

Nagy méretű, acélanyagú tengelyek technológiai folyamatának értékelemzése

Összefoglalás: Egy gépipari vállalat új ipari projektként Nagy méretű, acélanyagú tengelyek gyártását kezdte el. A cég fontosnak tartja a projekt megvalósítását, mert ezzel a gyártmánnyal szélesíteni tudja a termékkínálatát. A gyártmány paramétereit a vevő részletesen meghatározza. A technológia funkcióit a gyártmányból lehet szakszerűen levezetni. Az elemzések azt bizonyítják, hogy a funkcióhordozók (műveletek, egyes anyagok, szerszámok, berendezések stb.) különböző kombinációi elősegíthetik a technológia hatékonyságának növelését. A Dunaújvárosi Egyetem oktatói, egy hallgató, valamint a cég két vezetője értékelemzési projektet dolgoztak ki. A hallgató előzetesen részt vett értékelemzés tárgyú képzésben, ahol élő projektet mutatott be a gépipar területéről. A közösen kidolgozott projekt javaslatai már részben bevezetésre kerültek. A javaslatok teljes körű bevezetése elősegítheti a cég versenyképességének növelését. A Dunaújvárosi Egyetem pedig egy újabb esettanulmánnyal gazdagodik, amely támogatja az értékelemzés oktatását.

Kulcsszavak: Gépipari vállalat, ipari projekt, technológia, értékelemzés, versenyképesség.

Abstract: An Engineering company has started a new industrial project to manufacture large steel shafts. The company considers the project important because it will enable it to expand its product range. The parameters of the production are specified in detail by the customer. The functions of the technology can be deduced from the product. Analyses have shown that different combinations of function carriers (operations, materials, tools, equipment, etc.) can help to increase the efficiency of the technology. A value analysis project was developed by lecturers from the University of Dunaújváros, a student and two managers from the company. The student had previously attended a training course on Value Analysis, where he presented a live project

* Dunaújvárosi Egyetem, főiskolai tanár, óraadó
E-mail: nadasdi.ferenc@gmail.com.

** Dunaújvárosi Egyetem, MSc. II. éves gépészmérnök hallgató, LINAR HUNGARY PPM Békéscsaba Divízió munkatársa
Email: vidonefmaria@gmail.com

*** LINAR HUNGARY PPM Békéscsaba Divízió, főmérnök, okl. gépészmérnök
Email: linamarhungaryzrt@linamar.com

**** LINAR HUNGARY PPM Békéscsaba Divízió, projektmenedzser, okl. energetikai mérnök
Email: linamarhungaryzrt@linamar.com

[1] Keszi-Szeremlei Andrea–Nádasdi Ferenc (2016): „Forradalmi” változások a menedzsment területén. *International Journal of Engineering and Management Sciences*, 1., (1.), pp. 1–15.

[2] Keszi-Szeremlei Andrea–Nádasdi Ferenc–Vámosi Kornélia (2017): A fenntarthatóság támogatása szakmai tanácsadással. In: Csehné Dr. Papp Imola–Budavári-Takács Ildikó–Mészáros Aranka–Poór József–Csapó Ildikó (Szerk.): *Megújulás és fenntarthatóság – versenyképes és tudásalapú Magyarorszáért : VIII. Nemzetközi Tanácsadói Konferencia tanulmánykötete*. Budapest: Budapesti Kereskedelmi és Iparkamara. Kiadja: Drimál István XX. osztályelnök TANOSZT – Dr. Poór József egyetemi tanár, CMC konferencia szervezője. A tanulmánykötet támogatója: BKIK, Szent István Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar.

in the field of mechanical engineering. The proposals of the jointly developed project have already been partially implemented. The full implementation of the proposals could help to increase the competitiveness of the company. And the University of Dunaújváros will have another case study to support the teaching of Value Analysis.

Keywords: Engineering company, industrial project, technology, Value Analysis, competitiveness.

Bevezetés

A Dunaújvárosi Egyetem új kezdeményezése, hogy tanár–hallgató (külső szakértők) közös kutatómunkája bemutatásra kerüljön. A Dunaújvárosi Egyetemen több évtizede tantárgyként szerepel az értékelemzés (Value Methodology), amelyet az Amerikai Értékelemzők Nemzetközi Társaságától lett átvéve – a Magyar Értékelemzők Társasága segítségével. A tantárgy teljesítéséhez a hallgatóknak kötelező egy élő projekt elkészítése, amely elősegíti a módszer jobb megértését és elsajátítását. A tantárgyat a Társadalomtudományi Intézet gondozza. [1, 2]

A bemutatásra kerülő tanulmány egy élő projekt eredményeit tartalmazza. A projekt a „LIMAR HUNGARY PPM” Békéscsabán működő ipari projektet kivitelező Divízióban készült. Az értékelemzési projekt jelentőségét növeli az a tény is, hogy a munkában a Divízió vezetői is részt vettek.

