulnak a forgácsolóműhelyekben. A méretre vágás elkezdése előtt szükséges kimérni a levágandó darab hosszát, azaz a vágás helyét. Fontos még továbbá a megfelelő védőeszközök használata a lehető legbiztonságosabb munkavégzés érdekében. Az előgyártmány mérete 165x165x25mm.



8. ábra. Az alap vágása

5.1.3 Megmunkálás

A megmunkálási folyamat 3 fő csoportba sorolható: fúrás, marás és esztergálás. A fúrás olyan mechanikai folyamat, mely során forgó szerszámot használunk az anyag eltávolítására egy olyan munkadarabból, ami áll.

Az esztergálás során, rögzített szerszámot használunk az anyag eltávolítására egy forgó munkadarabból.

A marásnak két alapeljárása van: palástmarás és homlokmarás. A forgó főmozgást a marószerszám, az előtoló mellékmozgást pedig a munkadarab, esetleg a szerszám végzi. Sok fajta szerszám gép van, egyetemes marók, számítógép vezérlésű CNC marók, vízszintes/függőleges tengelyű marók. A függőleges tengelyűek palástmarásra, míg a vízszintes tengelyűek homlokmarásra használhatók. Az alapon több marási műveletet is el kell végezni.

5.1.4 Marás

A marás szerszám gépe a marógép, sok fajtája van, egyetemes marók, számítógép vezérlésű CNC marók, függőleges tengelyű marók, vízszintes tengelyű marók stb. Vízszintes tengelyű marók palástmarásra, míg a függőleges tengelyűek általában homlokmarásra használhatók. Programozás után a CNC marók képesek bonyolult, íves, alakos felületeket nagy pontossággal kialakítani.

A gyártáshoz a homlokmarás műveletét választottuk elsőként. A sík olyan geometriai felület, amelynek, ha két szabadon választott pontját egy egyenessel összekötjük, az egyenes minden pontja a felületen helyezkedik el. A munkadarab síkfelületeinek ellenőrzési módja igen egyszerű, melyet ellenőrző vonalzóval vizsgálhatunk meg, hogy minden pontja érintkezik-e a síkfelülettel. A síkfelületek megmunkálásának minőségi jellemzői:

Méretpontosság, a munkadarab felületén megvizsgált méretek és az előírt méretek eltérésének mértéke.

Alakhűség, az előírt mértani alaktól való eltérés mértéke, síktól vagy egyenestől való eltérése. Az eltérésnek a gyártási folyamatra előírt tűrési tartományon belül kell lennie. Síklapúság hibája, a megmunkált felület és a ráfekvő sík között mért legnagyobb távolság. Egyenesség hibája, a valóságos vonal és a ráfekvő egyenes között mért legnagyobb távolság. Sík- vagy egyenességhiba lehet homorúság, ilyenkor a két felület, vagy vonal közötti eltérés mértéke a két felfekvő ponttól középre haladva növekszik. Domborúság akkor fordul elő, ha az eltérés a vonal vagy felület szélétől a közepe felé haladva csökken.

Helyzetpontosság, a kapcsolt síkokkal határolt munkadarabok esetében az egyes síkfelületek helyzeteltérésének mértéke. Párhuzamosság hibája, a két vonal, vagy két felület legnagyobb és legkisebb távolságának különbsége. Merőlegesség hiba az egyenesek vagy síkok által bezárt szög 90° -tól való eltérése. Szimmetria hibája az elemek szimmetriasíkjai vagy szimmetriatengelyei között mért legnagyobb eltérés.

Homlokmarókat a függőleges és vízszintes marógépeken síkfelületek megmunkálására használjuk. A homlokmarónak a palástfelületen és a homlokoldalon is vannak forgácsolóélei.

A homlokmarónak számos előnye van síkfelület megmunkálása során a palástmarókhöz képest. A legfontosabb, hogy egyidejűleg több fog végzi a megmunkálást, így egyenletesebb a működés és erősebb a rögzíthetőség. Homlokmarók is lehetnek bal vagy jobb forgácsolási irányúak. A jobb forgácsolási irányúak, azok a marók, melyek megmunkálás közben az óramutató járásával megegyezően forognak. A bal forgácsolási irányúak értelemszerűen az óramutató járásával ellentétesen forognak, a függőleges marógép esetén felülről nézve.

A művelet során a fogaskerék felfekvő felületét alakítjuk ki síkmarással. Szerszámként pedig egy 50mm átmérőjű homlokmarót választottunk a művelethez.

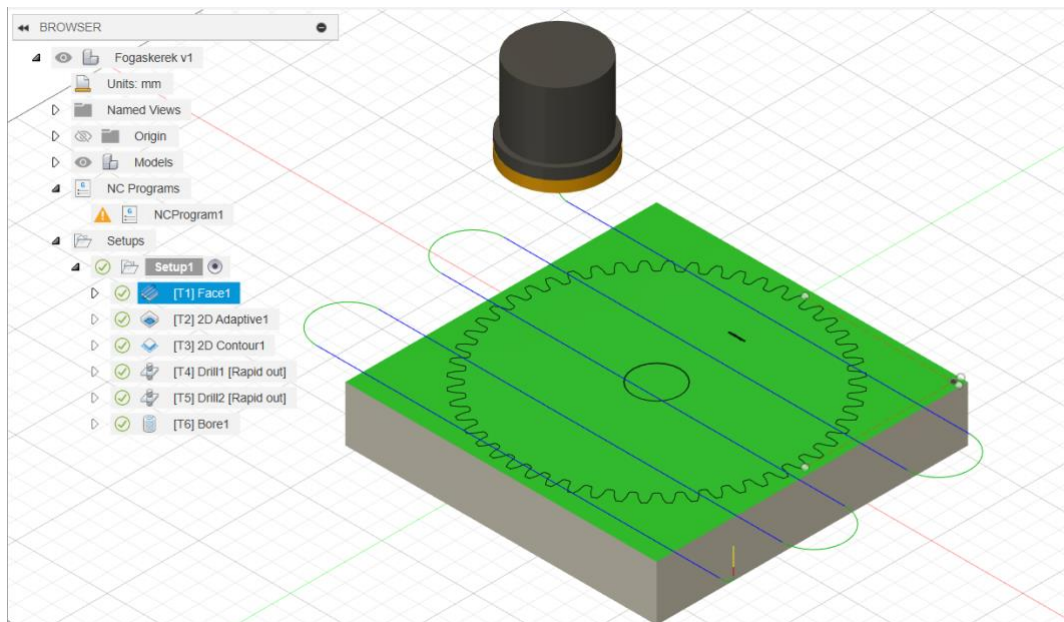
Szükség esetén simító marást is alkalmazhatunk. A simító marást során alakítjuk ki a végleges felületet, ami a tűrésnek és a felületi minőségi előírásoknak megfelel. Nagyoló marás során az anyagok nem a névleges méretig forgácsoljuk, hanem simítási ráhagyásként körülbelül 0,75mm felesleget hagyunk a felületen. A megmunkálási költség alacsonyán tartása miatt nem alkalmazunk köszörülést, ezért is fontos a kialakított felület minősége.

```

N1 (FACE1)
G330
G28 U0. V0.
G28 W0.
M69
G54
M45
G00 G28 H0.
G98 G17
T0101
M08
G97 S5000 M13
G00 Z19.
X321.478 Y0.
C0.
G12.1
G01 X73. C-156.54 F1500.
Z9.
Z5. F333.33
X72.984 Z4.72 F1000.
X72.937 Z4.44
X72.859 Z4.162
X72.749 Z3.887
X72.609 Z3.616
X72.439 Z3.349
X72.239 Z3.087
X72.01 Z2.831
X71.752 Z2.581
X71.467 Z2.34
X71.156 Z2.107
X70.818 Z1.883
X70.456 Z1.668
X70.071 Z1.464
X69.663 Z1.272
X69.235 Z1.091
X68.787 Z0.922
X68.32 Z0.766
X67.837 Z0.624
X67.339 Z0.495
X66.827 Z0.381
X66.303 Z0.281
X65.768 Z0.195
X65.225 Z0.125
X64.675 Z0.071
X64.12 Z0.031
X63.561 Z0.008
X63. Z0.
X58.02
X-382.02
G02 X-411.56 C-130.958 I0. J17.055
X-382.02 C-122.43 I14.77 J-8.527
G01 X58.02
G03 X87.56 C-96.847 I0. J17.055
X58.02 C-88.32 I-14.77 J-8.528
G01 X-382.02
G02 X-411.56 C-62.737 I0. J17.055
X-382.02 C-54.21 I14.77 J-8.528
G01 X58.02
G03 X87.56 C-28.627 I0. J17.055
X58.02 C-20.1 I-14.77 J-8.527
G01 X-382.02
X-382.581 Z0.008
X-383.14 Z0.031
X-383.695 Z0.071
X-384.245 Z0.125
X-384.788 Z0.195
X-385.323 Z0.281
X-385.847 Z0.381
X-386.359 Z0.495
X-386.857 Z0.624
X-387.34 Z0.766
X-387.807 Z0.922
X-388.255 Z1.091
X-388.683 Z1.272
X-389.091 Z1.464
X-389.476 Z1.668
X-389.838 Z1.883
X-390.176 Z2.107
X-390.487 Z2.34
X-390.772 Z2.581
X-391.03 Z2.831
X-391.259 Z3.087
X-391.459 Z3.349
X-391.629 Z3.616
X-391.769 Z3.887
X-391.879 Z4.162
X-391.957 Z4.44
X-392.004 Z4.72
X-392.02 Z5.
Z19. F1500.
G13.1
M05
M69
M09
G00 G28 U0. V0.
G28 W0.
M01

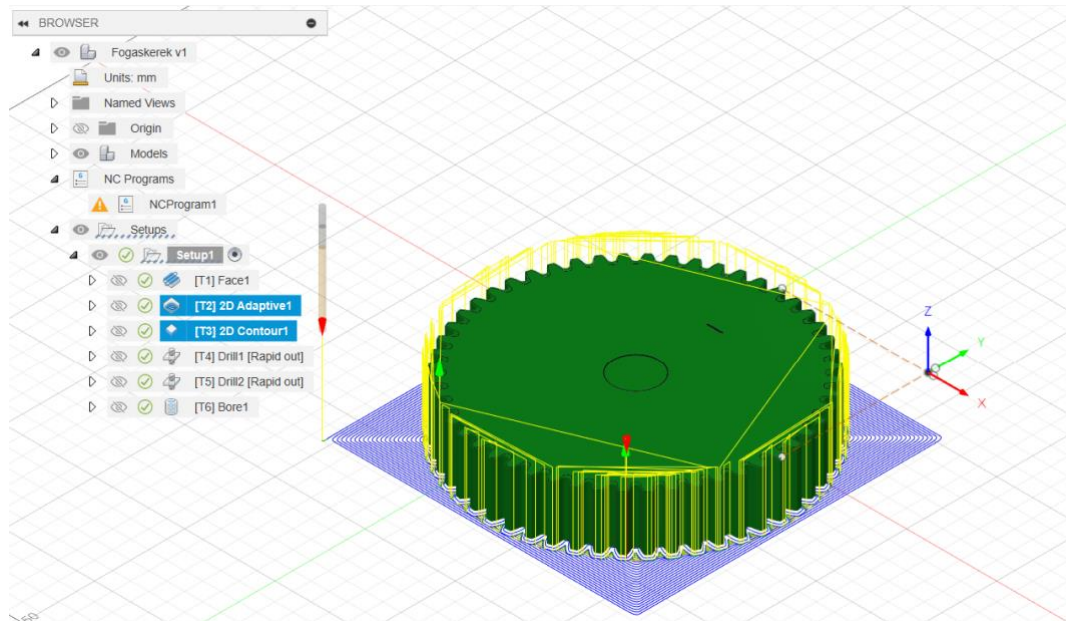
```

