



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Gépipari automatizálási szakmérnök

Plazmázó robot programozása

Belső konzulens:	Mayerné Sárközi Eszter Egyetemi adjunktus
Külső konzulens:	Lovász Bence Automation Team Leader
Készítette:	Németh Zoltán OARXBS levelező
Intézet/Tanszék:	Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Műszaki Intézet

**Gödöllő
2024**

Kitöltött feladatlap



Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: <https://godollo.uni-mate.hu>

MŰSZAKI INTÉZET

Gépészeti Automatizálási szakmérnök / szakember

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Németh Zoltán Gábor (OARXBS)

részére

A szakdolgozat címe:

Plazmázó robot programozása

Feladatkiírás:

Bevezetés, cégbemutató, Szakirodalmi feldolgozás, Probléma bemutatása A robot típusának meghatározása, telepítés utáni előkészítése, az út a programozásig. A továbbfejlesztés lehetséges útjai. Kapcsolat a PLC-vel.gazdasági számítás, összefoglalás

Közreműködő tanszék: Mechatronika

Külső konzulens: *Lovász Bence, Automatizálási vezető, thyssenkrupp Components Technology Hungary Kft.*

Belső konzulens: *Mayerné Dr. Sárközi Eszter egyetemi adjunktus, MATE MI*

Beadási határidő: 2024. november 5

Gödöllő, 2024. szeptember 9

Jóváhagyom

(tanszékvezető)

(szakfelelős)

Átvettem

(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2024. 11. 03.

(külső konzulens)

Tartalom

1.	Bevezetés és célkitűzés	6
1.1.	A cég bemutatása	6
1.2.	Célkitűzés.....	7
2.	Szakirodalmi áttekintés	8
2.1.	Az ipari robotok	8
2.1.1.	Az ipari robotok fejlődése	8
2.1.2.	A számítógépvezérlésű robotok forradalma	8
2.1.3.	Az együttműködő robotok megjelenése	9
2.1.4.	Technológiai trendek és a jövő irányai	10
2.2.	A plazmatechnológia	11
2.2.1.	Előnyei.....	11
2.2.2.	A plazmahatás.....	12
2.2.3.	A plazmatechnológiai fejlesztései	15
2.3.	A PLC	16
2.3.1.	A Beckhoff rendszer	16
2.3.2.	Terepibusz-kommunikációk	17
3.	Az integrátorok.....	18
3.1.	Az ABB Kft. bemutatása	18
3.2.	A Plasmatrete GmbH bemutatása	20
3.3.	A Klotz GmbH bemutatása	21
4.	A megoldandó probléma	22
4.1.	A probléma bemutatása.....	22
4.2.	A kezelendő felület	23
4.3.	A tervezői kommunikációs kör	24
	A kiválasztott integrátorok:.....	24

5.	A plazmázó robot kiválasztása és programozása	25
5.1.	Igényfelmérés, a megfelelő robot kiválasztása	25
5.2.	A robot megrendelése, telepítése	28
5.3.	A robot beüzemelése, az első bekapcsolás	29
5.4.	Kalibrálás és szinkron pozíciók ellenőrzése, fordulatszámológok frissítése	29
5.5.	Terhelések ellenőrzése – karterhelések.....	31
5.6.	Kommunikáció.....	33
5.7.	I/O jelek definiálása, ellenőrzése a PLC I/O dokumentációi alapján	34
5.8.	Munkadarab koordináta-rendszer (WorkObject).....	35
5.8.1.	A WorkObject deklarációja	35
5.8.2.	A WorkObject létrehozása.....	36
5.9.	Világzóna definiálása.....	36
5.10.	A robot tervezett munkafolyamata.....	37
5.11.	A mozgási utasítások létrehozása	38
5.12.	Alaphelyzet rutin létrehozása.....	39
5.13.	Hibák.....	41
6.	Minőségellenőrzés.....	42
6.1.	Szakítószilárdság teszt	42
6.2.	Peremszög mérés	43
6.3.	Tinta teszt.....	44
7.	Gazdasági számítás	44
7.1.	Megtérülés számítása	46
8.	Továbblépési lehetőség	47
9.	Összefoglalás.....	48
10.	Summary.....	49

11.	Nyilatkozat - eredetiség	50
12.	Nyilatkozat – belső konzulens	51
13.	Irodalomjegyzék	52

1. Bevezetés és célkitűzés

Ebben a fejezetben bemutatom munkahelyemet, a megoldandó problémát és a célokat, ami egy már működő modul átalakítása, optimalizálása.

1.1. A cég bemutatása

A Thyssenkrupp Components Technology Hungary Kft. jászfénysszarui telepén hengerfejbe integrált vezérműtengelyeket, valamint a budapesti kompetencia központunkban fejlesztett elektromechanikus kormánysszervókat gyártunk a nemzetközi autóipar számára.

A Camshaft üzleti egységhez tartozó üzemünk fő profilja hengerfejbe integrált vezérműtengelyek gyártása. Ezek rendkívül innovatív és költséghatékony alkatrészek, hiszen kevesebb nyersanyag-felhasználással készülnek és kis súlyuknak köszönhetően csökkentik a fogyasztást, valamint a gyártás energiaigényét is.

A Steering üzemünk "okos" kormányrendszerei az állandó energiát igénylő hidraulikus rendszerek helyett elektromotoros rásegítést alkalmaznak, így csak akkor vesznek fel energiát, ha a kormányt ténylegesen elforgatják. Ennek köszönhetően autótípustól függően akár 0,3 liter üzemanyagot is megtakaríthatnak száz kilométerenként, ráadásul műszakilag megbízhatóbbak a hagyományos, hidraulikus rásegítésűeknél, és kevesebb karbantartást igényelnek.



1. ábra Thyssenkrupp [1]

1.2. Célkitűzés

A szakdolgozatomban azt a célt tűztem ki, hogy az elektromos autókhoz készített kormánymű PowerPack-ek gyártási folyamatában csökkentem a jelenlegi magas selejtszámot, hogy elérjem a cégem által várt eredményt. Egy plazmázórobot integrálásával egy addig nem kezelt műanyag felületre adagolt ragasztó tömítési minőségének, időtállóságának javításával a selejtcél legalább 0,1 %-os csökkentését céloztam meg. Az átalakítás során olyan folyamatokat valósítok meg, mint:

- A robotkiválasztás feltételeinek megfogalmazása.
- A telepítés utáni első kalibrálások, pozíciók, terhelések meghatározása.
- Az I/O jelek definiálása.
- A munkafolyamat meghatározása.
- A mozgási folyamat létrehozása.
- A plazmázás hatékonyságának ellenőrzése.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Az ipari robotok

2.1.1. *Az ipari robotok fejlődése*

Az ipari robotok az ipari forradalom modern folytatásaként tekinthetők, hiszen alapvetően átalakították a gyártási folyamatokat, növelték a hatékonyságot és csökkentették a költségeket. Az első ipari robotok megjelenése óta eltelt több mint ötven év alatt ezek az eszközök egyre okosabbá és sokoldalúbbá váltak. A robotika fejlődése nemcsak az ipar szempontjából jelentős, hanem gazdasági, társadalmi és technológiai szempontból is.

Az első ipari robot, az Unimate [2], 1961-ben debütált az iparban, George Devol és Joseph Engelberger fejlesztésének eredményeként a General Motors gyártósorain alkalmazták először. Az Unimate alapvető feladata az volt, hogy ismétlődő mozdulatokkal alkatrészeket mozgasson az autógyártás során, ami nagyban növelte a hatékonyságot. Ez az egyszerű, de rendkívül hasznos robot új korszakot nyitott az ipari automatizálásban, és megmutatta, hogy a robotok milyen jelentős hatást gyakorolhatnak a termelési folyamatokra.

2.1.2. *A számítógépvezérlésű robotok forradalma*

Az 1970-es években az ipari robotok terén jelentős forradalom következett be. Ekkor váltak elérhetővé a mikroprocesszorok és a számítógépes vezérlés, ami lehetővé tette a robotok számára a bonyolultabb feladatok végrehajtását. Az egyik első ilyen robot az 1974-ben bemutatott ABB IRB 6 volt [3], amely mikroprocesszor-vezérléssel működött. Az IRB 6 egy teljesen elektromos meghajtású robotként jelentősen megnövelte a precizitást és rugalmasságot.

Az 1980-as években a robotok széles körben elterjedtek az autógyártásban és más iparágakban. Olyan gyártók, mint a FANUC és a KUKA, egyre összetettebb robotokat hoztak létre, amelyek képesek voltak olyan feladatok elvégzésére, mint a hegesztés, festés és összeszerelés, miközben folyamatos üzemmódban, nagy pontossággal dolgoztak.

Az 1990-es években az ipari robotok egyre szélesebb körben alkalmazhatóká váltak, és kifinomultabb képességekkel rendelkeztek. Az érzékelők és a vizuális rendszerek

integrációjával a robotok képesek lettek valós időben érzékelni és reagálni a környezetükre. Ezzel párhuzamosan a szimulációs szoftverek, mint például az ABB RobotStudio-ja, lehetővé tették a gyártók számára, hogy optimalizálják a robotok működését még azok bevezetése előtt. Ebben az időszakban jelentős előrelépések történtek a robotok precizitásában is, különösen a finom alkatrészek kezelésében. Ezért egyre több iparágban, például az elektronikai összeszerelésben és a gyógyszeriparban is használták őket.

2.1.3. Az együttműködő robotok megjelenése

A 2000-es évektől kezdve megjelentek az úgynevezett együttműködő robotok, vagyis "kobotok", amelyek képesek közvetlenül az emberekkel együtt dolgozni. Az egyik első ilyen robot az ABB kétkarú robotja a **YuMi** ("You and Me") volt, amelyet 2015-ben mutattak be és nevével is hangsúlyozta a szoros együttműködést. Ez a robot biztonságosan dolgozott együtt emberekkel védelmi kerítések nélkül, megnyitva az utat a rugalmasabb gyártási folyamatok előtt. Számos példa bizonyítja, hogy a kobotok rendkívül hatékonyak, sok kórházban használják például vérminták elemzéséhez, volt, ahol napi 20.000 mintát bíztak egy YuMi kobotra. Pontos és finom mozgásai jelentősen csökkentették a hibaarányt, miközben a tesztelés sebességét növelték. Emellett az emberi munkaerőt is tehermentesítette, lehetővé téve, hogy más feladatokra koncentráljanak. Európában az ABB mellett még a KUKA és a FANUC kollaboratív robotjai számítanak elterjedtnek. A KUKA **LBR iiwa** kobotjai [4] kiemelkednek a precizitásával és a finommechanikai munkákra való alkalmasságával, használatukhoz nincs szükség programozási ismeretekre, a programozott pontok betaníthatók egyszerű kézi irányítással. A FANUC **CRX** robotjai [5] rendkívüli megbízhatóságot és robusztus terhelhetőséget kínálnak, miközben alacsony karbantartási igényük és hosszú élettartamuk hozzájárul a zökkenőmentes működéshez. Mindegyik modell szabványos 230 V-os tápfeszültséggel működik és emellett 8 év karbantartásmentes működést kínálnak, amely vonatkozik a motorokra, hajtóművekre, szenzorokra, kábelekre, zsírzásra.

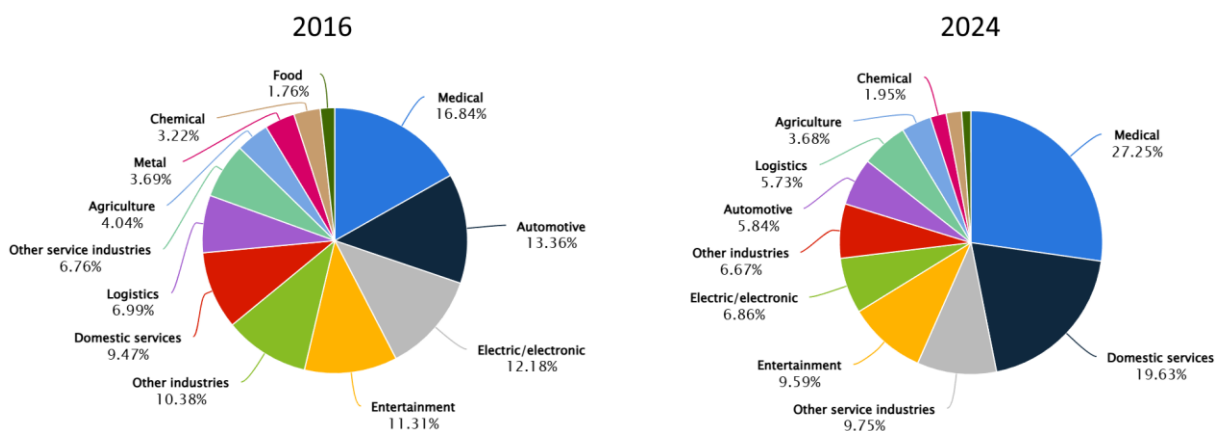
2.1.4. Technológiai trendek és a jövő irányai

A mesterséges intelligencia (AI) és a gépi tanulás integrációja az ipari robotok egyik legizgalmasabb fejlődési iránya. Az AI-technológiák révén a robotok képesek tanulni, alkalmazkodni a változó körülményekhez, és valós időben optimalizálni működésüket. Ezáltal a robotok egyre összetettebb feladatokat látnak el, például különböző méretű és alakú tárgyak kezelését.

Az AI és a gépi látás (Vision rendszerek) együttes használata pedig tovább növeli a robotok képességeit, különösen a minőségellenőrzés és hibafelismerés terén.

Az Ipar 4.0 és az Internet of Things (IoT) technológiák [6] egyre inkább átalakítják az ipari robotikát. Az okosgyárakban a robotok valós időben kommunikálnak egymással, adatokat cserélnek, és így optimalizálják a termelési folyamatokat. Az IoT révén a gyártók folyamatosan figyelemmel kísérhetik a robotok teljesítményét, és azonnal beavatkozhatnak, ha problémát észlelnek.

A jövő ipari robotjai egyre inkább az autonóm működés felé haladnak. Ezek a robotok képesek lesznek önállóan mozogni és navigálni a gyártási területeken, minimalizálva az emberi beavatkozást. Az önjáró robotok a raktározásban, anyagmozgatásban és ellátási láncokban is fontos szerepet játszhatnak. Sajnos ezzel párhuzamosan jónéhány jövőkutató figyelmeztet a robotizálás társadalomra tett negatív hatásaira is.