A projekt célja

A 2022-ben kialakult energiaválságnak köszönhetően a megújuló energiaforrások telepítése ugrásszerűen felgyorsult. A válság nem csak a kereslet, hanem az előállítási költségek jelentős növekedését is eredményezte. A kialakult és jelenleg is fennálló helyzet gyors változtatásokra készítette a céget. Versenyképesség, a globális piaci pozíciók megtartása érdekében, hangsúlyossá vált gyártási folyamatok hatékonyságának fejlesztése, új – költségcsökkentést célzó – technológiai eljárások kidolgozása, a meglévő termékek értékjavítása.

A szélgenerátorokba beépülő tengelyek vonatkozásában, a megrendelővel közös, új vibrációs-feszültségmentesítő technológiai eljárás bevezetésébe, tesztelésébe kezdett a cég, mely az energiafelhasználás csökkentését célozta meg. Ezenkívül, a megemelkedett gyártási darabszámok szükségessé tették a kiépített gyártósor kapacitásának növelését, új szerszámgépre irányuló beruházás indítását.

Az értékelemzés legfőbb célkitűzései:

- **Az ipari projekt életben tartása.**
- **A gyártási igényhez megfelelően illeszkedő szerszámgép kiválasztása.**

A fentiek a további célkitűzésekkel érhetők el:

- Előállítási költségek csökkentése.
- Meglévő termékek értékjavítása.
- Minőségi mutatók megfelelő szinten tartása.
- Az energiafelhasználás csökkentése.
- Új technológiai eljárás kidolgozása.
- A szerszámfelhasználás költségeinek minimum 10%-os csökkentése.
- Veszteségforrások és gyenge pontok meghatározása.
- Műveleti idők és költségek csökkentése.
- Mellékidők csökkentése.

A projekt tárgya, a technológiai folyamat bemutatása

A projekt tárgya az úgynevezett nagyméretű tengelyek gyártási folyamatának értékelemzése. Az alkatrészek funkciójukat tekintve, szélturbinába beépülő szinkron- és aszinkron generátorok forgórész tengelyei.

Az alkatrész kialakítás, mérete (mélyfurat, a palástfelülettel 90°-tól eltérő szöget bezáró furatok) és a termékkel szembeni szigorodó elvárások, speciális, darupályával és nagy pontosságú CNC-gépekkel felszerelt gyártósort igényelnek.

Az alkatrész jellegzetes, kétirányban lépcsős tengely, megmunkálásának technológiai lépései:

1. Véglapmarás, mélyfúrás.
2. Nagyoló esztergálás.
3. Feszültségmentesítő hőkezelés.
4. Simító esztergálás.
5. Marás, fúrás.
6. Felületkezelés.
7. Köszörülés.
8. Sorjázás.
9. Végátvétel.
10. Csomagolás.

A folyamat, amely egyben a gyártási folyamat 1. szakasza, a békéscsabai üzemben kezdődik az S355J2G3 anyagminőségű köracélok véglapmarásával, a csúcs-, majd mélyfuratok kialakításával (*1. munkaállomás*). Az alkalmazott eljáráshoz a Lagun GCM8-as, forgó A és C tengellyel, automata munkadarab-bemérő és szerszámélettartam-figyelő rendszerrel ellátott, mozgóoszlopos marógépet használják (Az előgyártmányok, félkész-kész alkatrészek mozgatása, melyek súlya megközelíti és időnként meg is haladja az 1 tonnát, minden művelet esetén, a gyártósoron kiépített daru(pálya) + heveder, és targonca segítségével történik. A munkadarab egyensúlyban tartása érdekében, így a könnyebb ki- és befogást, illetve a sérülés elleni védelmet elősegítve, a műveleti rajzokon előre megadják az alkatrész súlypontját.)