9. ábra. Homlokmarás G kódja



10. ábra. A homlokmarás szimulációja

Ezt követte a fogak kialakítása, mely 2 lépésben történt.



11. ábra. A fogak kialakítása

5.1.5 Fúrás

A fúrás során a furatok magfuratát alakítjuk ki. Ehhez szükségünk van egy szerszámgépre, egy szerszámra és más segédeszközökre. Amennyiben nem CNC marógépen történik a kialakítás, szükség van egy állványos vagy oszlopos fűrógép használatára. Oszlopos fűrógépeket közepes nagyságú munkadarabok fúrásánál használunk maximum 40 mm furatátmérőig. A munkadarab helyzetének beállítását a vízszintes síkon a munkadarab mozgatásával végezzük. Az állványos és oszlopos fűrógépek általában rendelkeznek gépi előtolással. [10]

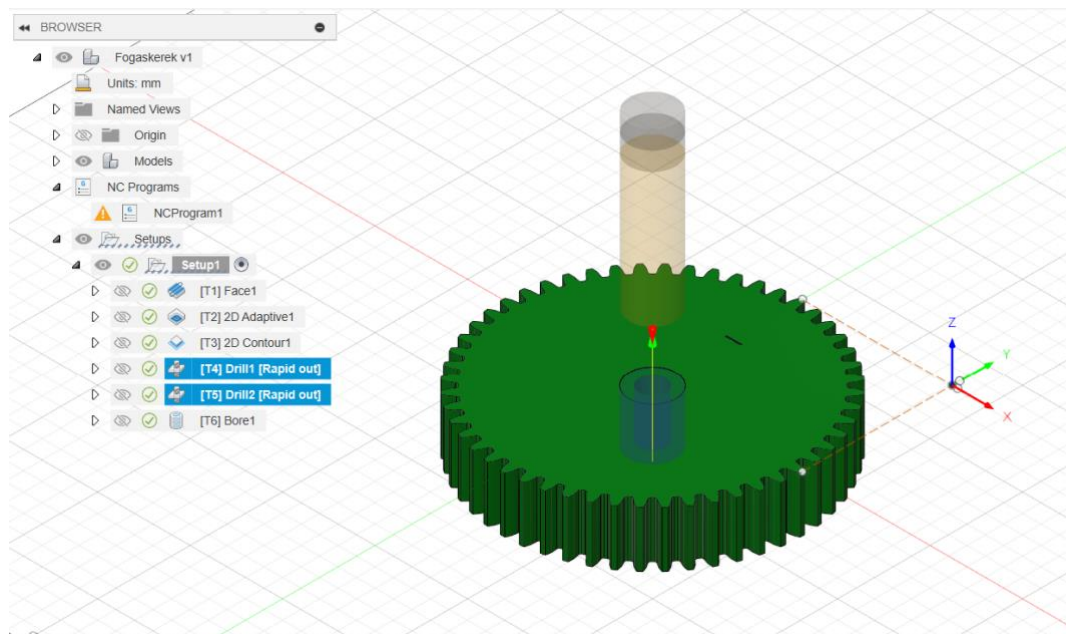
A fúrószerszámok anyaga lehet szerszámacél, gyorsacél vagy keményfém. A mi esetünkben, mivel az anyagunk C45 acél, ezért acélfúrót használunk. A csigafúrók 2 részből állnak, van egy dolgozó rész és a szár. A szár lehet kúpos vagy hengeres, ezt az átmérő határozza meg. A 10 mm-nél kisebb átmérőjű fúrók szára általában hengeres. A fúráshoz használt szerszám csúcshöge 118°. [11]

Első lépésként meghatározzuk az elkészítendő furatok pontos helyét a műhelyrajz alapján. A furatközpont meghatározása után, amennyiben a szerszámgép megköveteli, pontozó eszközzel apró bemélyedést kell készíteni, ami megvezeti a fúrót. Következő lépésként a munkadarabot befogjuk, majd rögzítjük a fűrógép asztalán. Rendkívül fontos meggyőződni, hogy a munkadarab fúrni kívánt felülete vízszintes, merőleges a fúróval. Ellenkező esetben a furat ferde lesz, mivel a csavarfej nem fog megfelelően felfeküdni a felületre.

Amennyiben nem CNC gépen végezzük a fúrást, a csigafúrót befogjuk a gép tokmányába és biztonságosan rögzítjük azt. Az előtoló karját használva a fúrószárat közelítjük a munkadarabhoz, amit megpróbálunk úgy pozícionálni, hogy a csigafúró hegye pontosan a pontozott mélyedésbe illeszkedjen. Amennyiben ez sikeres volt, a munkadarabot rögzítjük ebben a helyzetben. A fúrószár kiemelése után kiválasztjuk a kívánt fordulatszámot a fúrógépen, majd elvégezzük a telibefúrást. A fúráshoz szükség esetén használhatunk hűtő-kenőfolyadékot.