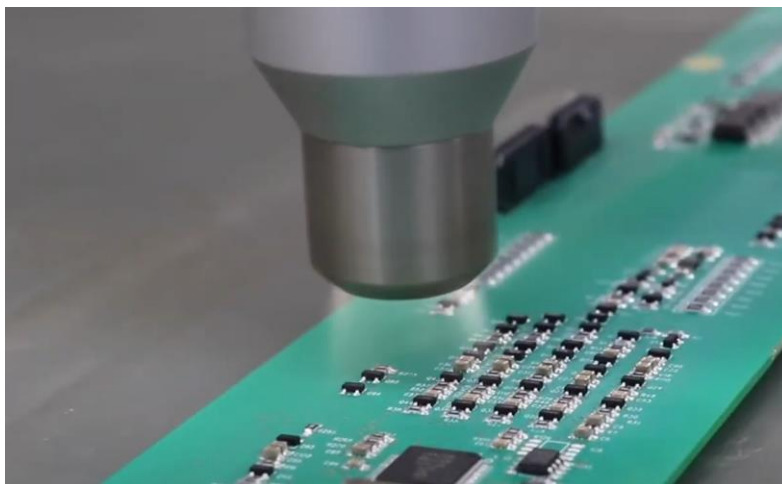
2.ábra Robotok megoszlása ipari ágazatonként [7]

2.2. A plazmatechnológia

A plazmát a negyedik halmazállapotnak nevezzük a szilárd, a folyékony és a gáz után. Ez egy olyan eljárás amelynek során a plazmában keletkező pozitív és negatív ionok, elektronok, fotonok, stb. kölcsönhatásba kerülnek a szilárd testek felületével. Bár a hétköznapi életben ritkán tapasztaljuk ezt a halmazállapotot, az univerzum látható elemeinek több mint 99%-a ebben az állapotban létezik. A Földön természetes körülmények között a sarki fény jelenségében találkozhatunk vele. A fizikai alapjai egyszerűek, a halmazállapot energiabevitel hatására megváltozik: szilárd anyagból folyadék, folyadékból gáz keletkezik. További energia közlés után a gáz ionizálttá válik, és plazma-halmazállapotot vesz fel. Ha a plazma szilárd anyagokkal érintkezik megváltoztatja az olyan fontos tulajdonságait, mint például a felszíni energia. [8]

2.2.1. Előnyei

A plazmaenergia segítségével a legkülönbözőbb - akár nagyon érzékeny - anyagok felületét vagyunk képesek tisztítani, aktiválni és bevonni. A modern felületkezelési eljárások közül a dolgozatomban is használt Openair-Plasma® technológia az első, amely mindezt normál légköri nyomásviszonyok között képes elvégezni. Köszönhetően a költséghatékonyságának és gyors integrálásának a gyártósorokra meghatározó szerepe van és lesz az iparban.



3. ábra Nyomtatott áramkörtábla plazmázása a fröccsöntési eljárás előtt [9]

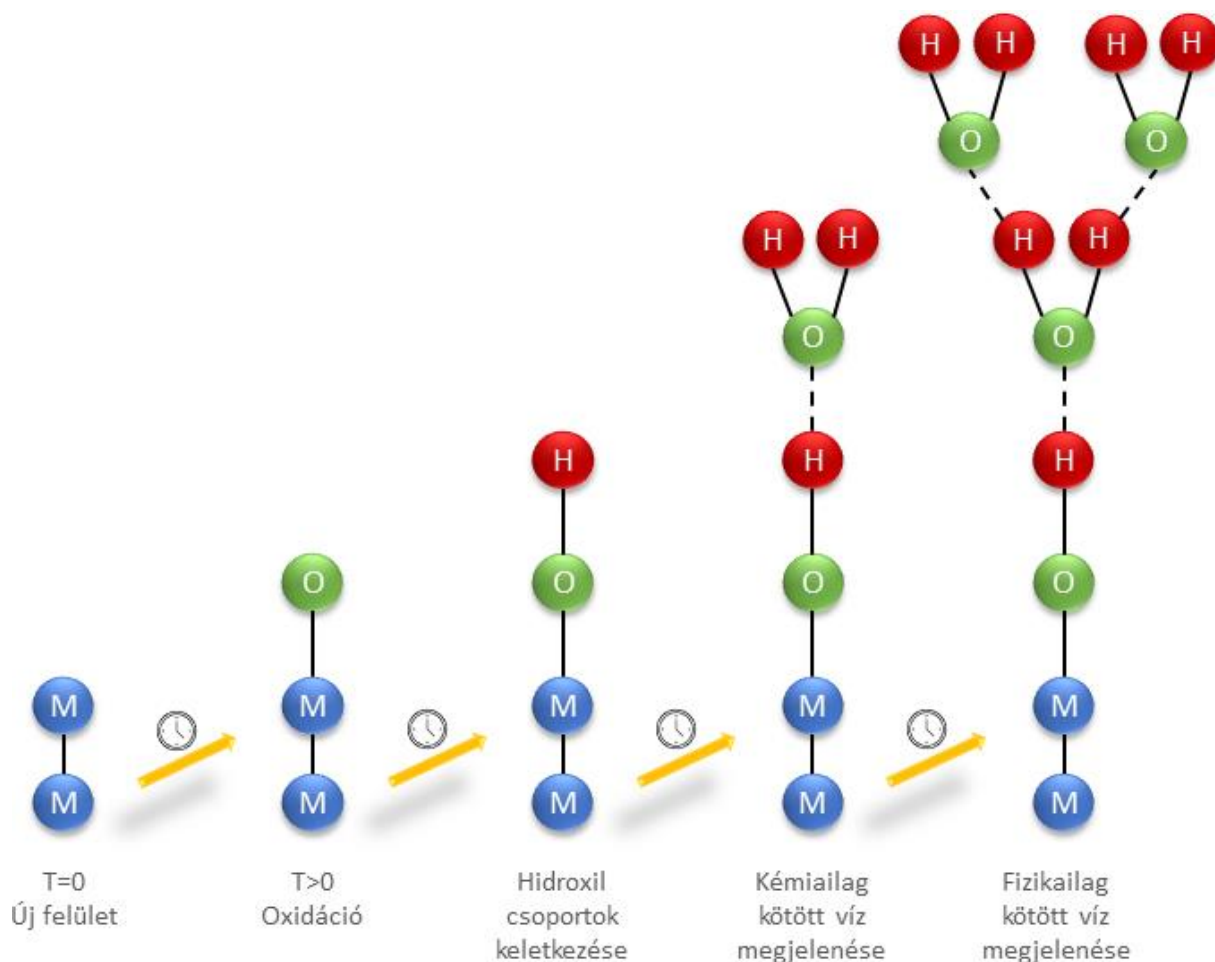
Az ipari plazma alkalmazása először a hegesztés és fémvágás területén jelent meg. A XX. század közepén a plazmavágó és plazmahegesztő berendezések rendkívül népszerűek voltak, mivel nagy hőmérsékleten és a precízen végezték munkájukat. A plazmavágás különösen hasznos volt, ha vastag fémlemezeket gyorsan és pontosan szeretnénk volna szétvágni, mivel a hagyományos mechanikai módszerek sokkal lassabbak és pontatlanabbak voltak. A plazmatechnológia fejlődésének egyik kulcseleme a plazmasugarak szabályozhatóságának növelése volt, amely lehetővé tette az egyre finomabb és bonyolultabb anyagfeldolgozást. Ennek eredményeképpen a plazmázást elkezdték alkalmazni olyan területeken is, mint a vékony rétegek felvitele (plazmaszórás), felületkezelés és anyagok újrafeldolgozása.

A plazmaszórás technológiája különösen fontos szerepet játszott a repülőgépiparban [10] és az autóiparban, mivel lehetővé tette a nagy kopásállóságú bevonatok készítését fémekre és kerámiákra. Ezek a bevonatok jelentősen növelték az alkatrészek élettartamát és ellenálló képességét a szélsőséges hőmérsékletekkel és korróziós hatásokkal szemben.

2.2.2. A plazmahatás

Egy fém vagy műanyag születésének pillanatában teljesen tiszta, mentes a környezetében jelenlévő kémiai elemek kapcsolatától, azonban ez az idő múlásával fokozatosan megváltozik (8. ábra). Tizedmásodpercek múlva elkezdődik az oxidok képződése ami a hidroxilcsoportok létrejöttéhez vezet, ahol az oxigénatom egyszeres kovalens kötással kapcsolódik egy hidrogénatomhoz. A hidroxilcsoportok jelenléte egy molekulában fokozza annak hidrofíl (vízvonzó) tulajdonságait, tehát megjelenik a *kémiaailag kötött víz* (a kötődés igen erős és csak kémiai reakciók segítségével vagy magasabb hőmérsékleten történő hevítés – izzítás - útján távolítható el). A kémiaailag kötött víz még több vizet vonz, melynek végén megjelenik a fizikailag kötött víz (csak mechanikai erőkkel kötődik, így mechanikai behatások (pl. préselés) segítségével eltávolítható. Formái: szerkezeti víz, mikro- és makrokapilláris nedvesség [11].

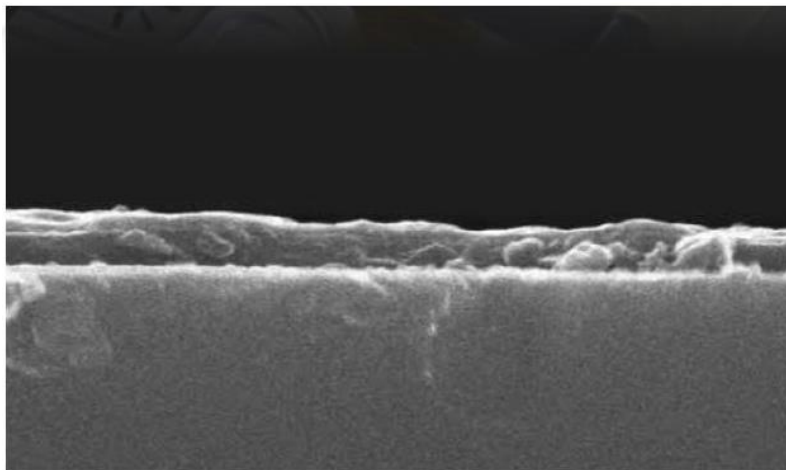
Az oxidált és vizet tartalmazó felülethez ezután más szennyezőanyagok is hozzátapadnak, mint például kezünk zsírmolekulái. A felület „készzen áll” a plazmázásra.



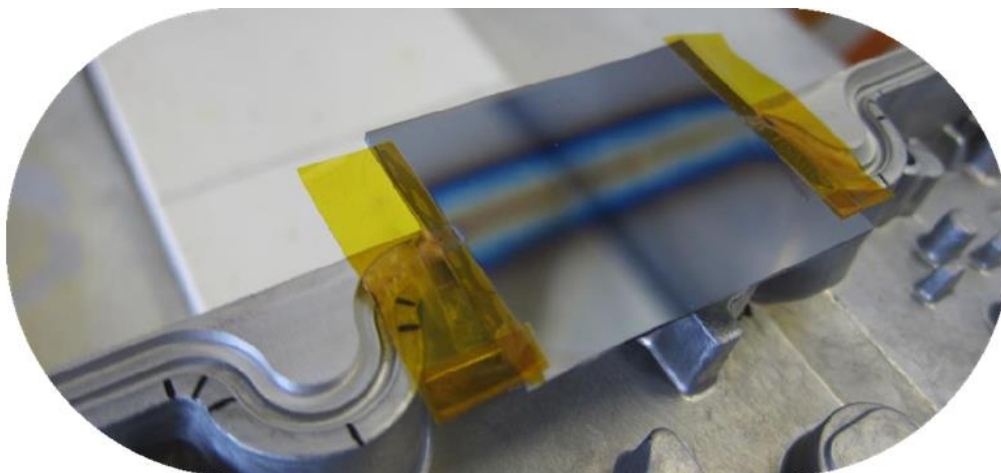
4. ábra A fémek felületének átalakulása (saját szerkesztés)

A plazma első lépésben eltávolítja a vizet az oxid rétegből, majd elkezd sűríteni és erősíteni azt, és a hidroxilcsoportok koncentrációja megnő. Létrejön egy új felület, amihez a ragasztónk kötni fog. De nem közvetlenül a fémhez vagy műanyaghoz, hanem egy megerősített oxid réteghez, amely nagy koncentrációban tartalmaz hidroxilcsoportokat. Ez az, amiért a plazmakezelés egy kiváló felület-előkészítő technológia.

A Plasmatreat által használt PlasmaPlus® [12] bevonat egy vékony üvegszerű réteget képez a felületen, aminek vastagsága (5. ábra) 25 - 500 nm között van (a szükséges rétegtől függően), ennek vastagsága az interferenciaszínekkel mérhető [13], (6. ábra).



5. ábra A létrejött réteg REM 50.000x-es nagyításban (forrás: Plasmatreat belső dokumentáció)



6. ábra Az interferenciaszín vizsgálata plazmázás után (forrás: Plasmatreat belső dokumentáció)

2.2.3. A plazmatechnológiai fejlesztései

A plazmatechnológia legújabb fejlesztései az energiahatékonyság és a fenntarthatóság javítására összpontosítanak. Az iparban egyre nagyobb igény mutatkozik az olyan megoldások iránt, amelyek csökkentik az energiafelhasználást és a környezeti terhelést. Ennek érdekében új plazmaforrásokat fejlesztettek ki, amelyek alacsonyabb energiafogyasztás mellett is nagy teljesítményt nyújtanak.

Az ipari plazmázás egyik izgalmas új alkalmazása a hulladékkezelés és környezetvédelem területén jelent meg. A plazmatüzeléses hulladékkezelés képes lebontani és átalakítani a veszélyes anyagokat, ami fontos lépést jelent a fenntartható hulladékgazdálkodásban [14]. A kimeneti anyagok, például a fémek fajsúlyuk szerint szétválaszthatóak. A szintézisgáz (szén-monoxidból és hidrogénből álló gázelegy) egymagában is értékesíthető, vagy gázmotorokban energiává is lehet alakítani. A salakanyag egy általános salakgyapot (ipari salakból előállított szervetlen szál) adalék hozzáadásával hőszigetelő szállá változtatható.