A művelet során az előgyártmányokat egyesével helyezik a munkatérbe. Minden munkadarab befogása ugyanazzal, a gépasztalra rögzített, prizmás készülékkel történik. Az alkatrészen minden, a műveleti lépéshez tartozó elem, a marógép kialakítása miatt, egy befogásból elvégezhető. A művelet végrehajtását követően az alkatrészt eltávolítják a munkatérből, majd helyére a készülék tisztítását követően újat szerelnek fel. A folyamat a *2. munkaállomáson*, a marógéppel szemben telepített, Doosan Puma 700L-es esztergagépeken folytatódik, az előgyártmányok megfelelő ráhagyással történő nagyoló esztergálásával, majd a megmunkálást követően az alkatrészeket feszültségmentesítő hőkezelés alá vetik (*3. munkaállomás*).

A hőkezelés során az alkatrészeket, az erre a célra kialakított tárolóeszközbe helyezik, majd a tárolóeszközzel együtt (targoncával) veszik ki a kemencéből. A hőkezelési eljárás a vevői rajzon meghatározott paraméterek szerint történik. A hőtartás ideje az alkatrészek méretétől függően, 8,5 vagy 6,5 óra.

Lehetőség szerint a cég arra törekszik, hogy a kemence kapacitását a lehető leggazdaságosabban lehessen kihasználni. Minden esetben a maximális darabszámmal kell a kemencét feltölteni. Az alkatrészek lehűlését követi a simító esztergálás, melyhez minden esetben, az alkatrész méret- helyzet- és alaktűréseit figyelembe véve, az erre a célra átalakított PUMA700-as CNC-esztergákat alkalmazzák (*4. munkaállomás*).

A befogáshoz minden esetben egyedi kialakítású körmös homlokmenesztőt és forgócsúcsot használnak. A művelet során, a köszörült felületek kivételével, minden esztergált felületet rajz szerint, kész méretre gyártanak. A simító esztergálás után az 5. *munkaállomáson* történnek a marási és fúrási műveletek, mint befejező megmunkálás.

Ebben a műveletben készítik el a palástfelületen lévő hornyokat, ferde furatokat, valamint a véglapokon a menetes furatokat. Továbbá ez a művelet a mélyfuratok befejező megmunkálása. Erre a célra szintén, a már korábban bemutatott, Lagun GCM8-as marógépet alkalmazzák. Az alkatrészek befogása készülékek segítségével történik, melyek tömegükönél fogva két külön részből állnak. Mindkét fél hidraulikus szorítású, szerelhető prizmákkal ellátott satuval van felszerelve.

A palástfelületen kialakított furatok, hornyok elhelyezkedése, pozíciója miatt az alkatrészeket a művelet elemek elvégzése során meghatározott pozíciókba (koordináta) kell elfordítani. Ezt a folyamatot, a készüléken kialakított görgős támaszok és a tengely végére felszerelt, kézi mozgatású tájoló készülék segítségével lehet megvalósítani. A fenti műveleteket követi a gyártási folyamat második fő szakasza, mely az orosházi telephelyen valósul meg (6. *munkaállomás*).

Az alkatrészek csomagolásra és szállításra való előkészítése után átszállításra kerülnek Orosházára. Ebben a szakaszban történik az alkatrészek korrózióvédelme, festése, majd ezt követően visszaszállításra kerülnek a békéscsabai divízióba.

A visszaszállítást követően, a gyártási folyamat harmadik fő szakaszában megy végbe a megmunkálás befejező művelete, a köszörült felületek előállítása (7. *munkaállomás*). Megmunkálásukhoz, nagy pontosságú CNC-köszörűgépet, valamint, a véglap kialakításától függően, dugós menesztőt, álló- és forgó csúcsokat használnak. A gyártási folyamat utolsó lépései az alkatrész sorjázása, végátvétel (8–9. *munkaállomás*) majd a megfelelő minőségű kész termékek végfelhasználóhoz történő szállításra előkészítése (10. *munkaállomás*), tisztítása, csomagolása, raktározása, végül kiszállítása. [3]

A technológia szakaszait, berendezéseit, valamint műveleteit az 1. táblázat tartalmazza.

[3] Nádasdi Ferenc–Keszzi-Szeremlei Andreea (2012): Innovációs folyamatok támogatása értékelemzéssel. In: Beszteri Béla–Majoros Pál (Szerk.): *Változó világ: társadalmi és gazdasági útkeresés : a 2012. május 18-án Győrben rendezett tudományos konferencia előadásai*. Veszprém: VEAB, Széchenyi István Egyetem. Paper: V/1 Tudományos. pp. 1–8.