A menetes furatok előfúrására a menet névleges méretétől kisebb átmérőjű csigafúrót alkalmazunk. A magfurat átmérője nagyobb, mint a kész menet magátmérője, mivel a menetvágás során a forgácsolás mellett az anyag hideg alakváltozást is szenved, azaz felveszi a menetfúró alakját. [11]

A menetvágás előkészítése során érdemes a csigafúróval kialakított furatok éleit süllyeszteni. A belső furatméret megválasztásakor tisztában kell lennünk azzal, hogy a menetfúrás során az anyag kissé duzzad, a forgácsolással egyidejűleg végbemenő képlékeny alakváltozás miatt. Ezáltal az anyag egy része begyűrődik a fúró menetei közé. Emiatt a menet magátmérőjénél nagyobb átmérőjű fúróval szükséges megmunkálni. Amennyiben a menet maglyuk furatának átmérője túlságosan kicsi, a menetfúró megszorulhat és eltörhet, ha túlságosan nagy az átmérő, nem a megfelelő menetprofil kapjuk meg, ezáltal a csavarkötés szilárdsága nem a megfelelő lesz. [10]



12. ábra. A fúrási műveletek

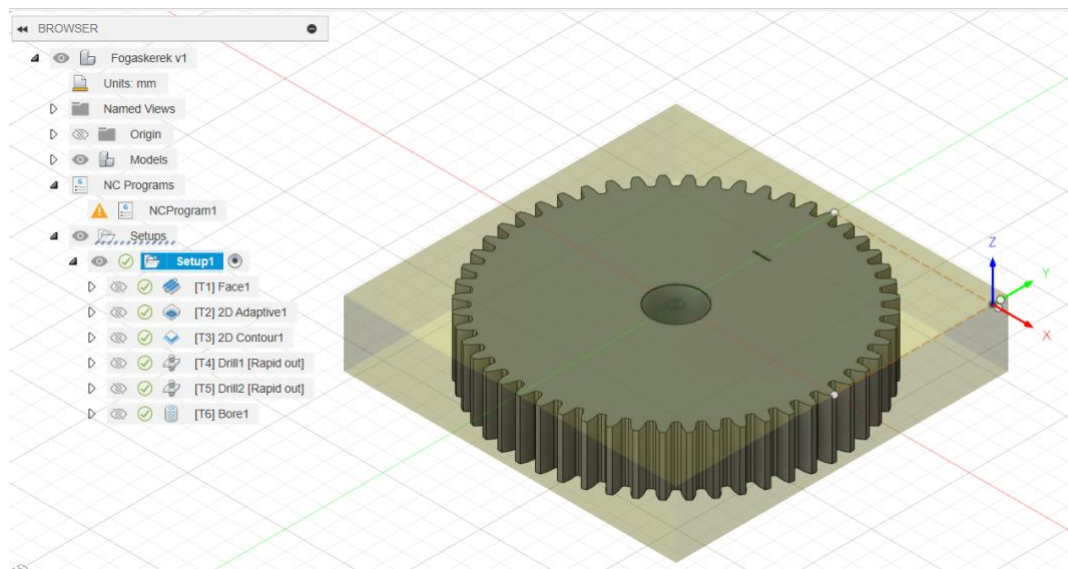
Esetünkben 14 milliméteres fúróval készítjük az előfúrást, melyet 25 milliméteres fúró követ, majd egy 20 milliméteres lapos végű marószerszámmal végezzük el a simításokat. Fúrás során az alkatrész mértani közepén található 25,5 milliméteres furatot alakítjuk ki.

```
N4 (DRILL1)
G330
G00 G28 U0. V0.
G28 W0.
M69
G54
M45
G00 G28 H0.
G98 G17
T0404
M08
G97 S5000 M13
G00 Z19.
X229.103 Y0. C-135.
G80
G00 Z9.
G83 C-135. Z-29.75 R-4.25 F333.33 M68
G80
G00 Z19.
M05
M69
M09
G28 U0. V0.
G28 W0.
M01
```

13. ábra. 1. fúrási művelet G kódja

```
N5 (DRILL2)
G330
G00 G28 U0. V0.
G28 W0.
M69
G54
M45
G00 G28 H0.
G98 G17
T0505
M08
G97 S5000 M13
G00 Z19.
X229.103 Y0. C-135.
G00 Z9.
G83 C-135. Z-35.75 R-4.25 F1000. M68
G80
G00 Z19.
M05
M69
M09
G28 U0. V0.
G28 W0.
M01
```

14. ábra. 2. fúrési művelet G kódja



15. ábra. A megmunkálási folyamatok szimulációja

6 Gyártósor tervezése

Az elmúlt évtizedekben kifejlesztett forgácsoló szerszámgépek és gyártórendszerek azonos jellemzővel rendelkeznek, amelyek elengedhetetlenek a moduláris gyártósorok fejlesztéséhez. Bár ezek a rendszerek elsősorban forgácsolási feladatokra összpontosítanak, a dolgozatban szereplő egyedi gyártósor szerkezete és működése sok ponton hasonló vagy akár azonos. [12]

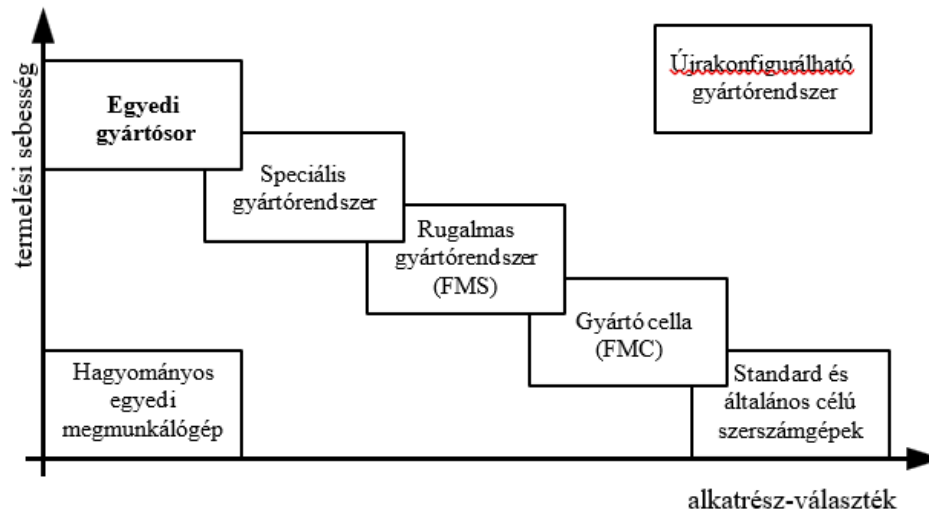
A rugalmas automatizálás az NC (később CNC) szerszámgépek fejlesztésével kezdődött, majd a szerszámok automatizált kezelésével megjelentek a megmunkáló központok (MC), ezt követték a későbbiek folyamán a munkadarabok automatikus tárolásával és cseréjével a rugalmas gyártócellák (FMC). Ezen FMC-k integrálásával létrejöttek a rugalmas gyártórendszerek (FMS). Ezeket informatikai modulokkal kiegészítették és lokális hálózatokkal összekapcsolták, létrehozva a számítógéppel integrált gyártást (CÍM). A CÍM lehetővé teszi a gyáron belüli folyamatok és a külvilággal való kapcsolatok egységes kezelését. [12]

A modern gyártás másik fontos jellemzője az intelligencia beépülése, amely magában foglalja a korábban szerzett tudás felhasználását és gyarapítását, a tanulást és a bonyolult helyzetekben történő sikeres döntéshozatal képességét. Ezen beépült intelligencia részben hagyományos alakban, részben új alakban jelenik meg. [12]

A mesterséges intelligencia elterjedésével egyidejűleg az integráció, valamint a flexibilitás magától értetődővé vált, tehát a hangsúly napjainkban már csak a rendszer intelligenciájára szűkeződik. Ezáltal intelligens gyártórendszerről (IMS) beszélhetünk. [12]

A termelő vállalatok céljai egyszerűbben és hatékonyabban érhetőek el ezzel a módszerrel, mint például a gyártási idő minimalizálása, a termék költségeinek csökkentése, ezáltal a terméken a lehető legnagyobb nyereség realizálása. Ezekhez szükséges biztosítani a termelési folyamat zökkenőmentességét. Akár a teljes körű minőségbiztosítás (TQM) által, akár a raktár-nélküli gyár (JIT) megvalósításával. [12]

Az alkatrészek választéka, valamint azok mennyisége alapján a következő ábra segíthet eldönteni azt, hogy a kialakult rendszerek közül melyik az, ami az adott igények, feltételek számára megfelel. [12]



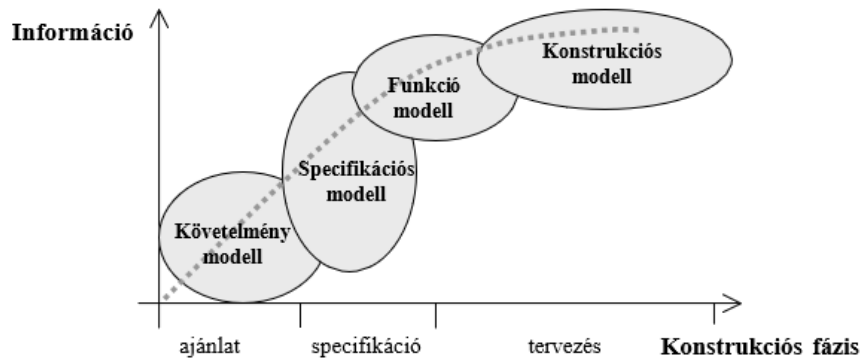
16. ábra. A gyártórendszerek kategóriái és azok alkalmazási területei [12]

Általában 5-20 darabból áll a rugalmas gyártórendszer, mely magában foglalja az ellenőrző berendezéseket, amik között a munkadarab szállítását számítógépek által irányított eszközök végzik, valamint az intelligens raktározást is. Az egységek közötti anyagkezelés feladatait robotok végzik. A változatos alkatrészek miatt, ezek megfogása és mozgatása csak és kizárólag ipari robotok által történik. Egyéb esetben, amikor is a termékek és azok alkotóelemei csak apró mértékben térnek el, mechanikus felépítésű, úgynevezett „pick-and-place” egységeket használnak. [12]