Az ipari plazmázás technológiája dinamikusan fejlődött az elmúlt évtizedek során, és mára kulcsszereplővé vált számos iparágban. A technológia korai alkalmazásai, mint a fémvágás és hegesztés, csak az alapját képezték annak a szélesebb spektrumú fejlődésnek, amely lehetővé tette a plazmatechnológia integrálását a gyártás, a felületkezelés, az anyagújrafeldolgozás és a környezetvédelem területein. A jövőben a fenntarthatóság és az energiahatékonyság iránti igény további innovációkat eredményezhet, amelyek még szélesebb körű alkalmazási lehetőségeket nyithatnak meg a plazmatechnológia előtt.

Az innovációk azonban nem csak a közép-hosszútávú célokban jelennek meg, jelen pillanatban egy plazmázó egység integrálása egy már működő gyártósorba sokkal egyszerűbbé és felhasználóbaráttá vált, köszönhető ez annak a felfogásnak, hogy a megvásárolt kész (Ready) termék, tehát egy vezérlő bekötése és programozása már valóban nem hetek, csupán 1-2 nap leforgása alatt megvalósítható.

2.3. A PLC

A Programozható Logikai Vezérlők (PLC) története [15] az 1960-as évekre nyúlik vissza, amikor az ipari automatizálás egyre fontosabbá vált. A PLC, ami a korai automatizálás alapját képezte meghatározó szerepet játszik minden iparágban, számos fejlődési iránya mára már szabályozottan alakul és Európában két meghatározó szereplőre bomlik, amely mind a buszkommunikációban, mind a fizikai kialakításban eltér egymástól. Ezek a Siemens és a Beckhoff. Dolgozatomban csak az utóbbival foglalkozom.

2.3.1. A Beckhoff rendszer

A Beckhoff PLC-k története az 1980-as évekre nyúlik vissza, amikor a cég kifejlesztette PC-alapú irányítási rendszereit. Ez a megoldás jelentősen eltér a hagyományos PLC-ktől, hiszen nem saját fejlesztésű processzort és egyéb speciális alkatrészt tartalmaznak, hanem „hétköznapi” Intel processzorokra, alaplapokra épülnek. Elérhetőségük, rendelkezésre állásuk és hatékonyságuk révén rendkívüli teljesítményt nyújtanak, ami a cég által kifejlesztett EtherCAT protokollal együtt a valós idejű adatátvitelhez és pontos vezérléshez alapvető fontosságú.

A Beckhoff rendszerek egyik kulcsfontosságú előnye a modularitás, ami lehetővé teszi, hogy az I/O modulokat igény szerint hozzáadják vagy eltávolítsák a rendszerből. Ez csökkenti a költségeket, valamint kevesebb helyet igényel a kiépítés során. Az általuk kifejlesztett programozói felület, a TwinCAT szoftver különlegessége, hogy támogatja az IEC 61131-3 szabványosított programozási nyelveket, de lehetővé teszi a C++ és a MATLAB/Simulink használatát is, ami széleskörű ipari alkalmazhatóságot biztosít.

2.3.2. Terepibusz-kommunikációk

Az ipari gyártósorok, a működtető egységek, szenzorok, aktuátorok stb. megértéséhez elengedhetetlenül fontos a terepi buszok (fieldbus) ismerete. Ezek az ipari automatizálási rendszerekben használt kommunikációs hálózatok, a fentebb említett egységek közötti adatcserét teszik lehetővé. Számos terepi busz protokoll létezik [16], például:

Modbus (1979): Az egyik legrégebbi és legegyszerűbb terepi busz, amelyet a Modicon (ma Schneider Electric) fejlesztett ki az ipari automatizálási rendszerek számára.

CAN bus (1986): Eredetileg a Bosch fejlesztette ki autóiipari alkalmazásokhoz, de később az ipari automatizálásban is elterjedt.

Profibus (1989): Németországból származik, és az egyik legelterjedtebb terepi busz protokoll volt régen, amelyet számos ipari alkalmazásban használtak és használnak ma is.

Profinet (2003): Ethernet-alapú kommunikációs protokoll, amelyet a Profibus-szabványhoz hasonló célokra használnak, de jobb rugalmasságot és sebességet kínál.

EtherCAT (2003): Az EtherCAT (Ethernet for Control Automation Technology) viszonylag új technológia, amelyet a Beckhoff fejlesztett ki, és elsősorban az időérzékeny ipari rendszerek számára készült.

A jelenlegi terepi busz protokollok közül a legfejlettebbnek az EtherCAT tekinthető, mind a teljesítmény, a sávszélesség, mind a kapcsolati- és stack késleltetés (7. ábra) szempontjából világelső.

		EtherNet/IP [®]	
Stack idő	Profinet IO	Ethernet/IP	EtherCAT
Közepes	0.58 ms	1.89 ms	0.11 ms
Max.	0.74 ms	2.96 ms	0.18 ms
Min.	0.54 ms	1.23 ms	0.05 ms

7. ábra Stack idő összehasonlítása (forrás: Beckhoff, saját szerkesztés)

3. Az integrátorok

3.1. Az ABB Kft. bemutatása

Az ABB robotok története összefonódik a modern ipari automatizálás fejlődésével. Az ABB, vagyis az Asea Brown Boveri, egy svájci-svéd multinacionális vállalat, amely az energiaiparban és az ipari automatizálásban játszik kiemelkedő szerepet. Az ABB robotok több évtizedes történetük során jelentős hatást gyakoroltak a gyártási és ipari folyamatok hatékonyságára, biztonságára és precizitására.

A 2010-es évek egyik legfontosabb fejlesztése az ABB részéről a YuMi robot bemutatása volt 2015-ben. A YuMi a világ első kétkarú, együttműködő robotja volt, amelyet közvetlenül az emberi munkásokkal való együttműködésre terveztek. Ez az új generációs robot új mércét állított fel az ipari robotok világában, hiszen a YuMi képes volt az emberekkel biztonságosan együtt dolgozni.

A YuMi megjelenése forradalmasította a kisebb, finomabb műveletek elvégzését igénylő gyártási folyamatokat, például az elektronikai összeszerelésben. Különlegessége, hogy a robot karjai rendkívül precízek, és képesek bonyolult feladatok végrehajtására, például apró alkatrészek összeszerelésére, ugyanakkor elegendően biztonságosak ahhoz, hogy emberek közelében működjenek.

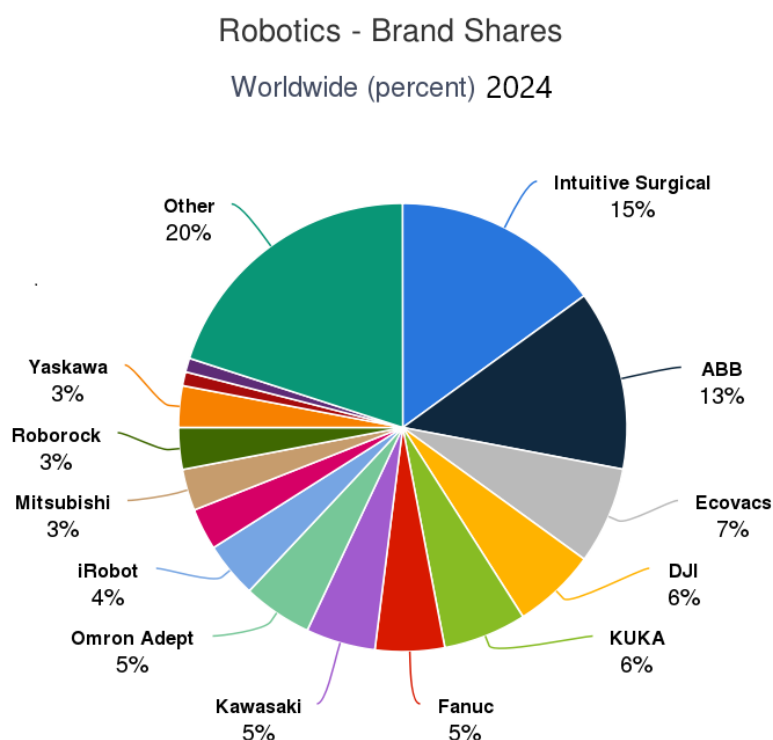
A SWIFTI, az ABB egyik legújabb kollaboratív robotja kifejezetten gyors munkatempójú feladatokra lett optimalizálva. Egy autóipari vállalatnál a SWIFTI-t olyan gyártósorokon alkalmazták, ahol az emberek és robotok közösen dolgoztak a járművek összeszerelésén. Az autóülések szerelése során a SWIFTI képes volt milliméteres pontossággal mozgatni nehéz alkatrészeket az emberi munkások segítségével, gyorsítva a folyamatot és csökkentve a fizikai megterhelést.

Az együttműködő robotok (vagy "kobotok") megjelenése az iparban egy új irányt mutatott, hiszen ezek a gépek nem helyettesíteni, hanem kiegészíteni igyekeznek az emberi munkát. Ez lehetővé tette a termelékenység növekedését úgy, hogy az emberi kreativitás és a robotikus hatékonyság kombinálódott.

Az ABB egyik nagy újítása a RobotStudio szoftver [17], amely lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy virtuálisan szimulálják a robotok működését, mielőtt azok ténylegesen a gyártási folyamat részévé váltak volna. Ez jelentősen csökkenti a leállási időket, valamint optimalizálta a gyártás hatékonyságát. Ezt a szoftvert, illetve virtualizációs környezetet használtam én is a szakdolgozat készítésekor.

Az ipari robotok fejlődésének egyik legizgalmasabb iránya a mesterséges intelligencia (AI) és a gépi tanulás integrációja. Az AI technológiák lehetővé teszik, hogy a robotok önállóan tanuljanak, alkalmazkodjanak a változó környezethez, és valós időben optimalizálják működésüket. Ez lehetővé teszi a robotok számára, hogy egyre összetettebb és változékonyabb feladatokat hajtsanak végre, például különböző formájú és méretű tárgyak kezelése során.

Emellett a mesterséges intelligencia és a gépi látás integrációja a robotok képességeit jelentősen megnöveli a minőségellenőrzés, a hibafelismerés és a döntéshozatal területén is.



8. ábra A robotmárkák piaci részesedései [7]

3.2. A Plasmatrete GmbH bemutatása

A Plasmatrete az ipari felületkezelés világában meghatározó szerepet tölt be. A legkorszerűbb technológiák használatával kínál kész megoldásokat, melyeket számos iparágban használnak, többek között az autópiparban, az akkumulátor-, az elektronikai, a csomagoló-, az orvosi és a repülőgépiparban.

A Plasmatrete bejegyzett technológiája, az Openair-Plasma® a vákuummentesen működő atmoszférikus plazma [18] használatán alapul. Használatával a felületek megtisztulnak és aktiválódnak, ez lehetővé teszi azok előkészítését a későbbi folyamatokra, mint például a ragasztásra, nyomtatásra, festésre vagy bevonatolásra.

Megnövekedett tapadási jellemzők: A plazmakezelések javítják a felületek tapadási tulajdonságait, különösen a hagyományosan nehezen ragasztható anyagok esetében. Ez a jobb tapadás megbízható kötések biztosítását a különböző anyagok között, hozzájárulva a végtermék szerkezeti integritásához és biztonságához.

A hagyományos kötési technikák kiváltása: A plazmatechnológia által kínált fokozott kötési képességek gyakran lehetővé teszik a hagyományos kötési módszerek, például a szegecseles vagy a csavarozás kiváltását. Ez nemcsak a gyártási folyamatot egyszerűsíti, hanem az összeszerelt szerkezetek súlyát is csökkenti, amely például az autópiparban az egyik elsődleges cél.

Környezeti előnyök: A plazmatechnológia kiküszöböli a káros alapozóanyagokat, amelyek nemcsak a környezetre veszélyesek, de egészségügyi kockázatot is jelentenek, így a plazmakezelés hozzájárul egy környezetbarát gyártási folyamat fenntartásához.

A dolgozatomban témájában leírt plazmázás a fent említett Openair-Plasma® rendszerre épül, ami azért is fontos számomra, mert a cég további 6 plazmázóegység beépítését tervezi a 2025-ös évben sorainkra, ezzel is növelve termékeinknél a ragasztás megbízhatóságát és párhuzamosan csökkentve a selejtarányt.

3.3. A Klotz GmbH bemutatása

A KLOTZ [19] több mint 40 éves tapasztalatával első osztályú szoftvermegoldásokat fejleszt az általuk készített célgépekhez. A világszerte használt automatizálási rendszerek, mint például a TwinCat, a CtrlX és a TiaPortal segítségével rugalmas megoldásokat készítenek megbízóik felé.

A KinRig automatizálási keretrendszerük is erre a tapasztalatra épül. Szabványos szoftverkönyvtárakat használ, amelyeket a legmodernebb eszközökkel tesztelnek. Keretrendszerükben a magas szintű nyelvek (C++, Python) és a PLC-szoftverek együtt fejlődnek. A KinRig a Kinmatec GmbH leányvállalatának terméke és megfelel a MSZ EN 61131-3:2013 szabványnak.

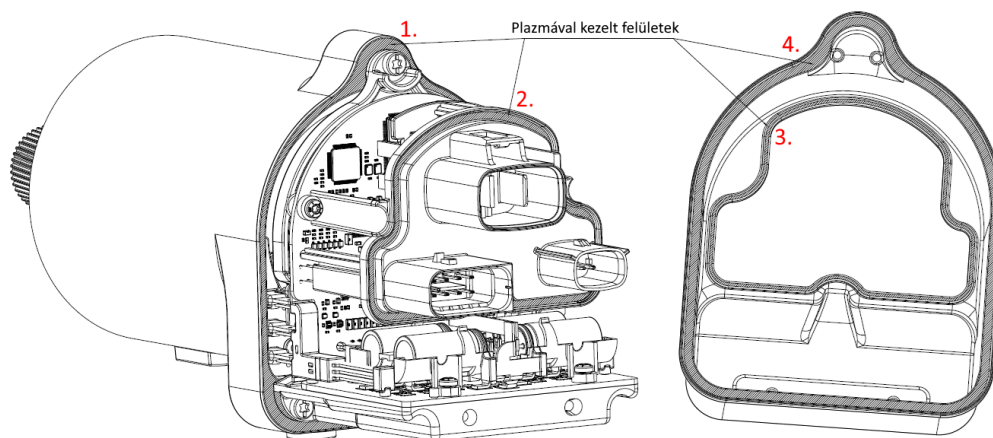
Szoftverüket a világ számos országában használják, előnyei vitathatatlanok:

- Egyszerű automatizálás és üzembe helyezés különösebb programozási ismeret nélkül. (A szoftveres és hardveres könyvtárak már mind implementálva vannak.)
- Legalább 50 %-os időmegtakarítás az üzembe helyezés során a hagyományos programozáshoz képest.
- Az innovatív működtetési koncepciók biztosítják, hogy összetett eljárások is könnyen elsajátíthatók legyenek a felhasználók számára. Egyszerűen működtethetőek az aktuátorokon túl pl. összetett folyamatlépések (pl. robotok munkalépései vagy szervók kalibrációs folyamatai, stb).