[4] Stewart, Robert B. (2005): *Fundamentals of Value Methodology*. UDA: Xlibris Corporation.

1a. táblázat. A technológia szakaszai, berendezései, műveletei

1. szakasz					
1. csoport	2. csoport	3. csoport	4. csoport	5. csoport	6. csoport
Berendezések	Berendezések	Berendezések	Berendezések	Berendezések	Berendezések
CNC Fúró-marógép Turbómaró Daru Targonca	CNC Eszterga Daru Targonca	LVK 200 Hőkezelő kemence Targonca	CNC Eszterga Daru Targonca	CNC Fúró-marógép Turbómaró Daru Targonca	Daru Targonca
Műveletek	Műveletek	Műveletek	Műveletek	Műveletek	Műveletek
M1 Anyag-mozgatás M2 Készülékbe helyezés M3 Véglapmarás M4 Központfúrás M5 Mélyfúrás M6 Mérés M8 Gépről levesz	M9 Anyagmozgatás M10 Gépbe helyezés M11 Nagyoló esztergálás M12 Mérés M13 Gépről levesz	M14 Anyagmozgatás M15 Gépbe helyezés M16 Hőkezelés M17 Gépről levesz M18 Hűtés	M19 Anyagmozgatás M20 Gépbe helyezés M21 Símitó esztergálás M22 Mérés M23 Gépről levesz	M24 Anyagmozgatás M25 Készülékbe helyezés M26 Fúrás M27 Menetfúrás M28 Horony marás M29 Mérés M30 Gépről levesz	M31 Anyagmozgatás M32 Gépbe helyezés M33 Sorjázás M34 Gépről levesz M35 Tisztítás M36 Csomagolás M37 Szállítás

Forrás: Szerzők szerkesztése 2023. [4]

1b.sz. táblázat. A technológia szakaszai, berendezései, műveletei

2. szakasz	3. szakasz.	4. szakasz
7. csoport	8. csoport	9. csoport
Berendezések	Berendezések	Berendezések
Daru Targonca	CNC Kőszörűgép Daru Targonca	Daru Targonca
Műveletek	Műveletek	Műveletek
M38 Anyagmozgatás M39 Felület előkészítés M40 Készülékbe helyezés M41 Festés M42 Szárítás M43 Mérés M44 Gépről levesz	M45 Anyagmozgatás M46 Gépbe helyezés M47 Kőszörülés M48 Mérés M49 Gépről levesz	M50 Csomagolás M51 Raktározás M52 Szállítás

Forrás: Szerzők szerkesztése 2023. [4]

A gyártmány és a technológia funkcióinak meghatározása

A termék és a technológiai folyamat ismertetését követően, első lépésben meghatározásra kerültek azok a követelmények, amelyeket a vevők a terméktől elvárnak, majd a követelmények ismeretében a technológiával szembeni igényeket, hogy ezek az igények teljesüljenek. A funkcióelemzést keretein belül, kiterjesztettük az elemzést a technológiát megvalósító szerszámokra is. [4, 5]

A vevő termékkel szembeni elvárásai:

- I1 Villamos-energia előállítására alkalmas legyen.
- I2 Szabványban előírtaknak megfeleljen.
- I3 Mérettűréseknek megfeleljen.
- I4 Szerelésnél beépíthető legyen.
- I5 Csereszabatos legyen.
- I6 Mechanikai igénybevételeknek ellenálljon.
- I7 Korróziós igénybevételnek ellenálljon.
- I8 Környezeti hatásoknak ellenálljon.
- I9 Tartóssági követelményeket kielégítsen.
- I10 Teherbíró legyen.
- I11 A felületén anyagfolytonossági hiba ne legyen.
- I12 Kedvező ár.
- I13 Esztétikus legyen.

A technológiával szembeni igényünk ahhoz, hogy a fent felsoroltak teljesüljenek:

- I1 Az előírt anyagok alakíthatóságát, feldolgozását biztosítsa.
- I10 Az előírt felületkikészítést biztosítsa.
- I2 Biztosítsa a szabványnak való megfelelést.
- I3 Az alkatrészgyártás során az előírt méretpontosságot, alakhűséget biztosítsa.
- I4 A megfelelő alkatrészellátást biztosítsa.
- I5 Tartóssági követelményeket kielégítse.
- I6 A minőség ellenőrizhető legyen.
- I7 Mellékidőket csökkentse.
- I8 Könnyű szerelhetőséget, beállítást biztosítson.
- I9 Az előállítás ideje ellenőrizhető legyen.
- I10 Szerszám élettartam ellenőrizhető legyenek.