A korszerű gépek egyedi hajtással rendelkeznek. A kódolási elvükben a legmeghatározóbb funkcionális egység az alapkód, mely az elemek azonosító (alfanumerikus) jeleit tartalmazza. A rendüségi sorrend azt írja le, hogy az elemek közötti kapcsolat sorrendje hogyan alakul, milyen módon épül egymásra. Ezeket az alapelveket az elemek kezelésére, kapcsolataik automata generálására, valamint kódolásra használják. [12]

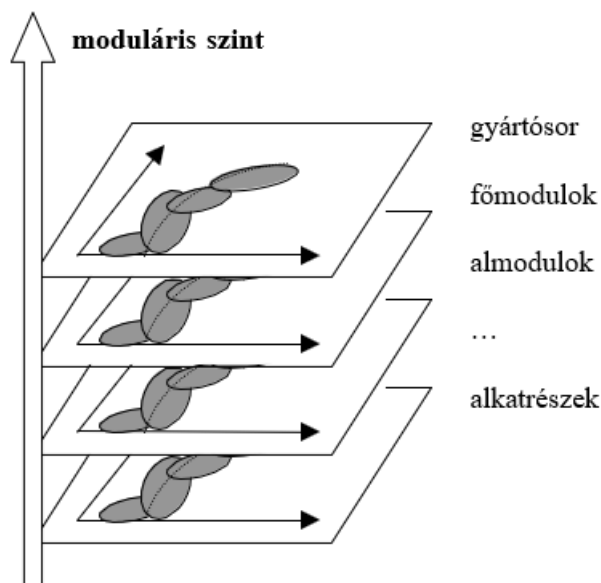
A program megfelelő megírásával az adott igényeknek megfelelően a konfigurációk automatikusan generálhatóak, mely Lipóth módszerén alapul. Ő használta elsők között a „szomszéd elvű struktúra-leírási módot”. Előnye, hogy alfanumerikus a leíró kód, emiatt felhasználható számítógépes adatfeldolgozásra. [12]

A gyártósorok megvalósítása nem történik nagy szériában, mivel folyamatosan változtatnak a gépek jellemzőin a tapasztalatok alapján, ezáltal egyediek, azaz eltérnek egymástól. Ezen gyártósorok fejlesztését komoly, hosszas költség-elemzések és piackutatások előzik meg. [12]



17. ábra. A termékmodellek alkalmazása a tervezési folyamat során [12]

A négy modell mutatja meg a négy fázist, melyeknél igen nehéz éles határt húzni.



18. ábra. A rendszer modellje [12]

Ezen térben elhelyezett modell síkjai a szintek. A legmagasabb a gyártósor, ezt követi a főmodul, ahol a célgépek helyezkednek el. Ezután következik az almodul, ami például a hajtásrendszert és a gépvázat foglalja magába. A struktúrától függően előfordulhat még több almodul. Végezetül a legalsó szint, ahol a legkisebb építőkövek találhatók meg, ezek az alkatrészek, melyeket nem lehet tovább bontani. [12]

6.1 Szerszámgépek kiválasztási szempontjai

A gyártóeszközök, valamint maga gyártás költsége jelentős részét teszi ki a termékek költségének. Emiatt a cégek a folyamatos termékfejlesztésen túlmenően felismerték az ipari automatizálás jelentőségét. Ezzel is áthidalva a gyártás és a tervezés közötti folyamatokat. Így megoldást nyújt az erőforrások megtervezéséhez. Gyártás során a gépek és emberek munkája közösen állítja elő az alapanyagból a végső terméket. Természetesen a vevői elvárások, mint más területeken, úgy itt is meghatározó szerepet töltenek be, akár csak az elégedettség, melyek visszahatnak az értékesítésre. Tehát a gyártás célja az alkatrész kimagasló minőségben, rendeltetésének megfelelően történő előállítása, a gazdaságos rugalmasság biztosítása, valamint a hatékony termelés megvalósítása. [14]

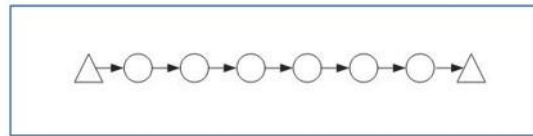
Mindezek mellett jelentőséggel bírnak még a gazdasági szempontok is, a vállalatok folyamatos, éles versengéseiből adódóan. Emiatt szükséges törekedni a gyártás gazdaságosabbá tételére is, hiszen a működési, beszerzési és karbantartási költségeken túl figyelembe kell venni az esetleges állásidőből adódó termelésekieséseket is. [14]

Karbantartó műhelyekben, illetve egyedi alkatrészek gyártásához hagyományos szerszámgépek alkalmazását javasolták. Azonban a CNC vezérlésű gépek megjelenésével ezen álláspont megváltozott. Hiszen könnyen elsajátítható a programozásuk, kezelésük.

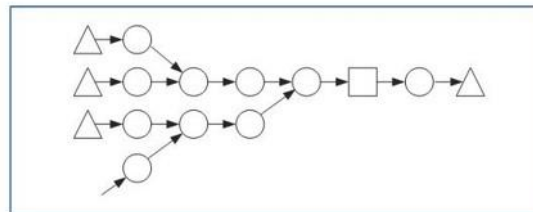
Általában már meglévő üzemek esetén, a termelés bővítése indokolja az új gépek beszerzését. A már meglévő üzemi alapterület pedig korlátot szab ezen berendezések méretének és számának. A maximális gépméretet felső korlátnak nevezik. A megmunkáláshoz szükséges munkatér, és a gyártandó alkatrész mérete együttvéve adja meg a szerszámgépek minimális méretét, amit alsó korlátnak nevezünk. A két korlát által kiadódó gépméretet igen kis eséllyel esnek egybe, de ez nem okoz problémát mindaddig, míg a felső korlát mérete nagyobb vagy egyenlő az alsó korláttal meghatározottnál.

Amennyiben az egyenlőtlenség iránya megfordul két dolgot tehetünk:

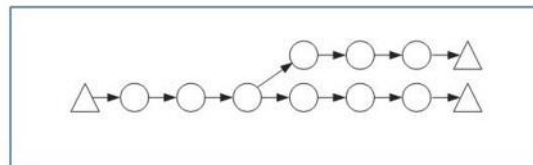
- Szabad területet nyerünk az üzem átszervezésével, vagy az üzemcsarnok termelésre szánt területét bővítjük.
- Átfogásos megmunkálást alkalmazunk, ha a munkadarab geometriája és a megmunkálás minőségi követelményei lehetővé teszik azt. Ezáltal többször átfogva tudjuk megmunkálni az alkatrészt.



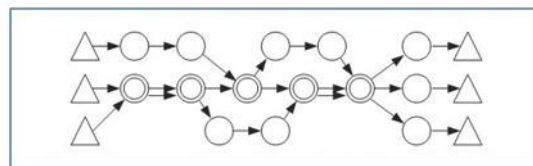
Egyszerű folyamatos gyártósor



Komplex folyamatos gyártósor



Elágazásos gyártósor



Folyamatos és csoportos gyártósor kombináció

19. ábra. Gyártósor kombinációk [20]

Jellemző még továbbá a géptervezés során a funkció-halmozás, amely esetén koncentrált a munkadarab megmunkálás. Ilyenek lehetnek a szálvezetők, patrontokmány kör-négyszög-hatszög alapanyagok fogadásához, programozható szegnyereg, további szánrendszerek alkalmazása, automatikus szerszámbemérés, automatikus forgácseltávolítás a munkatérből. Az objektív döntés meghozatalához egy viszonyszámot vezettek be, mely a megmunkálási koncentrálttság. Ez úgy kapható meg, hogy a munkadarabon megmunkálást végző modulok számát elosztjuk a berendezés alapterületével. Ezen számmal lehet kapcsolatot teremteni a gépek kialakítása, helyigénye és felépítése közt. Csak azonos típusú gépek esetén lehetséges a viszonyszám alkalmazása.

6.1.1 Gyártás típusa

A gyártás volumenétől függően megkülönböztetünk több gyártási formát. Ilyen az egyedi gyártás, mely során az adott termék ritkán, vagy csak egyszer kerül legyártásra. Ezt követi a sorozatgyártás, ahol meghatározott időközönként, korlátozott számban, folyamatosan ismétlődik a folyamat. A harmadik formája a tömeggyártás, ahol folyamatosan gyártanak néhány terméket nagy sorozatban. [14]

A mi esetünkben sorozatgyártásról lesz szó, ahol meghatározott mennyiségű gyártmány kerül gyártásba adott időintervallumok alatt. Struktúráját tekintve folyamatos gyártósorról van szó.