4. A megoldandó probléma

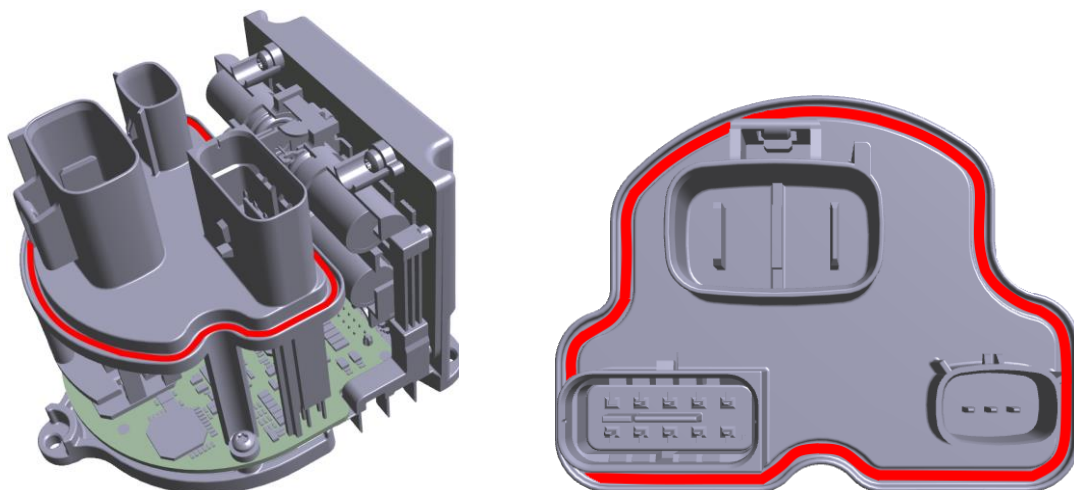
4.1. A probléma bemutatása

Az egyik legrégebbi gyártósrunkon a kormányművek Powerpack-jeinek gyártását végezzük, ami teljesen automatizált és az akkori technológia csúcsát képviselték. A folyamat során az alkatrészek betöltése manuálisan történik speciális ESD-s ülékekre, amit ezután már teljesen automatikusan vezérel a PLC a késztermék megjelenéséig. A következő munkafolyamat a motor és a vezérlés összeillesztése, csavarozása, majd a kapcsolódó lábak hegesztése. Ezt követően a fedél plazmázása, majd egy Ramph ragasztóállomáson a vezérlő és a fedél ragasztása, majd összeillesztése történik. Az eredeti tervek szerint a vezérlő mindkét kontúrja plazmakezelést kapott volna, azonban a ciklusidő, a lehetséges sérülések és az előzetes tesztek által kimutatott minimális előny miatt ezt elvetették. Az éles gyártás folyamán azonban a ragasztásból adódó selejtek meghaladták az előírányzott 1%-os célt, így a 9. ábra 2-es kontúrjának plazmakezelése mellett döntöttek, aminek kivitelezése dolgozatom célja.



9. ábra A plazmával kezelt felületek (forrás: Thyssenkrupp belső dokumentáció)

4.2. A kezelendő felület



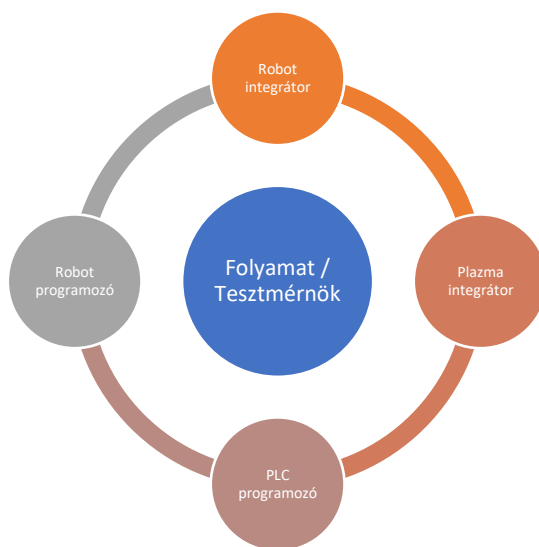
10. ábra A plazmázandó ív (forrás: Thyssenkrupp belső dokumentáció)

A kormánymű egyik fő alkatrésze maga a vezérlésért felelős „agy” az ún. ECU (Electric Control Unit) Ezt az igen érzékeny és többszörösen túlbiztosított mini számítógépet a mechanikai behatás mellett a környezeti ártalmaktól is védeni kell, ezért a gyártás utolsó fázisában a műanyag alkatrész kijelölt ívén (10. ábra) plazmáznunk kell, majd ragasztanunk.

A feladat megoldásának kulcsa egy robotra felszerelt plazmázó fej, ami megerősített köpenyt is kap, mivel a tapasztalatok azt mutatták, hogy más sorokon a mozgás hatására a normál kábelt évente kellett cserélni. Így a ciklusidő is csökken, a plazmázó kábel csereperiódusa 2 vagy több évre fog kitolódni, illetve a plazmázás pontossága és minősége is nőni fog. A robot típusának kiválasztásakor elsődleges szempont volt, hogy a cégnél már általában használt típusok közül kerüljön ki, ami az ABB.

4.3. A tervezői kommunikációs kör

A gép átalakításának egyik legfontosabb része a megfelelő integrátorok kiválasztása mellett a folyamatban résztvevők között lévő kommunikációs csatornák kialakítása, az elvégzendő munkák pontos meghatározása az egyedi igények figyelembevételével és a folyamatos frissülő információk megosztása (11. ábra).



11. ábra A kommunikációs kör

A kiválasztott integrátorok:

- Robot: ABB Kft.
- Plazma átalakítás: Plasmatreat GmbH
- PLC: Klotz GmbH

Integrátorok igényei:

- Robot: megfelelő teherbírású felület, villamos kiállítás, PLC I/O címek
- Plazma: a robotra felszerelt fűvóka kialakításának igényei
- PLC: a címzéseknek megfelelő bekötések

A kommunikációs kör működtetéséért és felügyeletéért a sor folyamatmérnöke a felelős.

5. A plazmázó robot kiválasztása és programozása

5.1. Igényfelmérés, a megfelelő robot kiválasztása

Az üzembe helyezési folyamat első lépése az igények és elvárások részletes felmérése. A robot kiválasztása előtt fontos megérteni a gyártási folyamatot, a termelési célokat, a feladat specifikációit, valamint a munkaterület fizikai és technikai adottságait. Ennek fényében a következő feltételeket kellett támasztanunk a robottal szemben:

- A robot karkinyúlása maximum 70 cm legyen
- A teljes terhelés maximum 6 kg
- Helyzetismétlési pontosság: < 0.08 mm
- Flexpendant típusa: IRC5 SxTPU3
- IP-védettség: IP67
- Cleanroom opció
- SafeMove 2 opció
- CodeSys alapú programozási nyelv (megfelel a MSZ EN 61131 szabványának)

A fentieknek az IRB 1200-7/0.7 típus [20] felelt meg (12., 13. ábra), amely nem rendelkezik eltolással a kettős tengelyen, ami azt jelenti, hogy nagyon közel lehet elhelyezni a munkadarabhoz.

	Karkinyúlás (m)	Terhelés (kg)	Karterhelés (kg)
IRB 1200-7/0.7	0.7	7	0.3
Pozíció ismétlés	0.02 mm		
Tengelyek száma	6		
Védelem	IP67 és Foundry Plus 2		

12. ábra

Az opcionális IP67-es védettség mellett a Foundry Plus 2 opcióval is rendelkezik, ami szerint ellenáll a zord környezetnek, és megfelel a fémöntéshez, homoköntéshez és a homoköntéshez szükséges öntési, kovácsolási és megmunkálási alkalmazásokhoz. A Foundry Plus 2 az IP67 szabványnak megfelelően az alaptól a végsuklóig védettséget nyújt a folyadék és a szilárd szennyeződések ellen. Ez rendkívül fontos, mivel a modulban ragasztás, illetve a ragasztó fejének öblítésekor, tisztításakor használt tisztítószer károsíthatja a robotot. A gyártó az MSZ EN 60529:2015 (IEC 60529:1989) tanúsítvánnyal biztosítja mindezt.

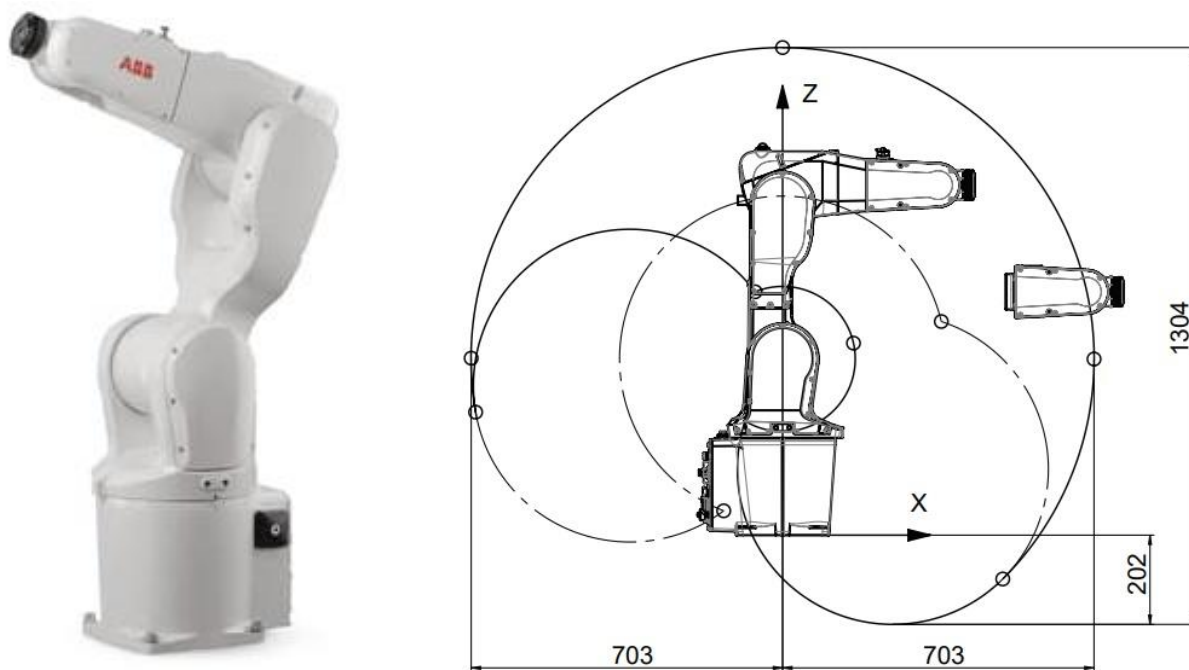
A Cleanroom megfeleléség garantálja, hogy a robot a környezete felé minimális részecskeszennyezéssel (zsír és olaj) működik, így tökéletesen megfelel az elektronikai termékek általunk elvárt gyártásához. A gyártó ISO 14644-1 3. osztályú tanúsítványt biztosít.

Az ABB által kifejlesztett SafeMove 2 opció a robot magas biztonsági szintjét biztosítja automatikusan az alábbi, a robot megállítására alkalmas felügyeleti funkciók segítségével:

- A szerszám helyzetének (Tool Position Supervision), sebességének (Tool Speed Supervision) és tájolásának (Tool Orientation Supervision) felügyelete révén védi a kezelőt és növeli a gép és a berendezés biztonságát.
- Védi a munkakörnyezetet a tengely pozíciójának felügyelete (Axis Position Supervision) és a tengelysebesség révén (Axis Speed Supervision).
- Felügyeli a robottengelyek leállítását anélkül, hogy a robotot ki kellene kapcsolni, így lehetővé teszi a kezelők számára, hogy a robot közvetlen közelében végezzék munkájukat.
- Lehetővé teszi féktest ellenőrzések periodikus futtatását.
- A robot leállítását a biztonsági terepbusz bemenetek használatával kezdeményezi a Safety PLC.

Mindezeket az alábbi tanúsítványokkal biztosítják:

- MSZ EN ISO 12100:2011 - Gépek biztonsága. A kialakítás általános elvei. Kockázatfelmérés és kockázatsökkentés.
- MSZ EN IEC 60204-11:2019 - Gépek biztonsága. Gépek villamos szerkezetei.
- MSZ EN ISO 10218-2:2011 - Robotok és robotszerkezetek. Ipari robotok biztonsági követelményei.
- MSZ EN ISO 13849-1:2016 - Gépek biztonsága. Vezérlőrendszerek biztonsággal összefüggő részei. 1. rész: A tervezés általános alapelvei.
- MSZ EN ISO 13849-2:2013 - Gépek biztonsága. Vezérlőrendszerek biztonsággal összefüggő szerkezeti részei. 2. rész: Validálás.



13. ábra Az IRB 1200-7/0.7 robot (forrás: ABB)

5.2. A robot megrendelése, telepítése

A robot leszállítására, telepítésére, elektromos és Safety bekötésére az ABB Kft.-től kértünk árajánlatot. A telepítési terv során a cég szakértőivel meghatározásra került a robot helyének kijelölése, aminek szerelési felülete már megfelelő állapotban volt és megfelelt az 14. ábrában látható elvárásoknak, ezen felül a vezérlőszekrény és az elektromos csatlakozások tervezését, szerelését és bekötését is befejezték.

Erő	Tartós terhelés (működés közben)	Maximális terhelés (vérszeálláskor)
Force xy	±910 N	±1620 N
Force z	-550 ±980 N	-550 ±1610 N
Torque xy	±570 Nm	±1550 Nm
Torque z	±280 Nm	±580 Nm

14. ábra Az IRB 1200-7/0.7 robot terhelései (forrás: ABB)

A robot gyárilag kalibrált állapotban érkezik, ennek értékeiről minden roboton találunk egy plakettet és egy típusleírást (15. ábra).