[4] Stewart, Robert B. (2005): *Fundamentals of Value Methodology*. UDA: Xlibris Corporation.

[5] Sato, Y.–Kaufman, J. J. (2005): *Value Analysis Tear – Down: A New Process for Product Development and Innovation*. New York: Industrial Press Inc. and Society of Manufacturing Engineers.

[6] Parker, E. Donald (1994): *Management Application of Value Engineering for Business and Government*, Washington, D. C.: The Lawrence D. Miles Foundation.

[7] Keszi-Szeremlei Andrea–Nádasdi Ferenc (2015): Az érték-elemzés oktatásának online tananyaggal. In: András István–Rajcsányi-Molnár Mónika–Németh István Péter (Szerk.): *Szimbolikus közösségek*. Dunaújváros: DUF Press, pp. 60–71.

I11 A ráfordítási költségek ellenőrizhetők legyenek.

I12 A megmunkált felületek védelmét biztosítsa.

I13 Alacsony létszámigény.

I14 Baleset- és környezetvédelmi követelményeknek megfeleljen.

I15 A folyamat dokumentálható és nyomon követhető legyen.

I16 Tegye forgalomba hozatalra alkalmassá a terméket.

Az elemzést követően, a vevői- és technológiai igényekből kiindulva, meghatározásra kerültek a termék-, a technológia- és a szerszám funkciói. A célkitűzéseket és azt a két tényrt figyelembe véve, hogy elsősorban, a gyártás területén van bizonyos mozgásteret a cégnek, a fejlesztésre, illetve, hogy a termék előírt funkciói nem változhatnak, az elemzés során a technológia – és az azt megvalósító szerszámok funkcióira helyezte a team a hangsúlyt. A terméket, a termék-előállítás technológiáját és a szerszámokat olyan funkciókkal látták el, amelyek szükségesek ahhoz, hogy az igényeket a lehető leggazdaságosabb módon, maradéktalanul kielégítsék. [6, 7]

A termék főbb funkciói:

F0 Villamosenergia-iparban felhasználható legyen.

F1 Szabványnak megfeleljen.

F11 Méretpontosságot biztosít.

F12 Szerelhetőséget biztosít.

F2 Tartóssági követelményeket kielégít.

F21 Mechanikai igénybevételeknek ellenáll.

F22 Korróziós igénybevételnek ellenáll.

F3 Teherbírási követelményeknek megfeleljen.

F31 Szabvány előírásoknak megfeleljen.

F32 Szilárdsági követelményeknek megfeleljen.

F4 Szerelhetőséget biztosít.

F5 Csereszabotosságot biztosít.

F6 Esztétikai követelményeknek megfeleljen.

A technológia funkciói:

F0 Alkatrészek gyártását biztosít.

F1 Anyagot előkészít.

F11 Anyagot géphez szállít.

F12 Anyagot gépre felrak.

F13 Előgyártmányt szállít.

F2 Szabványnak megfelel.

F21 Méretpontosságot biztosít.

F211 Megfelelő előgyártmányt biztosít.

F22 Megfelelő szilárdságot biztosít.

F3 Tartóssági követelményeket biztosít.

F31 Mechanikai igénybevételeknek ellenáll.

F311 Kemencét felfűt.

F312 Hőn tart.

F313 Kemencét hűt.

F32 Korróziós igénybevételnek ellenáll.

F321 Felületet előkezel.

F322 Felületet utó kezel.

F323 Mechanikai tulajdonságokat javít.

F4 Mellékidőt csökkent.

F41 Pontos beállítást biztosít.

F42 Gyors alkatrészcserét biztosít.

F5 Folyamatot szabályoz.

F51 Beavatkozást jelez.

F52 Hibát jelez.

F53 Hibát megszüntet.

F6 Javítást lehetővé tesz.

F61 Minőséget ellenőriz.

F7 Szerelhetőséget biztosít.

F8 Csereszabotosság biztosítása.

F9 Esztétikai igényeket kielégít.

F10 Forgalomba hozatalt biztosít.

F101 Mennyiséget biztosít.

F102 Sérüléstől véd.

[4] Stewart, Robert B. (2005): *Fundamentals of Value Methodology*. UDA: Xlibris Corporation.