Folyamatos gyártósor esetén az alkatrész készítése összekapcsolt útvonalak mentén zajlik, ebből adódik, hogy a gyártósor áramlási útvonala egységes. [14]

6.2 Szerszámgépek bemutatása

6.2.1 Oszlopos fúrógép

Az asztali fúrógépekből fejlődött ki, melyre a minőségi furatkészítés miatt volt szükség. Ennek egyik oka, hogy a nagyobb átmérőjű furatoknál már igen nagy izomerőre volt szükség, ezt pedig fárasztó volt kifejtetni folyamatosan. Másfelől a munkadarabok sok esetben nem fértek be az asztali fúrógép orsója alá. [15]

Működését tekintve a főhajtómű-házban fogaskerekek segítségével forgatja meg a motor a főorsót. Váltókarok segítségével beállítható a fordulatszám, illetve a mellékorsónak is itt van kihajtása, ez pedig a mellékfőhajtómű-házat hajtja meg. A mozgókar lenyomásával bekapcsolható az előtolás, mely a már forgásban lévő fúrót a mozgókar forgatásával kezdő pozícióba viszi, ezután lehet a kart megbillentve kapcsolni az előtolást, kikapcsolni pedig a visszabillentéssel. [15]

A munkadarabot kézi sikattyú alkalmazásával tartották meg, majd ezt követte az asztra szerelt gépsatu. Mivel a satu fixen van rögzítve bázisfelületként azaz ütközőként lehetett használni az állópofa által meghatározott síkot. A gyakran visszatérő és nagyobb sorozatok (amilyen az általunk kiválasztott is) gyártásához, gazdaságosabb megoldás a fúrókészülék. Ebbe helyezzük bele a munkadarabot a fúrási művelet elvégzéséhez. Ennek előnye, hogy a készülék rendelkezik ütközőfelületekkel, így biztosítva a pontos elhelyezést. A szorítóeszközzel gyors és pontos rögzítést érhetünk el. A leendő furatok pontos helyzetében fúróperselyeket helyezhetünk el, ezzel is növelve a precizitást.

A választott berendezés egy szekrényállványos fúrógép.



20. ábra Bernardo KBM 40 szekrényállványos fúrógép [16]

Műszaki adatok:

Fúrési teljesítmény acélban	40 mm
Max. menetvágás	M30
Forgatónyomaték	350 Nm
Fúrófej eljárési táv	200 mm
Morzekónusz	MK 4
Orsó fordulatszám / fokozatszám	31,5 - 1400 ford./perc, 12 fokozat
Előretolási tartomány	(9) 0,056 - 1,80 mm/ford.
Előretolási erő	16000 N
Hatósugár	335 mm
Orsó / asztal max. távolság	740 mm
Szegnyereg emelkedés	250 mm
Asztal nagyság / T-horony nagyság	560 x 480 mm / 18 mm
Asztal emelkedés	315 mm
Motor teljesítmény	3 kW
Gép méretei (S x H x M)	750 x 1150 x 2500 mm
Kb. súly	1250 kg

21. ábra. A fúrógép műszaki adatai [16]

6.2.2 CNC marógép

Ezek olyan gépek, amik létrejöttét az iparban történő változások, azaz az egyre növekvő számítógépesítés és automatizálás eredményezte. Számítógépes vezérléssel kiváló minőségű és precíz kivitelű termék állítható elő. Manapság emiatt már szinte minden iparágban előnyben részesítik, pontossága, valamint az alkatrészek termelésének folyamatos növelése miatt.




A CNC azaz Computer Numerical Control, azt jelenti, hogy a marógép működését számítógép vezérli. CAD fájlból történő utasításokkal történik a megmunkálás. A koordinátákat és a marók funkcióját a gyártás befejezéséig egy vezérlő vezérli, mely minimális emberi ráfordítást igényel. Alapvető funkciója, hogy mechanikusan különféle anyagokból adott formát vágjon.

A gép beolvassa a kódolt utasításokat, ezután megvalósítja az anyag megmunkálását. A marógéppel képes igen összetett és bonyolult gyártásra is. Tengelyeit tekintve akár 5 tengelyes marógéppel is találkozhatunk. Tengelyei számától függően lehetőség van egyre bonyolultabb alkatrészek előállítására.

Az itt választott gép DMG MORI CMX 600V



22. ábra. DMG MORI CMX 600V [17]

Max. X-axis stroke	600 mm	
Max. Y-axis stroke	560 mm	
Max. Z-axis stroke	510 mm	
Max. workpiece height	630 mm	
Max. workpiece weight	600 kg	
Max. workpiece length	900 mm	
Max. workpiece width	560 mm	
Control & software alternatives		
 SIEMENS	 HEIDENHAIN	 MAPPS Fanuc

23. ábra. A CNC műszaki adatai [17]

6.2.3 Lézeres edzőgép

Az indukciós edzőgép magában foglalja a függőleges és vízszintes szkennelést. Ez a sorozatkeményítő szerszámgép numerikus vezérléstechnikát használ, folyamatos, egyidejű kioltási funkciókkal, főként fogaskerekek számára. A munkadarab követelményeinek megfelelően különböző edzési programokat állíthatunk össze. A vezérlője által a fűtés teljesítményét, idejét, és a forgási sebességet, valamint a vízsugaras hűtést is változtathatjuk.

Előnye, hogy sorozatgyártásnál a folyamat egyszerű, gyors és olcsó. A hőkezelt réteg mélysége 2-4 milliméter között van. Így lényegesen magasabb kopásállóság érhető el a megváltozott szövetszerkezetből fakadóan, ami kedvező a végfelhasználás szempontjából.

A választott gép az SK-500 nagyfrekvenciás edzőgép.

Max. Fűtési hossz (mm)	500
Max. Fűtési átmérő (mm)	500
Maximális tartóhossz (mm)	600
A munkadarab maximális súlya (Kg)	100
Munkadarab forgási sebessége (r / min)	0-300
munkadarab mozgási sebessége (mm / perc)	6-3000
hűtési mód	Vízugaras hűtés
Bemeneti feszültség	3P 380V 50Hz
Motor erő	1.1KW
Méreték HxSzxM (mm)	1600 x800 x2000
súly (Kg)	800

24. ábra. Műszaki paraméterek [18]

6.2.4 Ipari robot

Számos ipari robotot lehet megkülönböztetni, azonban ami a számunkra megfelelő, az a csuklós robot. Három fő szerkezeti egységből áll, melyek a következők, egy kar, egy vezérlődoboz és egy tanító eszköz. Az áramellátásért a vezérlődoboz felel, ez tartalmazza a szervovezérlőt, valamint a periféria eszközök csatlakozóit. A tanító eszköz, mely a robot működtetésére és programozására használatos, egy kézi vezérlőpanel. Külön lehet a robothoz csatlakoztatni eszközöket a karok végére, ilyen például a megfogó.

A csuklós robotok az emberi vállhoz, csuklóhoz, vagy könyökhöz hasonló „izületei” vannak, melyekkel összetett mozgásokra képesek. Általában 4-5-6, de akár 7 tengellyel is rendelkezhetnek.

Sokoldalúságuknak köszönhetően rengeteg különböző környezetben lehet őket használni, így akár alkatrészfeldolgozó üzemekben is.

A tengelyek számának növekedésével a mozgási tartományuk is bővül, abban az esetben pedig, ha a kar hajlik, akkor szűk helyen is használható.

Az itt választott robot LBR iiwa 7 R800, mely forradalminak számít, mivel ember és robot közötti együttműködésre képes.

Előnyei közé tartozik még a csuklónyomaték érzékelő, ami által felismeri az érintkezést, így a sebességet és az erőt azonnal lecsökkenti. Tanulóképes, tehát amikor megmutatjuk neki a kívánt pozíciót a robot megjegyzi a pálya koordinátáit. Könnyen felismeri a kontúrokat, ezáltal növelve az alkatrészek lehető legpontosabb mozgását. Így emberi beavatkozás nélkül önálló munkavégzésre is képes.



25. ábra. LBR iiwa 7 R800 [19]

6.3 Gépsor telepítése elméletben

A gépek telepítése és az ezzel járó üzembehelyezés egy rendkívül összetett folyamat, mely igen nagy mértékben függ a jövőbeni működési környezettől. Az üzembehelyezés során sok esetben a működési környezetben vagy akár az elektromos hálózat kiépítésében eltérések figyelhetők meg, mely a termelés késése miatt akár igen komoly pénzügyi kieséssel is járhat. Azonban, ha a kezdeti kicsomagolás, gépbeállítás még zökkenőmentesen is zajlik, általában adódnak kisebb-nagyobb problémák, melyek javítását csak a megfelelő szakember tudja elvégezni. Ennek hiányában huzamosabb ideig is eltarthat. Az erre fordított energia, időtartam vagy biztonsági megfontolások nagy mértékben hátráltathatják a termelés

beindítását. Egy nagyobb ipari berendezés üzembehelyezése általában több hetet is igénybe vehet.

A berendezés működtetését általában az első üzembe helyezés után a későbbi kezelőszemélyzet végzi. Egy üzembehelyezés abban az esetben tekinthető sikeresnek, ha a gép vagy berendezés szakszerűen ki lett csomagolva, a helyére lett állítva, csatlakoztatva lett a hálózathoz, a munkavédelmi előírásoknak megfelelően be lett üzemelve, valamint a berendezés képes a terméket az elvárt mennyiségi és minőség szempontoknak megfelelően legyártani.