1200-107173		
Axis	Resolver values	Axis calibration
1	4.7740	
2	5.3266	
3	0.0553	
4	1.1090	
5	5.0004	
6	3.3867	

ABB AB			Made in Sweden
72136 Västerås			
Type:	IRB 1200		
Robot variant:	IRB 1200-7/0.7		
Protection:	Standard		
Payload:	7 kg		
Circuit diagram:	See user documentation		
Serial no:	1200-107173		
Date of manufacturing:	2022-02-14		
Max load:	See load diagram		
Net weight:	52 kg		

15. ábra A roboton lévő kalibrációs plakett és típusleírás

5.3. A robot beüzemelése, az első bekapcsolás

A folyamat során hibamentesen el kell indulnia az operációs rendszernek, de mivel még nincs programmodul egy üres MAIN főrutint kell létrehozni. A MAIN rutin az automata üzemmód futtatásához szükséges, a neve pedig nem lehet más, mint MAIN.

MODULE Mainmodule

PROC MAIN()

<SMT>

ENDPROC

ENDMODULE

5.4. Kalibrálás és szinkron pozíciók ellenőrzése, fordulatszámológok frissítése

A szinkron pozíciók során a robot kalibrálási pozíciójában a motorok nulladik fordulátat határozzuk meg. Erre az egyértelmű tengelyszögállás meghatározása miatt van szükség (mértékegység: radián). A kalibrálási matricán (15. ábra) lévő adatokat kell összehasonlítani a Flexpendanton látható calibration offsetben lévő értékekkel (16. ábra). Ha nem egyezik meg, akkor a matrica értékeivel írjuk felül.

Manual
1200-107173_Rob003

Guard Stop
Stopped (Speed 100%)

Calibration - ROB_1 - ROB_1 - Calib. Parameters

Edit Motor Calibration Offset
Mechanical unit: ROB_1

Enter values from 0 to 6.283 and tap OK.

Motor name	Offset value	Valid
rob1_1	4.774000	Yes
rob1_2	5.326600	Yes
rob1_3	0.055300	Yes
rob1_4	1.109000	Yes
rob1_5	5.000400	Yes
rob1_6	3.386700	Yes

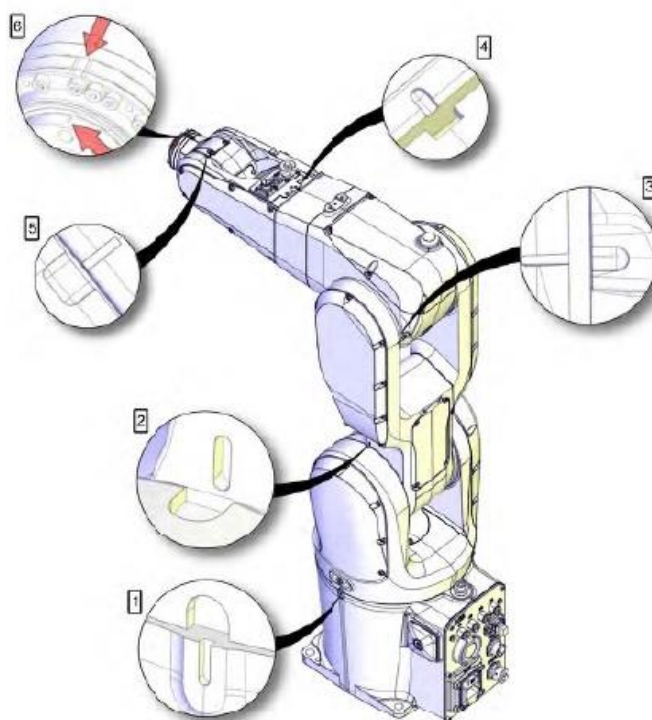
Reset OK Cancel

Production Window Calibration

ROB_1

16. ábra A Calibration offset ablaka a FlexPendanton

A valós tengelyszögállás meghatározásához azonban még a fordulatszámológok nullázására is szükség van. A Flexpendant segítségével tengelyenkénti mozgatási móddal a robot testén feltüntetett jeltartomány közepére vagyis a szinkron pozíciókra kell állnunk (17. ábra). Ebben a pozícióban kinullázzuk a motorok fordulatszámológját.

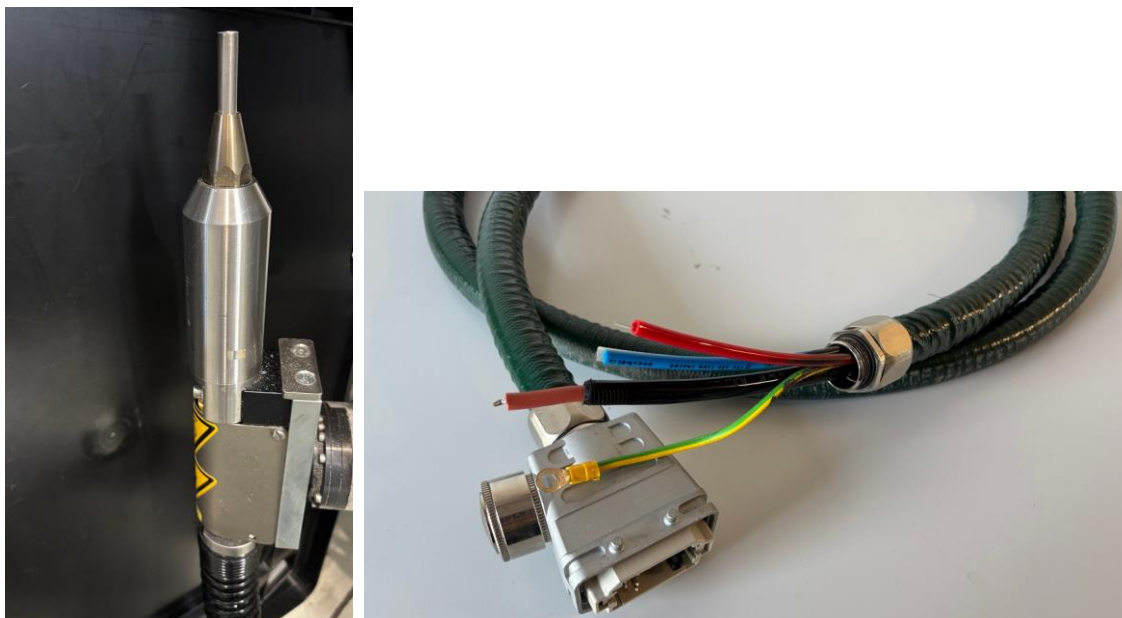


17. ábra Az IRB 1200-7/0.7 robot szinkron pozíciói (forrás: ABB)

5.5. Terhelések ellenőrzése – karterhelések

A terhelések ellenőrzésekor a robot saját tömegén kívül felszerelt egyéb terhelési adatokat is meg kell adni, mivel ez alapvetően befolyásolja a motorokra kiadott teljesítményt, a robot mozgását.

A robotra egy használt plazmázó fej és annak kábele lett felszerelve. Előtte egy ipari mérlegen is lemértem a súlyát, hogy összevethessem majd a kapott mérési értékekkel.



18. ábra A plazmázó fej és kábele

- Ebben az esetben a robotkarokon nincs egyéb szerelvény (Armload = 0).
- Ebben az esetben nincs üzemi terhelés (Payload = 0).
- A forgótányérra felszerelt end effector bemérése a Load Identify rutinnal.

A terhelési munkapont kalkulálásához a RobotStudio Robotload applikációját használtam. A bemérés eredményét a programba betöltve a 19. ábra eredményeit kaptam.

Total Handling Weight (Tool + Payload)

Mass [kg]	CoGx [mm]	CoGy [mm]	CoGz [mm]	CoGL [mm]
3,2	134	-7	42	134
Jx0 [kgm ²]	Jy0 [kgm ²]	Jz0 [kgm ²]	J5 [kgm ²]	J6 [kgm ²]
0	0	0	0,11	0,06

Arm loads

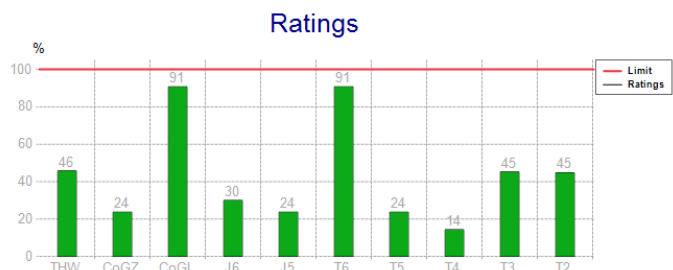
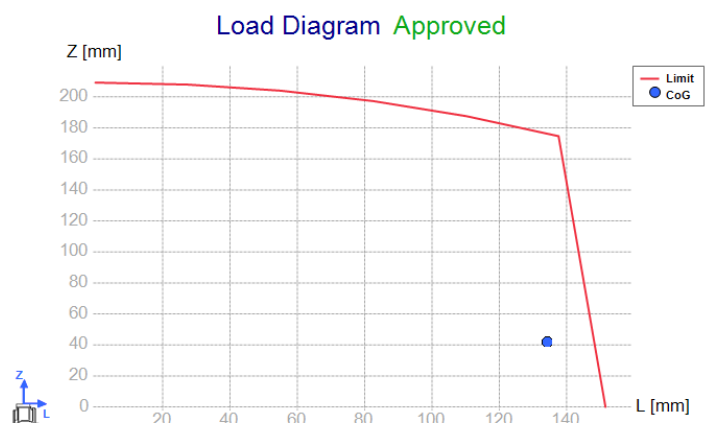
	Mass [kg]	CoGx [mm]	CoGy [mm]	CoGz [mm]
Frame	0	0	0	0
Lower Arm	0	0	0	0
Upper Arm	0	0	0	0
Tube	0	0	0	0

Robot: IRB 1200-7/0.7

Project: New Project

Loadcase: Plasmaltreat

Note: Warning: No load is assigned to upper arm in the calculation.

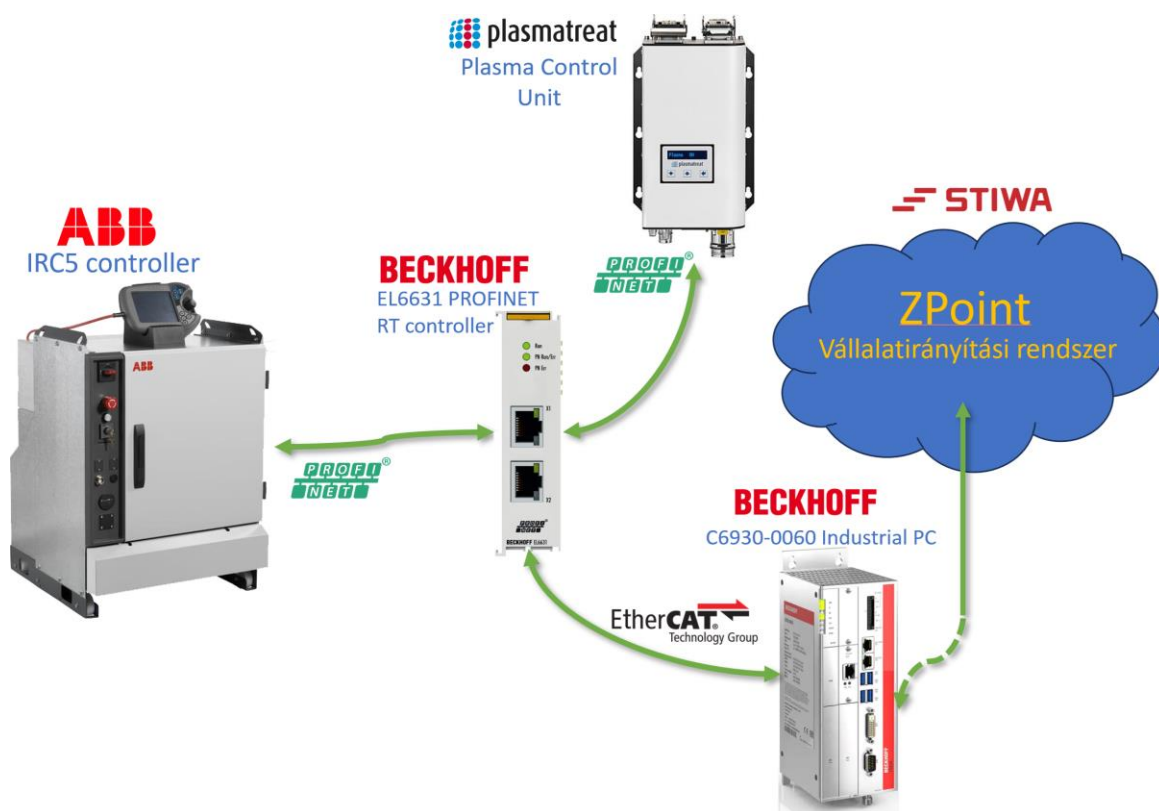


19. ábra A terhelési munkapont kalkulálása

A robot által mért tömeg 3,2 kg volt, ami közel azonos volt az általam mért eredménnyel (3,4 kg). A grafikon eredményeiből kitűnik, hogy a munkapont a gyártó által meghatározott határértékeken belül található.

5.6. Kommunikáció

Dolgozatomban a 3 kommunikáló szereplő (PLC, az ABB- és a plazmavezérlő) két eltérő nyelvet használ (20. ábra). A PLC csak EtherCAT nyelven tud beszélgetni, míg a másik két eszköz a Profinetet részesíti előnyben. Így köztük egy EL6631-es típusú valós időben kommunikáló „fordító” került, amelyre akár 15 Profinet eszköz is csatlakozhat. Beállítása rendkívül egyszerű, a PLC szoftveralapú vezérlőrendszerében a TwinCAT-ben a már csatlakoztatott eszközt „felderítjük” (Scan), majd hozzáadjuk a rendszerhez. A hozzá csatlakoztatott Profinetes szereplők beállítására nincs szükség, az EL6631-es alapértelmezett IP beállításai is megfelelőek (ugyanaz vonatkozik a vezérlő nevére - rendszernév - is). A címtartomány kiválasztásának nem kell megfelelnie a hálózati kártya beállításainak. A Profinet kommunikáció saját hálózati tartományában kommunikál. A PLC-vel együttműködő vállalatirányítási rendszerünk nem csak minőség-, folyamat- és gépparaméter-meghatározó szerepet tölt be, de a procedúrák minden paraméterének mentését, katalogizálását és megjelenítését (grafikon) is elvégzi, hogy akár évekkel később is visszakereshető legyen.