[7] Keszi-Szeremlei Andrea–Nádasdi Ferenc (2015): Az érték-elemzés oktatás – online tananyaggal. In: András István–Rajcsányi-Molnár Mónika–Németh István Péter (Szerk.): *Szimbolikus közösségek*. Dunaújváros: DUF Press, pp. 60–71.

- F103 Azonosítást biztosít.
- F104 Kiszállítást lehetővé tesz.
- F11 Karbantartást biztosít.

A technológia F.A.S.T. diagramját az 1. ábra tartalmazza.

1. ábra. Technológia F.A.S.T. diagramja (Function Analysis System Technique = Funkció Elemzési Rendszer Technika)

Projekt célja Költséget csökkent Energia felhasználást csökkent Kapacitást növel			Egyszeri funkció Technológiát telepít		Állandó funkciók Folyamatot szabályoz Javítást lehetővé tesz Karbantartást biztosít	
Hogyan?			Miért?			
Továbbfelhasználást biztosít	Kész terméket kialakít – Főfunkció	Felületet kikészít	Elő-gyártmányt megmunkál	Hőkezelést biztosít	Előgyártmányt legyárt	Feltételeket biztosít
	Anyagot mozgat	Anyagot mozgat	Anyagot géphez szállít	Előgyártmányt géphez szállít	Anyagot géphez szállít	Anyaggal ellát
Magasabb rendű funkció	Anyagot gépbe helyez	Felületet előkészít	Anyagot készülékbe helyez	Előgyártmányt gépbe helyez	Anyagot készülékbe helyez	Erőforrást biztosít
Mikor?	Felületet köszörül	Felületet fest	Méretre munkál	Kemencét felfűt	Előgyártmányt méretre munkál	Alacsonyabb rendű funkciók
	Minőséget ellenőriz	Festett felületet szárít	Sorjázást biztosít	Kemencét Hőntart	Előgyártmányt kalodába helyez	
	Rész funkciók			Kemencét Hűt		
A projekt terjedelme						

Forrás: Szerzők szerkesztése 2023. [4, 7]

Főfunkció: az a funkció, amiért a vevő a terméket megvásárolja.

Részfunkció: az a funkció, amely segíti a főfunkció teljesítését.

Magasabbrendű funkció: a vevő szempontjából fontos funkciók. A vevő akkor veszi meg a terméket, ha főfunkció teljesíti a vevő által elvárt funkciókat.

Alacsonyabb rendű funkciók: a projekt inputját jelentik, az adott projektnél adottak tekintjük.

Funkcióban és költségben gyenge pontok meghatározása

Az elemzés során nem csak a költség-funkció-, hanem a gyártmány jellegéből adódóan az üzembiztonság- és balesetvédelem szempontjából kritikus pontok is meghatározásra kerültek.

Funkcióteljesülés és a minőség szempontjából kritikus pontok a sérülésmentes alkatrész méretpontosságának, a megfelelő előgyártmányoknak, az alkatrész szerelhetőségének, csereszabatságának a megfelelő beállítások biztosításának, a szükséges beavatkozás jelzésének-, a minőség ellenőrzésének és a szerzőgépek folyamatos rendelkezésre állásának teljesülése.

FUNKCIÓBAN GYENGE PONTOK

- F12 Anyagot gépre felrak.
- F2 Szabványnak való megfelelést biztosít.
 - F21 Méretpontosságot biztosít.
 - F211 Megfelelő előgyártmányt biztosít.
 - F22 Megfelelő szilárdságot biztosít.
- F3 Tartóssági követelményeket biztosít.
 - F31 Mechanikai igénybevételeknek ellenáll.
 - F32 Korrozíós igénybevételnek ellenáll.
 - F41 Pontos beállítást biztosít.
- F5 Folyamatot szabályoz.
 - F51 Beavatkozást jelez.
- F6 Javítást lehetővé tesz.
 - F61 Minőséget ellenőriz.
- F7 Szerelhetőséget biztosít.
- F8 Csereszabatság biztosítása.
 - F102 Sérüléstől véd.
 - F11 Karbantartást biztosít.

ÜZEMBIZTONSÁG- ÉS BALESETVÉDELEM SZEMPONTJÁBÓL GYENGE PONTOK

Üzembiztonság- és balesetvédelem szempontjából kritikus pontok az anyagmozgatás, hőkezelés, festés és felületkezelés eszközei. További kockázatot jelent a kopott, sérült szerszám, munkadarab- és szerszámbe-fogó készülék, a gépek-berendezések sérülése, esetleges üzemzavarai.