6.3.1 Kicsomagolás

A gépek legtöbb esetben konténerekben érkeznek, esetleg fadóbozokban kerülnek leszállításra, ezzel is minimalizálva a sérülés veszélyét. Sajnos ezekből a konténerekből nem minden esetben zajlik zökkenőmentesen a gépek kiemelése.

6.3.2 Berendezés helyére állítása

Kicsomagolást követően a gépet a működési helyére kell állítani. Emiatt a berendezés érkezése előtt tájékozódni kell annak főbb méreteiről, mely összevetésre kerül a gyártás jövőbeni helyszínével. Amennyiben szükséges gondoskodni kell targoncáról, néhány esetben akár a fal kibontásával is járhat a művelet.

6.3.3 Beállítás

Amint a gép vagy berendezés már a helyére került az üzemen belül, következik a pontos beállítás. Ezen folyamat többnyire milliméter pontos beállítás, valamint vízszintbe helyezés. Erre a gép optimális működése érdekében van szükség, illetve, hogy elkerülhető legyen a berendezés roncsolódása. A művelet magában foglalja a pozicionálást is.

6.3.4 Mechanikai szerelés

A mechanikai szerelés magában foglalja többek között a gépek lábainak rögzítését is, hiszen a berendezés stabilitása elengedhetetlen a munkavégzés biztonsága érdekében. A munkafázis ezen részében kerül minden egyéb alkatrész, illetve részegység rögzítése is a helyére. Valamint a többi géppel való összekapcsolás is.

6.3.5 Elektromos szekrény

Általában két megoldás szokott lenni, vagy magára a gépre, vagy egy külön elektromos szekrénybe kerül elhelyezésre a gyártmány a típusától és méretétől függően. Az üzembhelyezés ezen fázisában a lehető legpontosabban kell eljárni, mert akár egy apró hiba is komoly károkat okozhat. A gép vezérlésének beállítása, illetve maga a programozás is ebben a munkafolyamatban történik.

6.3.6 Elektromos hálózat

Ebben a folyamatban a hálózat kiépítése történik a szekrénytől egészen a gépig. Néhány esetben a gépen belül is, az üzemelés zavartalan működése érdekében.

6.3.7 Vezérlés bekötése

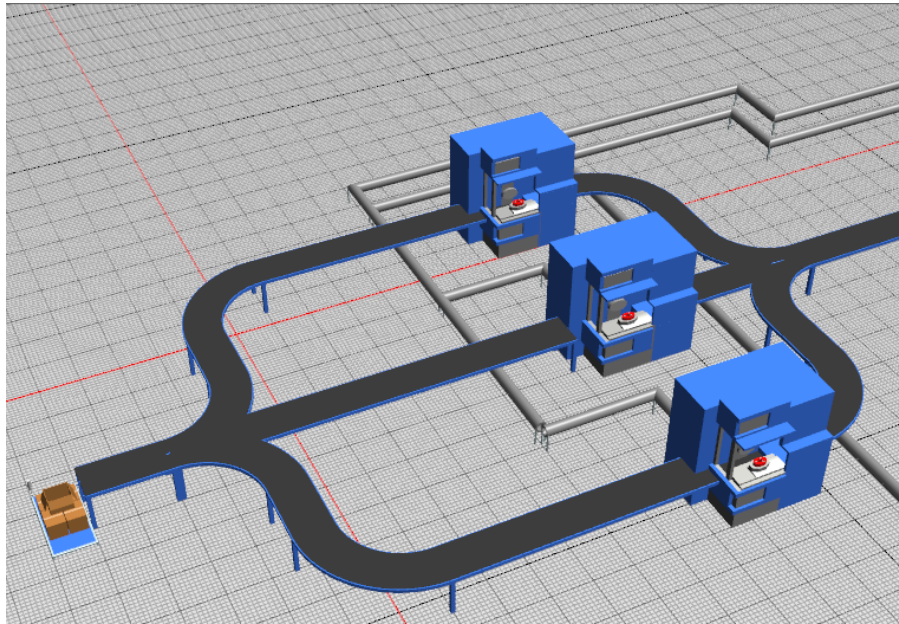
Szükséges továbbá a berendezés vezérlésének elektromos betáplálása, valamint az erősáram és gyenge áram megfelelő helyekre történő továbbítása. Itt minden vezeték végnek a helyére kell kerülnie az üzemeltetés biztonsága miatt.

Amint ezen munkafolyamatok összessége pontosan és komplikációk nélkül lezajlott, csak akkor lehet a gépet üzembe helyezni, és vele együtt minden további beállítást, programozási feladatot, illetve próbaüzemi feladatot elvégezni.

6.4 Gépsor telepítése Tecnomatixban

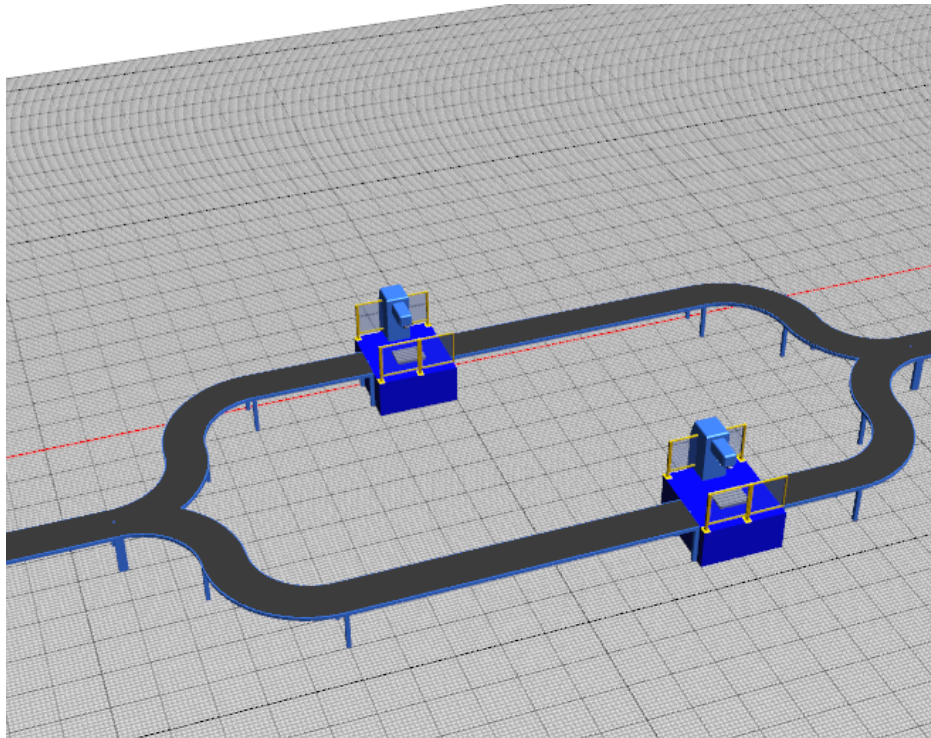
Tervezés során a Siemens PLM Tecnomatix diákverzióját használtam, melyben korlátozva van a beilleszthető elemek száma, emiatt csak a gépek, valamint a szállító és tároló eszközök szerepelnek benne.

A bemeneti egységben megadtam a munkadarab kezdő méreteit, valamint a gyártandó mennyiséget. Innen kerül át az első megmunkálási fázisba a darab, mely során CNC gép segítségével kialakítjuk a befoglaló méreteket. Ide szállítószalagon keresztül érkezik a termék, a bemenettől három irányba ágazik szét, mindegyik végén 1-1 szerszámgép található. A szalagon százalékos kilépést állítottam be, esetünkben 33%-ot egységesen. A megmunkálást követően a három irány találkozik, és egy közös tárolóban várja a további műveleteket.