20. ábra Az eszközök kommunikációja

5.7. I/O jelek definiálása, ellenőrzése a PLC I/O dokumentációi alapján

Az I/O jelek listáját a PLC programozó küldi át. A jeleket a PLC-s további kéréseinek megfelelően a 21. ábra szerinti menüben hozhatjuk létre.

Name	Value	Information
Name	Q40_RobInGenWZ	Changed
Type of Signal	Digital Output	Changed
Assigned to Device		
Signal Identification Label		
Category		
Access Level	ReadOnly	Changed
Default Value	0	
Invert Physical Value	☐ Yes ☒ No	
Safe Level	DefaultSafeLevel	

Value (RAPID)
The changes will not take effect until the controller is restarted.

OK Cancel

21. ábra I/O jelek bevitele az ABB Robotsudiójában

Az újabb típusú Robotstudiókban ez a lista már importálható és így pár kattintással implementálható a robot oldalán. A keresztellenőrzés során a PLC-s kollégával közösen a 22. ábra szerinti jelek ellenőrzésre kerültek.

Name	Type	Value	Min Value	Max Value	Simulated	Network	Device	Device Mapping
Q0_EmStop	DO	0	0	1	No	PROFINET_Anybus	PN_Internal_Anybus	0
Q1_MotOffState	DO	0	0	1	No	PROFINET_Anybus	PN_Internal_Anybus	1
Q2_CycleRuns	DO	1	0	1	No	PROFINET_Anybus	PN_Internal_Anybus	2
Q3_Error	DO	0	0	1	No	PROFINET_Anybus	PN_Internal_Anybus	3
Q4_AutomOper	DO	1	0	1	No	PROFINET_Anybus	PN_Internal_Anybus	4
Q5_Reserve	DO	0	0	1	No	PROFINET_Anybus	PN_Internal_Anybus	5
Q6_Reserve	DO	0	0	1	No	PROFINET_Anybus	PN_Internal_Anybus	6
Q7_Reserve	DO	0	0	1	No	PROFINET_Anybus	PN_Internal_Anybus	7
Q8_StartMainDone	DO	0	0	1	No	PROFINET_Anybus	PN_Internal_Anybus	8
Q9_HsReadTypeCode	DO	0	0	1	No	PROFINET_Anybus	PN_Internal_Anybus	9
Q10_HsReadJobCode	DO	0	0	1	No	PROFINET_Anybus	PN_Internal_Anybus	10
Q11_HsKillRegPos	DO	0	0	1	No	PROFINET_Anybus	PN_Internal_Anybus	11
Q12_RobotsMoving	DO	1	0	1	No	PROFINET_Anybus	PN_Internal_Anybus	12
Q13_RobotHasBeenMoved	DO	0	0	1	No	PROFINET_Anybus	PN_Internal_Anybus	13
Q14_Reserve	DO	0	0	1	No	PROFINET_Anybus	PN_Internal_Anybus	14
Q15_Reserve	DO	0	0	1	No	PROFINET_Anybus	PN_Internal_Anybus	15
Q40_RobInGenWz	DO	1	0	1	No	PROFINET_Anybus	PN_Internal_Anybus	40
Q41_RobInGrdstWz	DO	0	0	1	No	PROFINET_Anybus	PN_Internal_Anybus	41

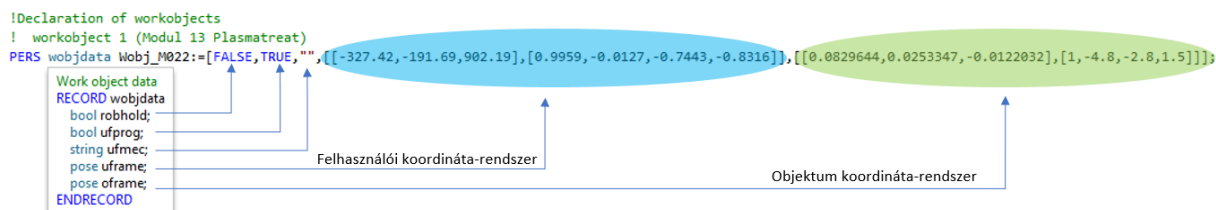
22. ábra I/O lista

5.8. Munkadarab koordináta-rendszer (WorkObject)

A munkadarabhoz tartozó vonatkoztatási rendszer létrehozása azért előnyös, mert a robotcélokat létrehozva könnyebbé válik a navigáció és az esetleges eltolások, pozíció módosítások elvégzése.

5.8.1. A WorkObject deklarációja

- *robhold* (Bool): a robotkaron helyezkedik el a koordináta rendszer? Esetünkben nem.
- *ufprog* (Bool): fixált e vagy „multimove” opcióval több robot használ egy koordináta rendszert? Igen, fixált.
- *ufmec* (string): melyik mechanikai egységhez rendeltük hozzá a koordináta-rendszert. Egy definiált név.
- *uframe* (pose): felhasználói koordináta-rendszer (munkaasztal). Egy XYZ origó meghatározása és az orientáció.
- *oframe* (pose): objektum koordináta-rendszer (munkadarab). Egy XYZ origó meghatározása és az orientáció.



23. ábra A Munkadarab koordináta-rendszer meghatározása

5.8.2. A *WorkObject* létrehozása

Egy kitüntetett origót az X1, X2, Y1 robotcélokkal mentve létrehozuk a koordináta rendszert.

Az X1, X2-re illeszkedő egyenes fogja meghatározni az X tengelyt, és az irányát ezeknek a viszonya határozza meg ($X1 \Rightarrow X2$). Y1-ből merőlegest állítva az X1-X2 egyenesre megkapjuk az origót.

A gyakorlati megvalósítás különféle lehet, pl. kézi betanítással, lézeres távolságméréssel, optikával, stb, én a kézi betanítást választottam.

5.9. Világzóna definiálása

A világzóna létrehozása után értesítést kapunk, hogy a kiválasztott szerszámközéppont a zónán belül vagy kívül helyezkedik e el. Ezt a folyamatok feltételkezeléséhez használhatjuk fel.

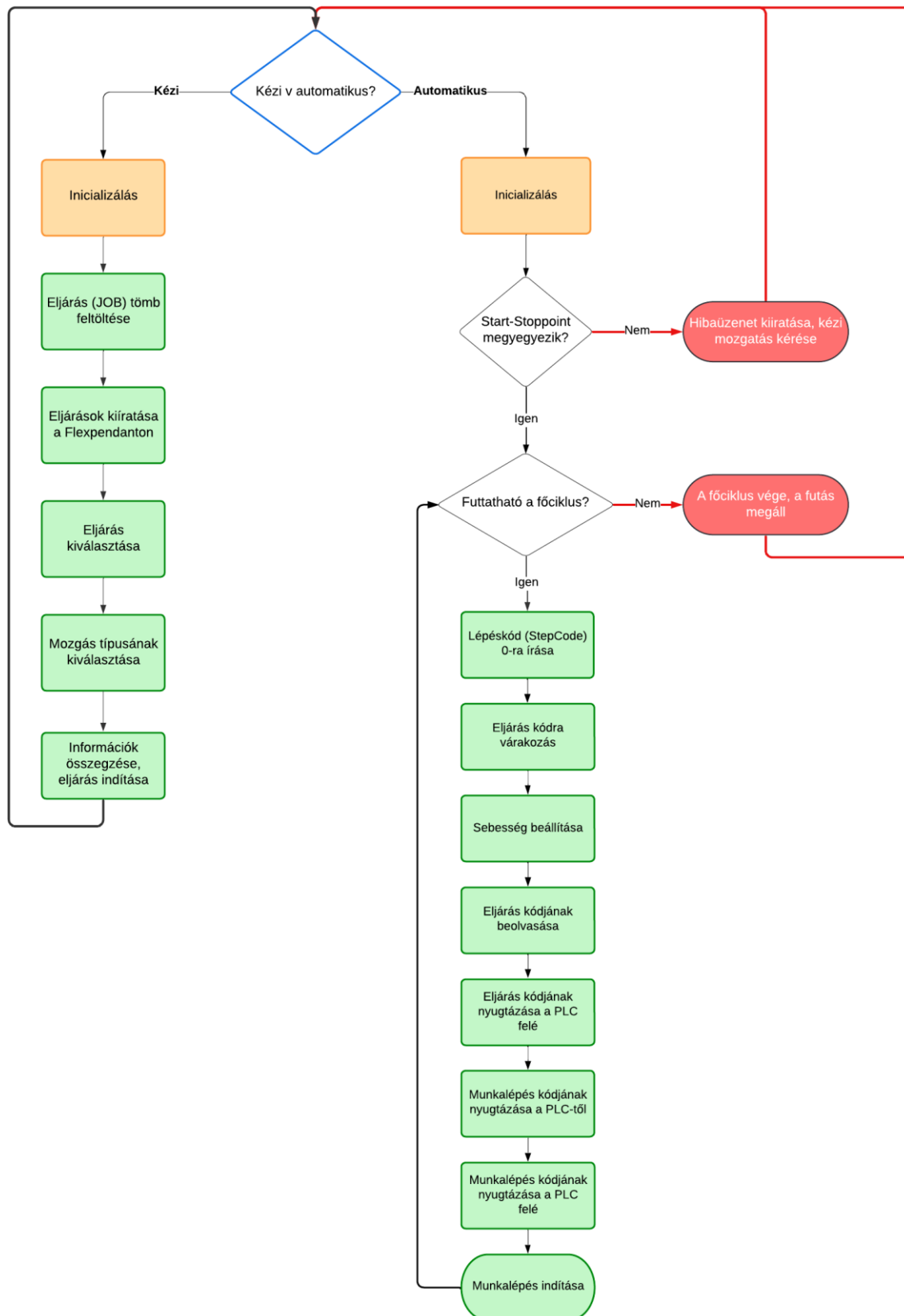
A zóna alakját a felhasználástól függően határozhatjuk meg (gömb, téglatest, henger). Jelen esetben henger alakú zónákat határoztam meg egy 8 elemű adattömbben deklarálva. A zónák adatainak felépítése:

- X, Y, Z (világ koordináta-rendszerben), sugár, magasság.

```
TASK PERS wzType WzData{8}:=["GenerellWorldzone",[0,0,0],800,1200],
                                ["HomePWorldzone",[-284,-219,75],150,250],
                                ["Worldzone1",[0,0,0],0,0],
                                ["PLASMA",[128,-210,-75],250,1000],
                                ["InHP",[-284,-219,310],10,20],
                                ["Worldzone4",[0,0,0],0,0],
                                ["Worldzone5",[0,0,0],0,0],
                                ["Worldzone6",[0,0,0],0,0]];
```

24. ábra A világzóna meghatározása

5.10. A robot tervezett munkafolyamata



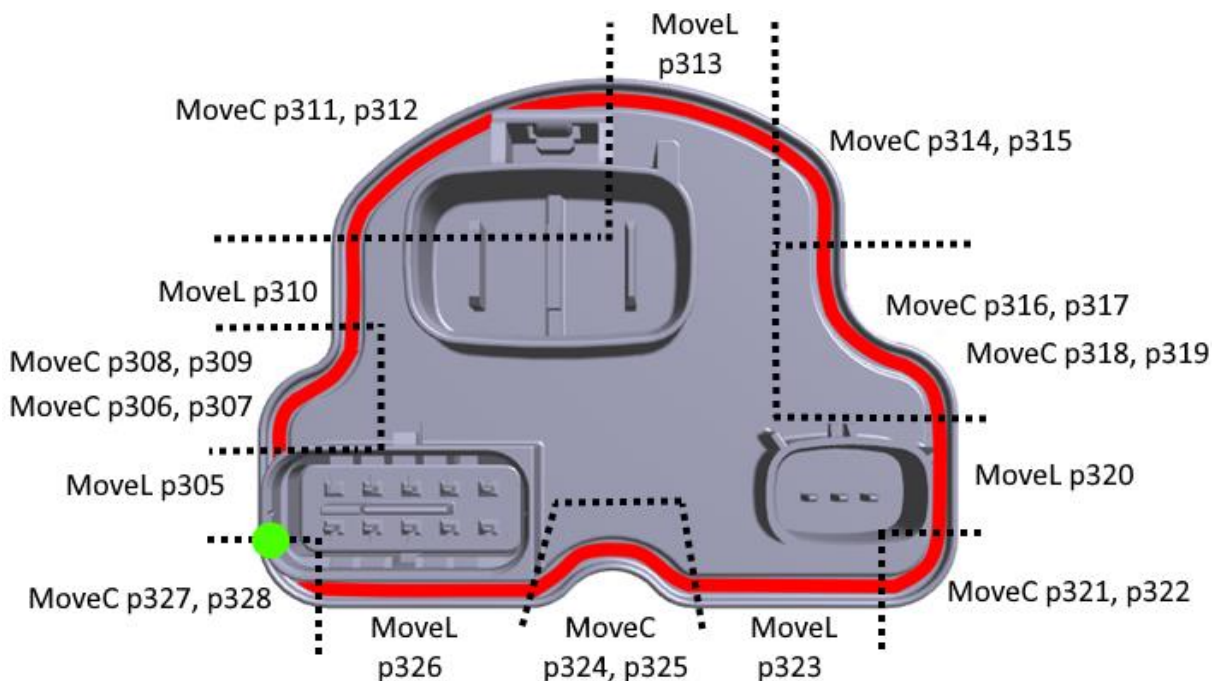
5.11. A mozgási utasítások létrehozása

A mozgási utasítások megalkotása kezdetén a Plasmatrete szakértői sokéves tapasztalatuk alapján meghatározták a:

- plazma fűvókájának távolságát a kezelendő felülethez képest, ami 6 és 8 mm közé esett,
- a robot maximális mozgási sebességét plazmázás során, ami általánosan v_{100} (100 mm/s), a fordulópontokon pedig v_{50} (50 mm/s).

Az útpálya létrehozását, szegmensekre bontását kézi üzemmódban hajtottam végre. A folyamat közben a VelSet és az AccSet paramétereivel állítjuk be az állandó sebességet, gyorsulást, ezzel maximalizálva szerszámközéppont sebességét/gyorsulását és megfelelően a fenti feltételeknek.