F1 Anyagot előkészít.

F11 Anyagot géphez szállít.

F12 Anyagot gépre felrak.

F13 Előgyártmányt szállít.

F3 Tartóssági követelményeket biztosít.

F31 Mechanikai igénybevételeknek ellenáll.

F311 Kemencét felfűt.

F312 Hőn tart.

F313 Kemencét hűt.

F32 Korróziós igénybevételnek ellenáll.

F321 Felületet előkezel.

F322 Felületet utó kezel.

F323 Mechanikai tulajdonságokat javít.

F5 Folyamatot szabályoz.

F51 Beavatkozást jelez.

F52 Hibát jelez.

F53 Hibát megszüntet.

KÖLTSÉGBEN GYENGE PONTOK

Költség szempontjából kritikus pontok az anyagmozgatáshoz tartozó munkagépek, berendezések, a nagy pontosságú szerszámgépek, speciális szerszámok és marófejek beszerzési-, üzemeltetési-, karbantartási költségei. Szintén a költség szempontjából kritikus a tartóssági követelmények biztosítása, a hőkezelő ke-mence fajlagos energiafelhasználása, illetve a felületkezelés magas költségei miatt. Kritikus pont a pontos beállítás, mellékidők csökkentése.

- F1 Anyagot előkészít.
 - F11 Anyagot géphez szállít.
 - F12 Anyagot gépre felrak.
 - F13 Előgyártmányt szállít.
- F2 Szabványnak való megfelelést biztosít.
 - F21 Méretpontosságot biztosít.
- F3 Tartóssági követelményeket biztosít.
 - F31 Mechanikai igénybevételeknek ellenáll.
 - F311 Kemencét felfűt.
 - F312 Hőn tart.
 - F313 Kemencét hűt.
 - F32 Korróziós igénybevételnek ellenáll.
 - F321 Felületet előkezel.
 - F322 Felületet utó kezel.
 - F323 Mechanikai tulajdonságokat javít.
- F4 Mellékidőt csökkent.
 - F41 Pontos beállítást biztosít.
 - F42 Gyors alkatrészcserét biztosít.
- F5 Folyamatot szabályoz.
 - F51 Beavatkozást jelez.
 - F52 Hibát jelez.
 - F53 Hibát megszüntet.
- F6 Javítást lehetővé tesz.
 - F61 Minőséget ellenőriz.
- F7 Szerelhetőséget biztosít.
- F8 Csereszabotosság biztosítása.
- F10 Forgalomba hozatalt biztosít.
 - F 102 Sérüléstől véd.
 - F 104 Kiszállítást lehetővé tesz.
- F11 Karbantartást biztosít.

Javaslatok

Összességében elmondható, hogy a legfőbb veszteségforrások a folyamat során összeadódó mellékidők, a pontatlan beállításból és az alkatrész sérüléséből adódó selejtek, a magas szerszám- és karbantartási költség, valamint a fajlagos energiafelhasználás költségei.

A veszteségek csökkentésére több értékelhető ötlet, megoldási javaslat született. Megvalósításukra a cég vezetésének döntése után kerülhet sor.

Példaszerűen a következő javaslatok elemzésére kerülhet sor:

1. A megrendelővel közösen új feszültségmentesítő eljárás tesztelése.

Cél: Az energiafelhasználás csökkentése.

A jelenlegi hőkezelő kemence helyett, vibrációs feszültségmentesítő eljárás bevezetése.

2. Fúró-marómű beszerzése opcionálisan automatikus szerszám- és palettaváltó rendszerrel. Egyidejűleg több alkatrész megmunkálása.

Cél: a gépállás és a mellékidők csökkentése.

3. A tengelyek kívánt pozícióba történő beállításának részleges automatizálása.

Cél: az emberi hiba és a mellékidők csökkentése.

A műveletet részben automatizálják, a tengely végre szerelt tájoló készülék és Veldon-befogó segítségével. Ezáltal az alkatrészek megfelelő pozícióba való elfordítása a továbbiakban CNC-programozással történne. Új szerszámgép esetén forgó B-tengely alkalmazhatóságának vizsgálata.

4. Szerszámok kiváltása.

Cél: Szerszámköltség 10%-os költségcsökkentése, szerszámélettartam-növelés, mellékidő csökkentése speciális szerszámok alkalmazásával.