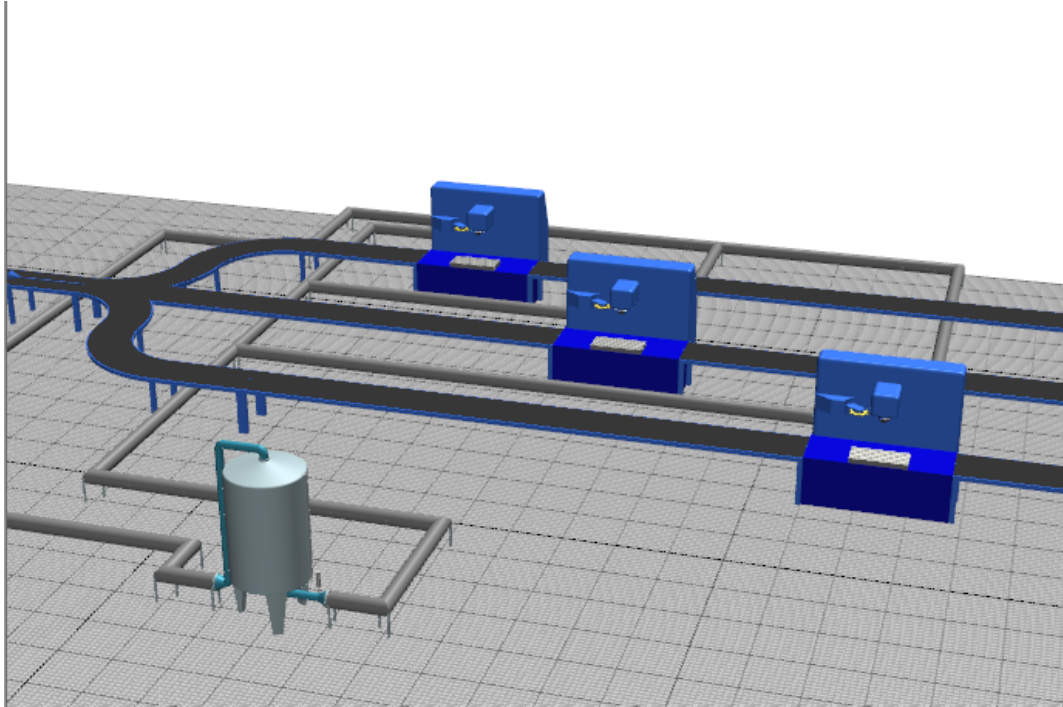
26. ábra Első megmunkálási fázis

Következő lépésben oszlopos fúrógép segítségével létrehozzuk a fogaskerék központi furatát, itt két eszközön történik a megmunkálás párhuzamosan, az előző fázishoz hasonlóan, a folyamat végén egy tárolóba érkeznek a darabok. Itt 50-50%-ra állítottam a darabok szalagról történő kilépését.



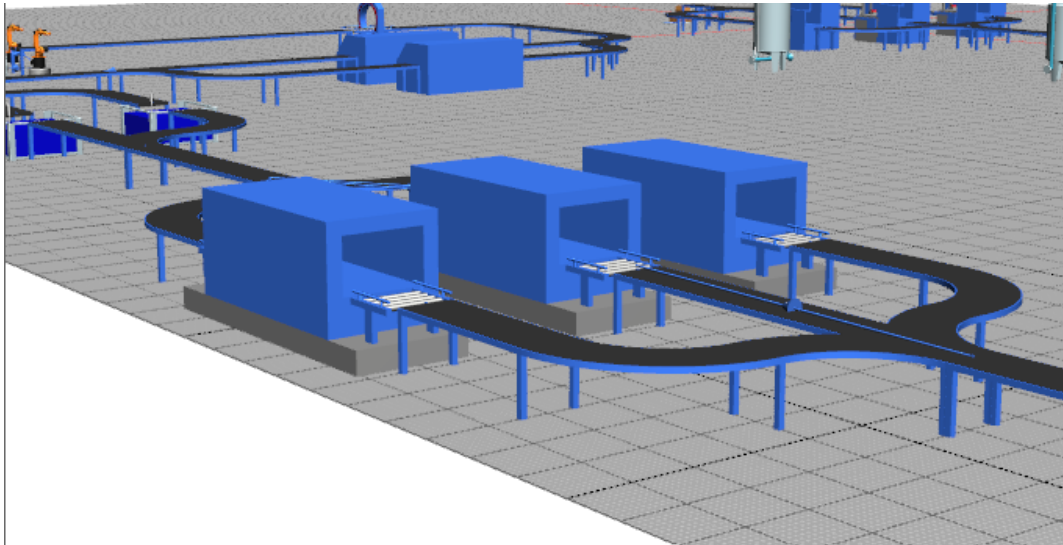
27. ábra Második megmunkálási fázis

Harmadik lépésként újabb CNC megmunkálás következik, mely során a fogakat alakítjuk ki. Párhuzamosan három gépen történik a munkafolyamat. Ez esetben a szállítóeszköztől való kilépést 33%-ra állítottam az első lépéshez hasonlóan. Két lépésben történik a kialakítás, először egy nagyolási művelet következik, melyet egy simítás követ. A lépés végén a munkadarabok újból közös tárolóegységbe kerülnek.



28. ábra. Harmadik megmunkálási fázis

Negyedik lépés során következik az edzés. Itt 800-850 fokra hevítjük a munkadarabokat. Ezután alacsonyabb hőmérsékleten hűn tartjuk. Az anyagáramlás itt is háromirányú, ezért a kilépést ebben az esetben is 33%-ra állítottam. A folyamat végén víztartályokban történik a hűtés.

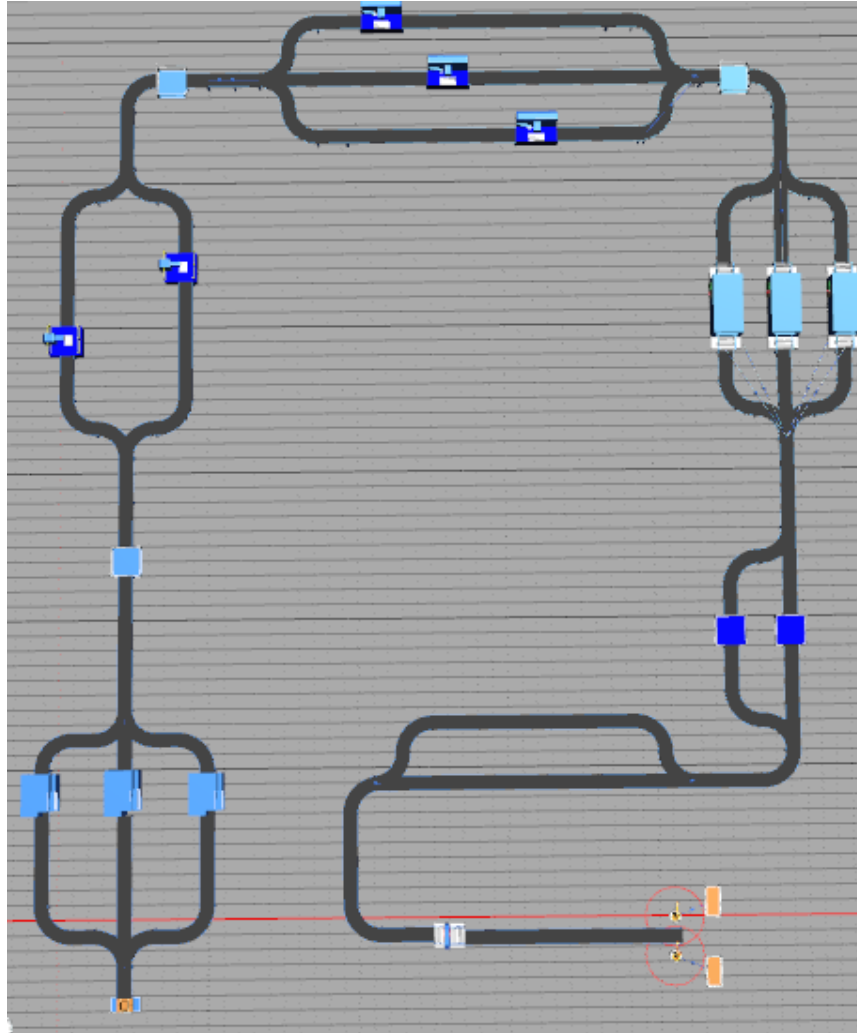


29. ábra. Negyedik megmunkálási fázis

Az ötödik állomáson történik a munkadarabok befejező megmunkálása, mely során kialakításra kerül végső állapot. Ez két CNC géppel történik párhuzamosan, tehát itt 50-50%-ra állítottam a kilépést.

A készre munkálást követően a fogaskerekek áthaladnak egy vizsgáló berendezésen, ahol, amennyiben a munkadarab hibátlanul megfelelt, az út végén KUKA robotok mozgatják őket tárolókba.

6.5 Eredmények kiértékelése



30. ábra. A gyártósor felülnézeti képe

Tervezést követően kezdetét vette a statisztikai adatok kinyerése a programból. A szimulációs idő összesen 14 óra 5 perc volt. A kiértékelés során a program lehetőséget ad a raktározás, valamint a gyártás, az anyagáram szimuláció modellezés, elemzés, valamint a gyártás folyamán a szűk keresztmetszetek, a blokkolási helyzetek és az esetleges fennakadások vizsgálatára és kiküszöbölésére. Ez tervezett folyamatok, illetve már meglévő modellek esetén is elvégezhető.

Az elkészült gyártósor modell áttekinthető, és különböző szempontok alapján elemezhető, az eredményekről jelentéseket tudunk készíteni.

Továbbá lehetőség nyílik számunkra a folyamatok optimalizálására, a műveleti idők összehangolására, az erőforrások vizsgálatára és akár gyártási költség elemzésre is.