Az első pontot (a 25. ábrán jelzett zöld pont), amelytől indulni fog majd a mozgási folyamat meghatároztam, majd ettől Z irányban elmozogva létrehoztam egy előpozíciót (p304 – 26. ábra).

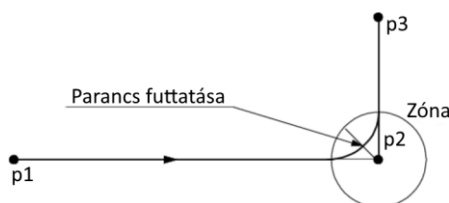


25. ábra A mozgásút szegmensekre bontva

```
VelSet 100,100;
AccSet 100,100;
MoveLSync p304_01,v50,fine,tPlasmatreat\WObj:=Wobj_M022,"writeRegPos_303";
MoveLSync p305_01,v50,z5,tPlasmatreat\WObj:=Wobj_M022,"writeRegPos_303";
MoveCSync p306_01,p307_01,v100,z5,tPlasmatreat\WObj:=Wobj_M022,"writeRegPos_303";
MoveCSync p308_01,p309_01,v100,z5,tPlasmatreat\WObj:=Wobj_M022,"writeRegPos_303";
MoveLSync p310_01,v50,z5,tPlasmatreat\WObj:=Wobj_M022,"writeRegPos_303";
MoveCSync p311_01,p312_01,v100,z5,tPlasmatreat\WObj:=Wobj_M022,"writeRegPos_303";
MoveLSync p313_01,v50,z5,tPlasmatreat\WObj:=Wobj_M022,"writeRegPos_303";
MoveCSync p314_01,p315_01,v100,z5,tPlasmatreat\WObj:=Wobj_M022,"writeRegPos_303";
MoveCSync p316_01,p317_01,v100,z5,tPlasmatreat\WObj:=Wobj_M022,"writeRegPos_303";
MoveCSync p318_01,p319_01,v100,z5,tPlasmatreat\WObj:=Wobj_M022,"writeRegPos_303";
MoveLSync p320_01,v50,z5,tPlasmatreat\WObj:=Wobj_M022,"writeRegPos_303";
MoveCSync p321_01,p322_01,v100,z5,tPlasmatreat\WObj:=Wobj_M022,"writeRegPos_303";
MoveLSync p323_01,v50,z5,tPlasmatreat\WObj:=Wobj_M022,"writeRegPos_303";
MoveCSync p324_01,p325_01,v100,z5,tPlasmatreat\WObj:=Wobj_M022,"writeRegPos_303";
MoveLSync p326_01,v50,z5,tPlasmatreat\WObj:=Wobj_M022,"writeRegPos_303";
MoveCSync p327_01,p328_01,v100,fine,tPlasmatreat\WObj:=Wobj_M022,"writeRegPos_303";
```

26. ábra A mozgásút a Robotstudióban

A felhasznált mozgási típusok: MoveJSync, MoveLSync, MoveCSync. Ezek utasítások elengedhetetlenek, hogy a mozgás egy pontján párhuzamosan futtathassak egy parancsot, ami jelen esetben egy numerikus változóba elment egy (pozícióra utaló) számot. A parancs akkor kerül végrehajtásra, amikor a TCP eléri a Sync utasításban lévő sarokút közepét (27. ábra).



27. ábra A MoveLSync utasítás értelmezése

5.12. Alaphelyzet rutin létrehozása

Az alaphelyzet felvételének ajánlásai:

- A munkaterektől egy semleges helyen helyezkedjen el a robotkar.
- Az alaphelyzetet csak a folyamat teljes leállításkor, tervezett megállásokkor ajánlott használni (folyamat közben inkább egy várakoztatási helyzet javasolt, ami a munkaterekhez optimálisra van állítva).

```

PROC Alaphelyzet()
  IF OpMode()=OP_AUTO THEN
    initReady:=TRUE;
    !Inicializáló jel OK
    pPointAtStop:=[[0,0,0],[0,0,1,0],[0,0,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
    !Perzisztens változó, megállításkor ebbe menti a pozíciót.
  ENDIF
  IF I11_KillRegPos=1 AND JobNum=0 THEN
    !Ha a feltételek jók, akkor a pozíció beállítása (0)
    regPos:=0;
    Set Q11_HsKillRegPos;
    !Handshake a PLC-vel
    WaitUntil I11_KillRegPos=0;
    !Handshake a PLC-vel
    Reset Q11_HsKillRegPos;
    !Handshake a PLC-vel
  ENDIF
  Reset Q13_RobotHasBeenMoved;
  !Ha a robotot nem mozgattuk el, akkor resetelésre kerül
  HsStep FALSE,0,TRUE,1,FALSE,0;
  !PROC HsStep(
  !bool SetOutput, (Ha TRUE a stepcode-ot elküldjük a PLC felé)
  !num StepNumSet, (a stepcode-ot beállítjuk a StepNumSet érték alapján a PLC felé)
  !bool WaitInput, (Ha TRUE a stepcode-ot megkapjuk a PLC-től)
  !num StepNumWait, (várakozunk, amíg a stepcode-ot megkapjuk a PLC StepNumWait értékéből)
  !bool SetRegister, (Ha TRUE a regpos-t tesszük egyenlővé a PosNum-mal)
  !num PosNum) (a regpost írjuk a PosNum alapján)
  WHILE regpos<>0 DO
    AccSet 80,80\Finepoint ramp:=50;
    !Gyorsulási paraméterek beállítása
    !acceleration, ramp, fineramp
    !Ha a regpos
    TEST regpos
    CASE 300:
      MoveJ p0300_01,v300,fine,tPlasmatreat\WObj:=Wobj_M022;
      !A MoveJ paranccsal a robot egy nem lineáris pályán mozog a célhelyzetbe.
      !robtarg, speed, zone, tooldata
      HsStep FALSE,0,FALSE,0,TRUE,0;
      !A SetRegister True, tehát a regpos = 0
    CASE 301:
      MoveJ p0301_01,v300,fine,tPlasmatreat\WObj:=Wobj_M022;
      HsStep FALSE,0,FALSE,0,TRUE,300;
      !A SetRegister True, tehát a regpos = 300
    CASE 302:
      MoveL p0302_01,v300,fine,tPlasmatreat\WObj:=Wobj_M022;
      HsStep FALSE,0,FALSE,0,TRUE,300;
      !A SetRegister True, tehát a regpos = 300
    ENDTEST
  ENDWHILE
  IF Q44_RobInWz3=1 THEN !Ha benne van a worldzone3-ban...
    MoveL pMove,v500,z100,tPlasmatreat_1\WObj:=wobj0;
  ENDIF
  MoveAbsJ jp_GRDST,v500,fine,tPlasmatreat_1\WObj:=wobj0;
  HsStep TRUE,1,TRUE,0,FALSE,0;
ENDPROC

```

28. ábra Az alaphelyzet rutin

5.13. Hibák

Az útprogramozás közben azonnal tapasztalható volt, hogy a használt fűvókával (29. ábra 1.) az orientációs átmozgások közben sérülést okozok az alapanyagban, illetve az útpálya szélessége miatt az ott található csatlakozók is sérülhetnek. Emiatt egy újabb típusú, hosszabb és átmérőben kisebb fűvókára esett a választás (29. ábra 2.) Azonban a 30 napos teszt a következő hibákat tárta fel:

- az orientációs átmozgások közben még mindig sérülhet az alapanyag
- a fűvóka, ha hozzáér a darabhoz kopik, ennek cseréje viszont jelentős költséggel jár
- ha egy hibás alapanyag berakás miatt a plazmázó robot ütközik, a fűvóka mellett a termék is jelentős károsodást szenved.

A beszállítóval történt egyeztetés után egy speciális fűvókát rendeltünk (29. ábra 3.), amelynek a csőszára még hosszabb, anyaga lágyabb, illetve csavarmenettel cserélhető a fűvókafejben. Ez most már biztosítja a megfelelő mozgásokat, ütközéskor a csőszár hajlik el, minimális sérülést okozva az alapanyagban, illetve cseréjének költsége is az ötödére csökkent a teljes fejhez képest.



29. ábra 1-2-3-as számú tesztűvóka (balról jobbra)

6. Minőségellenőrzés

6.1. Szakítószilárdság teszt

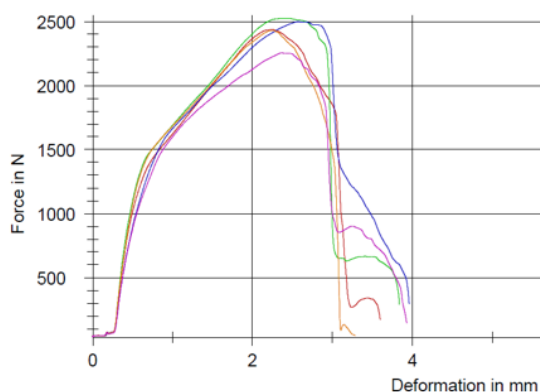
A plazmázás minőségének ellenőrzését kétféle módon végezzük. Az első során a cégünk technológiai laborjában egy ZwickRoell Z100-as szakítógép segítségével 5-5 db kezelt és nem kezelt darab értékeit hasonlítjuk össze, így kapunk egy értékelhető eredményt. A grafikon a már összesített eredményeket mutatja [21], így látható, hogy a plazmázott felületet nehezebb eltávolítani.

Plazmázott fedél

No.	F _{max} N	dL at F _{max} mm	F at break N	dL at break mm
1	2440	2.2	171	3.6
2	2530	2.4	293	3.8
3	2500	2.6	295	4.0
4	2430	2.2	47.7	3.3
5	2250	2.4	148	3.9

Átlagos lehúzási erő: 2430 N

Eltérés: 109 N

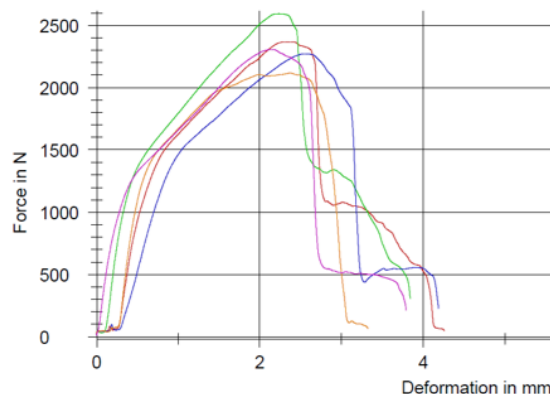


NEM kezelt felület

No.	F _{max} N	dL at F _{max} mm	F at break N	dL at break mm
2	2370	2.3	49.3	4.3
3	2590	2.2	303	3.8
4	2270	2.5	225	4.2
5	2120	2.4	66.8	3.3
6	2310	2.1	216	3.8

Átlagos lehúzási erő: 2332 N

Eltérés: 203 N



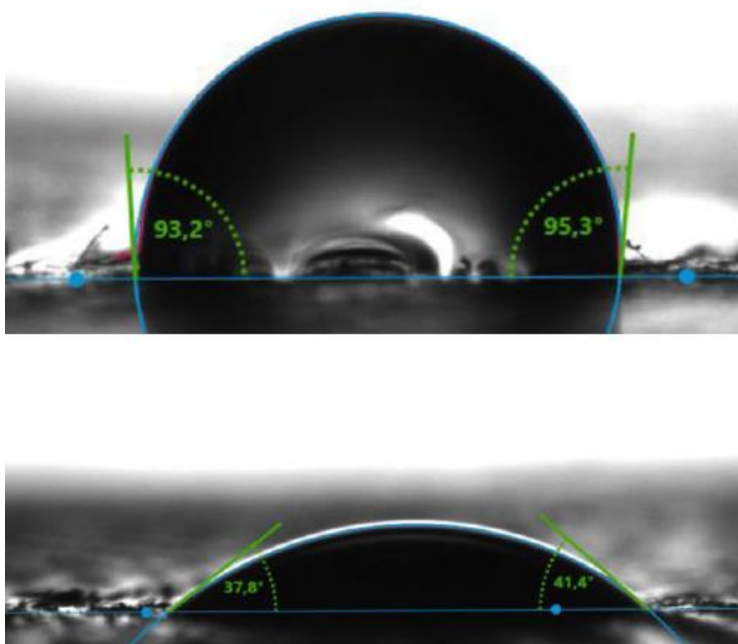
30. ábra Pull-off teszt (forrás: Thyssenkrupp belső dokumentáció)

6.2. Peremszög mérés

A mérést cégünk a beüzemelést követően kétszer kérte integrátor partnerunktől, amit a budapesti laboratóriumukban végeztek el.

A peremszög [22] alapvető fontosságú a folyadékcseppek részleges szétterülésének vizsgálatakor, mert meghatározza a szilárd felület nedvesedési képességét a folyadék által. Ez a szög a szilárd, a folyadék és a környező közeg (általában levegő) közötti felületi feszültségek egyensúlyán alapul. Ha a peremszög alacsony, a folyadék szétterül, ami jobb nedvesedést (esetünkben jobb minőséget) jelez. Magas peremszög esetén a folyadék kevésbé terül el, inkább gömbölyded cseppként marad meg a felületen.

A mérések eredményeit a Plasmatrete GmbH egy Anda AP-3P gépen végezte, amely a miénkkel megegyező paraméterekkel egy atmoszférikus plazmázás után egy robotikus kar segítségével egy csepp folyadékot juttat a mérendő felületre, majd a számítógép a csepp elterüléséből mér egy peremszöget. Az általunk előírányzott szögnek a két oldal összegét tekintve 41° alattinak kell lennie, ezt pedig 20 ismétlésen keresztül kell tartania. Az eredmények megfelelőek lettek, átlaguk $39,9^\circ$ lett.



31. ábra Peremszög mérés (forrás: Plasmatrete belső dokumentáció)

6.3. Tinta teszt

A gyártás kezdete előtt meghatároztuk, hogy a gépért felelős technikusnak minden 8. órában ellenőriznie kell a felületi feszültséget, hiszen szennyező anyagok kerülhetnek a vezérlő felületére. Erre a legjobb és legolcsóbb megoldásnak az Arcotest által gyártott PINK tollakat találtuk, amelyek használata egyszerű.