A szög alatt hajló furatok és párhuzamosított felületeken található élettörések (60–120) kialakítására alkalmazott szerszámok leváltása. Egyrészt gazdaságosabb fúrószerszám, másrészt speciális szerszám alkalmazásával.

5. Tároló-kaloda átalakítása.

Cél: A hőkezelési kapacitás kihasználásának optimalizálása, energiafelhasználás csökkentése.

A kaloda átalakításával a jelenlegi egyszerre hőkezelt darabszám növelése.

6. Hőkezelő kemence átalakítása.
Cél: A jelenlegi hőkezelési kapacitás növelése, a hűtési idő csökkentésével
7. Logisztikai útvonal csökkentése – **nem engedélyezett**.
Cél: Szállításból adódó sérülések csökkentése, selejtsökkenés.
A jelenlegi Layout áttervezése, a szektor területének bővítése.
8. Hőkezelő kemence beszerzése – **nem engedélyezett**.
Cél: A jelenlegi hőkezelési kapacitás növelése.

A javaslatok előnyeit és hátrányait a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. A javaslatok előnyei és hátrányai

	Előnyök	Hátrányok
1. Javaslat	Energiafelhasználás csökken	Magas beruházási költség
	Alacsonyabb karbantartási költség	Alkalmazhatósága az acél összetételétől függ
	Nagyobb kapacitás	Elsősorban nagy méretű alkatrészek esetén ajánlott
	Univerzális felhasználás	
	Kevesebb helyigény	
2. Javaslat	Mellékidő csökken	Magas beruházási költség
	Nagyobb kapacitás	Nagyobb helyigény
	Balesetveszély csökken	Bonyolultabb gépfelépítés
	Hosszú távú költségmegtakarítás	
3. Javaslat	Pontosabb beállítás, állandó, jobb minőség	Részleges automatizálás
	Beállítás ideje, mellékidő csökkentése	Gépkezelő részéről fokozottabb figyelmet igényel
4. Javaslat	Megmunkálási idő csökken	Új szerszámok beruházási költsége
	Szerszám-élettartam nő	
	Költségcsökkenés	

5. Javaslat	Jobb berendezés-kihasználtság	Lassabb lehűlés-felfűtési idő
	Energiafelhasználás csökken	Fokozódó sérülésveszély
	Költségcsökkenés	
6. Javaslat	Jobb berendezés-kihasználtság, kapacitás-növekedés	Beruházási költség
	Mellékidő csökken	Fokozott balesetveszély

Forrás: Szerzők szerkesztése 2023.

Összegzés

Az elemzés során feltárt problémák nem csak a technológiai tervezés, és a szerszámgép műszaki meghatározása során kerültek felhasználásra, hanem felhívta a figyelmet azokra a részletekre is (például, készülék-tervezés során), melyet más esetben figyelmen kívül hagyta a tervezési részleg.

A fenti javaslatok megvalósításával jelentős a kapacitás-növekedés, a termékminőség javulása, költség-csökkentés érhető el. Néhány ötlet már megvalósításra, vagy az új szerszámgépbe funkcióként beépítésre került.

Egyes szerszámok kiváltása, cseréje, a várt 10%-os szerszámköltség csökkenést, élettartam-növekedést, a megmunkálási- és mellékidők csökkenését eredményezte. A vevővel együttműködésben tesztelt feszült-ségmentesítő eljárás bevezetése esetén, előre láthatólag az energiafelhasználás 65%-os, a kész termék árának 10%-os csökkenése várható.

Továbbá jelentősen lerövidül a termék előállítási ideje is. Szintén megvalósításra került már a jelenlegi gyártás során a 3. és 5. számú javaslat. Mivel a tengelyvég minden alkatrész esetén a tájoló tárcsa felőli oldalon azonos, egy új tájoló készüléket készítettek el.

A furatok megmunkálását követően, a tárcsa a tengely végére lesz felszerelve. A felszerelést követően az alkatrészek további forgatása CNC-programozással történik. Egy igen egyszerű és olcsó megoldás. Egy új tárcsára, négy rögzítőcsavarra és egy alaptartóra volt hozzá szükség. Egy hátránya, hogy a műveletet csak részben automatizálja, a tárcsákat a gépkezelőknek továbbra is fel kell szerelniük, viszont a jelenleginél pontosabb és gyorsabb eljárás. Továbbá, az átalakított kalodák segítségével egyszerre, a korábbiaktól eltérően, már öt tengely hőkezelhető, ezzel további 3%-os költségcsökkenés érhető el.