1. táblázat. Erőforrás statisztika

Gép	Dolgozik [%]	Várakozás [%]	Hibás [%]
CNC1	40,94	51,24	7,82
CNC2	39,40	51,59	9,01
CNC3	37,98	53,22	8,80
Fúrógép1	44,37	50,91	4,71
Fúrógép2	44,37	51,35	4,27
CNC4	6,59	88,13	5,28
CNC5	6,57	88,17	5,26
CNC6	6,57	88,16	5,27
Hőkezelő1	79,04	2,13	18,82
Hőkezelő2	78,81	0,88	20,31
Hőkezelés3	78,81	0,74	20,45

Az első fázis 5 óra 46 perc, mely során a megmunkálógépek átlagosan az idő 89,48%-ban dolgoztak, 1,63%-ban várakoztak, a maradék időben hibából adódóan nem üzemeltek. A második megmunkálási egység ideje 6 óra 15 perc, itt a gépek átlagosan 94,36%-ban dolgoztak, és 0,97%-ban várakoztak.

2. táblázat. Gépenkénti hibaidő

Gép	Hiba idő [óra:perc]	Mennyiség [darab]
CNC1	1:06	78
CNC2	1:16	76
CNC3	1:14	81
Fúrógép1	00:39	44
Fúrógép2	00:36	40
CNC4	1:12	23
CNC5	1:16	27
CNC6	1:09	21
Hőkezelő1	2:39	17
Hőkezelő2	2:51	17
Hőkezelő3	2:52	18

7 Fejlesztési lehetőségek

A minőség, hatékonyság és termelékenység növelése érdekében meg kell határozni a fejlesztendő területeket és optimalizálni a folyamatokat.

7.1 Offline programozás

Az átállási időket és az ezekkel járó költségeket jelentős mértékben csökkenteni lehet, ha számítógépen keresztül történő offline programozást használunk a gépek esetében.

7.2 Gyártósor átszervezés/bővítés

Az iparág folyamatos fejlődésével kulcsfontosságúvá vált a stratégiai döntéshozatalok szerepe. A piac változásával előfordulhat, hogy át kell szerveznünk a gyártósorokat. Ez igen összetett folyamat, mely gondos tervezést és kivitelezést igényel. Ehhez a következő lépések szükségesek.

7.2.1 Igényfelmérés

Itt szükséges meghatározni a gyártósor átszervezésének okait, mint például költségcsökkentés, bővítés, vagy mint a mi esetünkben stratégiai megfontolás.

7.2.2 Tervezés

Ebben a pontban történik az átszervezési terv kidolgozása, mely magában foglalja a szükséges ütemtervet, az erőforrásokat és a költségvetést. Továbbá meg kell határozni a folyamat mérföldköveit, célkitűzéseit.

7.2.3 Előkészítés

Ezen folyamat során megtervezzük az új elrendezést, figyelembe véve a különböző tényezőket, mint például a munkalépések optimalizálása, az elrendezés, a biztonsági követelmények, valamint a jövőbeli skálázhatóság. Szükséges még továbbá a megfelelő engedélyek biztosítása.

7.2.4 Berendezések értékelés, kiválasztása

Itt értékeljük a meglévő berendezéseket annak érdekében, hogy áthelyezhetőek, vagy új berendezéseket kell beszereznünk. Összevetjük a gépek kompatibilitását a

termelési követelményekkel. Ezután megszervezzük a szükséges módosításokat a korszerűsítés és költségcsökkentés érdekében.

7.2.5 Logisztika

Továbbiakban a zökkenőmentes átmenetek biztosítása érdekében a határidőket szükséges megállapítani. Ezzel is elkerülve az esetleges készletgazdálkodási és szállítással kapcsolatos zavarokat.

7.2.6 Átállítás és képzés

Tájékoztatni kell a dolgozókat az áthelyezésről. Meg kell határozni az új gyártósor munkaerőigényét, esetleges átképzéseket. Ezáltal képzési terveket kell kidolgozni az új berendezésekhez.

7.2.7 Végrehajtás

Itt kezdődik a fizikális szállítás, mely során három fő fázist különböztetünk meg.

- Szétbontás
- Átszállítás
- Összeszerelés

7.2.8 Ellenőrzés

Miután a gépek átkerültek a végleges helyükre, alapos ellenőrzéseket és próbafuttatásokat kell elvégezni, a gyártandó termék megfelelése, a gépek teljesítményének és a célokhoz való igazodás miatt. Valamint az esetlegesen felmerülő problémák kezelése érdekében.

7.2.9 Optimalizálás

Az áthelyezés teljesítményének, fontosabb mérőszámok nyomon követése, összehasonlítása a régiakkal.

8 Összefoglalás

A szakdolgozat során egy fogaskerék gyártósor tervezése történt. Az munkadarab anyaga C45 szénacél, melyet a Volkswagen csoportok vezérmű tengelyénél alkalmaznak. A folyamat során megismerkedhettünk a gyártási folyamat szimulációjával.

Az alkatrész tervezése számítógéppel, az Autodesk Fusion programban valósult meg. Először a 2D, majd a 3D modellt készült el. Végeelem módszert nem alkalmaztam, csak említés szinten, mivel a fogaskerék kereskedelmi forgalomban megtalálható. Ezt követte a megmunkálási folyamatok kiválasztása és lemodellezése, a Fusion szoftveren belül.

Miután a modellt elkészült, kezdődhetett a gyártósor tervezés. Ehhez először kiválasztottam a különböző folyamatokhoz tartozó megmunkáló berendezéseket, melyeket a továbbiak során használtam. Az elméleti tervezést követte a Siemens szoftvercsalád Plant Simulation Tecnomatix programja, melyben összeállítottam a gyártósor modelljét.

Ezt követően lefuttatásra került a gyártás a programon belül 1000db-os szériával. A folyamat végeztével statisztikai információk lettek lekérve a programból, melyek segítségével az egyes állomások adatait lehetett kiértékelni. Ez egy igen fontos funkciója a programnak, mely segítségével megelőzhetőek a felesleges kiadások.

Végezetül további fejlesztési lehetőségek lettek megemlítve, ami által a gyártósor kihasználtsága a lehető legmagasabb, valamint a termelékenység növelhető, miközben a költségek csökkennek, és jövőbeli skálázhatóság lehetősége is fennáll.

A gyártási folyamatszimuláció egy igen összetett és rendkívül hasznos része a folyamatos ipari fejlődésnek, melyben rengeteg potenciál található.

Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Szmejkál Attila – Ozsváth Péter Jármszerkezeti Anyagok és Megmunkálások II. (2007-2008)
- [2] https://www.monarch.hu/term/adesk/fusion/fusion_ismerteto.shtml
(Letöltés időpontja: 2024.04.05 20:13)
- [3] <http://ait.iit.uni-miskolc.hu/~hornyak/pdf/gyfszm.pdf> (Letöltés időpontja: 2024.04.05 21:10)
- [4] <https://enterprise-group.hu/plm/tecnomatix> (Letöltés időpontja: 2024.04.05 21:19)
- [5] Liener György: Autótípusok 1964. Bp.
- [6] Horváth Imre – Juhász Imre: *Számítógéppel segített gépészeti tervezés*, Műszaki Könyvkiadó, 1996.
- [7] F. A. Barbasov: *Marás*, Műszaki Könyvkiadó, 1979.
- [8] Szegh Imre: *Gyártástervezés*, Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Kar, Műegyetemi Kiadó, 1996.
- [9] Stampfer Mihály: *Fogaskerékhajtások*, Pécsi Tudományegyetem, 2004.
- [10] Simon Sándor: *Fémipari alapképzés, Szakmai gyakorlat*, Műszaki Kiadó, 2012.
- [11] Fenyvessy T. – Fuchs R. – Gürtler M. Cs. – Plósz A.: *Műszaki Táblázatok*, TCS Media Kft. Budapest, 2015.
- [12] Gotthard Viktor: *Moduláris felépítésű gyártósorok tervezésének elmélete és gyakorlata*, Budapest, 2008.
<https://repozitorium.omikk.bme.hu/server/api/core/bitstreams/a7fb0fc0-9039-4e70-9532-2680a2e5b1b8/content> (Letöltés időpontja: 2024.05.02. 22:14)
- [13] <https://evoauto.hu/vezermuszij> (Letöltés időpontja: 2024.04.07 13:10)
- [14] Perger József: *Járműipari gyártási folyamatok modellezése és optimalizálása*, Győr, 2014.

https://rgdi.sze.hu/images/RGDI/honlapелеmei/fokozatszerzesi_anyagok/perger_jozsef_doktori_disszertacio.pdf (Letöltés időpontja: 2024.03.06. 21:43)

[15] Szám János: Oszlopos fúró, sugárfúró

[16] <https://dwdszerszam.hu/termekek/kbm-40-szekrenyallvanyos-furogep-p2418237.html> (Letöltés időpontja: 2024.05.04 17:28)

[17] <https://en.dmgmori.com/products/machines/milling/vertical-milling/cmx-v/cmx-600-v> (Letöltés időpontja: 2024.05.04 21:14)

[18] <https://hu.dw-inductionheater.com/term%C3%A9k/automata-fogaskerekes-edz%C3%A9si-g%C3%A9p> (Letöltés időpontja: 2024.05.05 18:27)

[19] <https://www.kuka.com/> (Letöltés időpontja: 2024.05.06 00:09)

[20] <https://www.cnc.hu/2018/03/szerszamgepek-kivalasztasi-szempontjai/> (Letöltés időpontja: 2024.05.05 22:35)