A speciális folyadékkal töltött teszt tollak 22-60 mN/m tartományban kaphatóak (+/- 1,0 mN/m-es pontossággal), amellyel meg kell festeni az adott felületet, majd figyelni a felületen megjelenő változásokat. Mi a 42-es mN/m tartományban lévő tollat választottuk, mert az elvárt értéknek 40 felett kell lennie tehát, ha e felett van a felületi feszültség akkor a tinta homogén felületet alkot, ellenkező esetben cseppekként összeáll (32. ábra). A soron lévő technikusokat kiképezve egy komplett képekkel illusztrált munkautasítást is adtunk számukra, ahol egyértelműen szétválaszthatóak az OK-NOK darabok a teszt használatakor.



32. ábra Kezeletlen és kezelt felületek PINK tollal megfestve

7. Gazdasági számítás

A Thyssenkrupp előzetes keretösszeget nem határozott meg, mindent az előzetes számításoktól tett függővé, mivel Európában a 2024/2025-ös év igen nehéznek ígérkező gazdasági helyzete cégünket is sokkal óvatosabbá tette, így minden projekt esetében a megtérülési időt 10 hónapban határozták meg.

Az alábbi táblázatban összegeztem az anyagok költségeit. A Plasmatreat esetében szerencsés módon a vezérlők 2 különálló fejet is képesek irányítani, így itt csak 1 db új kábel költségével kellett számolnom, de emellett a raktárkészletünkre is rendeltem további tételeket, megelőzve ezzel az állásidőt.

Megnevezés	Ár [eur]
ABB IRB 1200-7/0.7 robot + IRC5-ös vezérlőszekrény a kért teljes szerelvényezéssel	27.582
Plasmatreat kábel megerősített köpennyel	1.141
1 db plazmázófej	760
2 db üvegrúd	240
2 db menetes fúvókafej	162
6 db menetes fúvókacső	126
4 db alapszavár	3
Kábelek összköltsége	340

A fenti költségeken túl minden integrátorunk vállalta az összeszerelést és a tesztelést is amelyek költségeit a lenti táblázatban foglaltam össze a tervezési, esetleges tesztelési költségekkel együtt, melyeknél az mérnöki kamara által javasolt díjakat fogom irányadónak tekinteni. A mechanikai munkák nagyrészt az éppen műszakban lévő mechanikus csapatunk végezte, így ennek költségétől eltekintettem.

Megnevezés	Ár [eur]
ABB Kft. Robot telepítés	1470
Plasmatreat plazma integrálás + laboratóriumi és helyi megerősítő tesztek	610
Klotz GMBH meglévő PLC program bővítése	5480
Mérnöki óradíj (C kategória) tervezési órák száma: 34	1166

7.1. Megtérülés számítása

Az új technológiánk megtérülési számítását alább részleteztem. Fontos volt, hogy a megtérülést az előtte fennálló selejt termékek darabszámának árával együtt hasonlítsam össze, hiszen a cél az 1,1 %-os selejtarány javítása volt. A konstrukció üzemeltetési költségei magában foglalják a sűrített levegő, az áram árát, és az éves karbantartásokat is.

A új berendezés integrálása előtti nyers számadatok:

- Valós munkanapok száma (nap): 239
- Napi darabszám (db): 2.100
- Éves darabszám (db): 501.900
- Éves selejt (%): 1.1
- Éves selejt (db): 5.521
- Selejtköltség/db (eur): 270
- Összesített selejtköltség/év (eur): 1.490.670

A új berendezés integrálása utáni nyers számadatok (csak eltérések):

- Éves selejt (%): 1.0
- Éves selejt (db): 5.019
- Összesített selejtköltség/év (eur): 1.355.130

A berendezés teljes összköltsége:

Berendezés beszerzési költsége (eur):	39.080
Éves karbantartási és üzemeltetési költségek (eur):	1.910

Látható, hogy a megtérülési idő bőven az elvárt 10 hónap alatt van.

8. Tovább lépési lehetőség

A robotika egyik tovább lépési lehetősége a mesterséges látással támogatott mozgásvezérlés és képfeldolgozás, amely növelheti a pontosságot változó környezetben is. Jelen esetben felmerült, hogy gyárunkban számos helyen, pl. illesztések és a plazmázás során is alkalmazhatnánk kamera-rendszereket. Ezért partnerünkkel a Keyence-szel egy kéthetes teszt folyamán felmértük a lehetőségeket.

A megvalósításhoz a legújabb VS sorozat mesterséges intelligenciával támogatott rendszerét választottuk, melyet kétféle módon teszteltük az 1200-as robot tekintetében. A robotra felhelyezve, illetve a modul egy fix pontjára rögzítve. Az első módban, mivel újra el kellett végeznünk a karterelés bemérését azt tapasztaltuk, hogy a kamera súlya túl nagy (megvilágítással, kábelekkkel együtt + 820 gramm), így már nem felelt meg a követelményeknek.

A modul fix pontjára rögzítve a kamerával sajnos csak X-Y-Z tengelyek mentén tudtuk korrigálni a mozgást, az orientációt így elvesztettük, ami a plazmázás során rendkívüli jelentőséggel bír. A tesztet lezártuk, ebben az esetben nem tudjuk megvalósítani az ezirányú fejlesztést.

Bár a teszt nem sikerült, de több pozitív tapasztalatot is szereztünk:

1. A gépi látás és a robot integrációja meglepően könnyen ment, köszönhető ez a Keyence és az ABB már kész, komplett programozói moduljainak, illetve a kamera rendkívül egyszerű felületének, mely akár a kapcsolatkialakítás során, akár a robot – a kamerarendszeren keresztüli – kalibrációjának során megmutatkozott.
2. Megfelelő robotra felhelyezve (IRB 4600) a gépi látás megmutatta előnyeit, folyamatosan változtatva az alaptest helyét a robot késedelem nélkül korrigálta a pozícióját, így elkerültük a felesleges megállásokat, amik az ütközésekből származtak.
3. Az üzem közbeni korrekciók és után állítások akár a technikus által is elvégezhetőek, így nem szükséges hozzá mérnöki támogatás.

9. Összefoglalás

Azt mondjuk és írjuk, hogy modern iparban és korszerű gyártási folyamatokkal dolgozunk, de a folyamatosan növekvő minőségi kritériumok és a növekvő hatékonysági mutatók nagyon magas elvárásokat támasztanak mindenkivel és mindennel szemben, ami további fejlesztéseket indukál, mely folyamatos fejlődést kíván meg tőlünk. A dolgozatomban kifejtett megoldás egy további védőréteg létrehozásával javította az érintkező felületek tulajdonságait, ami jelentősen hozzájárult a selejtköltségek csökkentéséhez.

Azt a célt tűztem ki, hogy a gyártási folyamatban csökkentem a jelenlegi magas selejtszámot, ami sikerült is, az első teljes 1 hónapnyi termelés bizonyította a fejlesztés hatékonyságát. Az irodalomfeldolgozásban bemutattam az ipari robotok múltját, jelenét és lehetséges jövőjét, amit alátámasztottak a Statista.com-on elérhető statisztikai adatok is, de ezzel párhuzamosan jeleztem, hogy a robotok negatív hatással is fognak járni egyes jövőkutatók szerint. Bemutattam a plazmatechnológiát, előnyeit, kémiaiáját, fejlesztéseit, ami nagy hatással volt rám a dolgozatom írása közben. Áttekintettem a PLC történetét, az általam használt Beckhoff rendszert, az EtherCAT protokollt és összehasonlítottam a terepi buszokat. Bemutattam projektem integrátorait és a megoldandó problémát. Megfogalmaztam a követelményeket, amelyek alapján kiválasztottam a megfelelő robotkart. Ennek telepítése után egy kalibrációs és beállítási folyamat következett. A PLC-s kollégával létrehoztuk az I/O jeleket, meghatároztam a robot tervezett munkafolyamatát és megalkottam a mozgási utasításokat. Bemutattam a folyamat végén a minőség-ellenőrzés lépéseit és a gazdasági számításokat.

A számadatok alátámasztják, hogy a megfelelő tervezés és kivitelezés valóban a helyes út a hatékony termelés kialakításához.

Céлом eléréseig számos új technológiát ismertem meg, megfigyeléseket végeztem különféle laborokban és számtalan hasznos és beépíthető új információval bővítettem tudásom. Egy robot integrálása egy meglévő ipari rendszerbe ma már jóval egyszerűbb, mint 20 évvel ezelőtt, sok automatikus funkció, beépített algoritmus segíti az integrátorok munkáját. A Keyence képalkotó rendszerek segítségével belepillanthattam a jövőbe, és biztos vagyok benne, hogy 1-2 évtizeden belül a kamerák már a robot szerves részét fogják képezni.

10. Summary

We say and write that we work in modern industry and with modern production processes, but the constantly increasing quality criteria and increasing efficiency indicators set very high expectations for everyone and everything, which induces further developments, which demand continuous development from us. The solution explained in my thesis has improved the properties of the contact surfaces by creating an additional protective layer, which has significantly contributed to reducing scrap costs.

I set the goal to reduce the current high number of scraps in the production process, which I achieved, the first full 1 month of production proved the efficiency of the development. In the literature review, I presented the past, present and possible future of industrial robots, which was supported by statistical data available on Statista.com, but at the same time, I indicated that robots will also have a negative impact according to some futurologists. I presented the plasma technology, its advantages, chemistry and developments, which had a great inspiration for me while writing my thesis. I reviewed the history of PLC, the Beckhoff system which I used, the EtherCAT protocol and compared field buses. I presented the integrators for my project and the problem that I needed to solve. I have defined the requirements for selecting the right robot arm. After its installation, a calibration and setup process followed. With my PLC colleague, I created the I/O signals, defined the robot's planned workflow and created the motion instructions. I presented the quality control steps and economic calculations at the end of the process. The figures show that proper design and construction is indeed the right way to achieve efficient production.

Until I reached my goal, I got to know many new technologies, made observations in various laboratories and expanded my knowledge with countless useful and usable new information. Integrating a robot into an existing industrial system is now much easier than 20 years ago, many automatic functions and built-in algorithms help the work of integrators. With the help of Keyence imaging systems, I was able to glimpse into the future, and I am sure that within 1-2 decades, cameras will already be an integral part of the robot.

11. Nyilatkozat - eredetiség

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Németh Zoltán Gábor
A Hallgató Neptun kódja:	OARXBS
A dolgozat címe:	Plazmázó robot programozása
A megjelenés éve:	2024
A konzulens intézetének neve:	Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
A konzulens tanszékének a neve:	Műszaki Intézet

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védelmet követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: 2024 év november hó 04 nap

Hallgató aláírása

12. Nyilatkozat – belső konzulens

NYILATKOZAT

Németh Zoltán Péter (hallgató Neptun azonosítója: ILBO3A) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Gödöllő, 2024. november 4.


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.

13. Irodalomjegyzék

- [1] „Thyssenkrupp honlap,” thyssenkrupp Components Technology Hungary Kft., [Online]. Available: <https://www.thyssenkrupp.hu/hu/>.
- [2] A. Gasparetto és L. Scalera, „A Brief History of Industrial Robotics in the 20th Century,” Scientific Research Publishing, University of Udine, Udine, Italy., 2019.
- [3] N. Chambers és D. Marshall, „ABB,” 2014. [Online]. Available: https://library.e.abb.com/public/c1ecdae9855e5452c1257d200053f273/24-31%202m433_EN_72dpi.pdf.
- [4] „Kuka LBR iisy honlap,” KUKA Hungária Kft., 2024. [Online]. Available: <https://www.kuka.com/hu-hu/term%C3%A9kek-szol%C3%A1ltat%C3%A1sok/robotrendszerek/ipari-robot/lbr-iisy-cobot>.
- [5] „FANUC CRX honlap,” FANUC, 2024. [Online]. Available: <https://crx.fanuc.eu/>.
- [6] S. Ászity és F. Dömötör, „A dolgok internetjének módszertana (IoT Methodology),” in *Ipar 4.0*, Budapest, Akadémiai Kiadó, 2019.
- [7] „Robotics Worldwide Revenue 2024,” Statista, 2024. [Online]. Available: <https://www.statista.com/outlook/tmo/robotics/worldwide#revenue>.
- [8] Z. Weltsch, „Plazmasugaras felületmódosítás,” in *Járműipari kötéstechológiák*, Budapest, Akadémiai Kiadó, 2019.
- [9] „Cavist,” [Online]. Available: <https://cavist.com/videos/>.
- [10] R. I. Ratul és A. D. Rudra, „International Research Journal of Modernization in Engineering Technology & Science,” 04 04 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.56726/IRJMET35418>.
- [11] „Plasmatreat PlasmaTalks,” Plasmatreat, 10 2022. [Online]. Available: <https://www.plasmatreat.com/en/plasmatreat-academy/online-plasmataalks>.

-
- [12] „Surface modification using PlasmaPlus®,” Plasmatreat, 2024. [Online]. Available: <https://www.plasmatreat.com/en/what-is-plasma/plasma-surface-treatment/plasma-coating/functional-coating>.
- [13] A. Hudson és R. Nelson, „Fizikai optika 1,” in *Útban a modern fizikához*, Gábor Dénes Műszaki Főiskola, 1994, p. 918.
- [14] M. Oliveira, A. Ramos, T. M. Ismail, E. Monteiro és A. Rouboa, „A Review on Plasma Gasification of Solid Residues: Recent Advances and Developments,” 2022. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/4/1475>.
- [15] R. Juhász, „Ismerkedés a PLC-vel,” 2019. [Online]. Available: https://moodle.jrobi.hu/Feladatok/PLC_EA-5.pdf.
- [16] D. Liu, H. Yu, Z. Wang és Y. Li, „A Basic Model of Fieldbus Communication Protocols,” 2006. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1713229>.
- [17] ABB, „RobotStudio® Suite,” 2024. [Online]. Available: <https://new.abb.com/products/robotics/robotstudio>.
- [18] Plasmatreat, „Atmospheric plasma solutions,” 2024. [Online]. Available: <https://www.plasmatreat.com/en/what-is-plasma/plasma-surface-treatment#c7201>.
- [19] „KLOTZ honlap,” [Online]. Available: <https://www.klotz.de/>.
- [20] „ABB IRB 1200-7/0.7 Data sheet,” 2017. [Online]. Available: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK106103A6066&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>.
- [21] BME, „Szakítóvizsgálat,” 2018. [Online]. Available: https://www.att.bme.hu/neptuncode/BMEGEMTBGA1/segedletek/Szakitovizsgalat_sillabusz.pdf.
- [22] L. Zsidai, *Műszaki polimerek tribológiai kutatása különböző rendszerekben, PhD értekezés*, Gödöllő, 2005, p. 64.