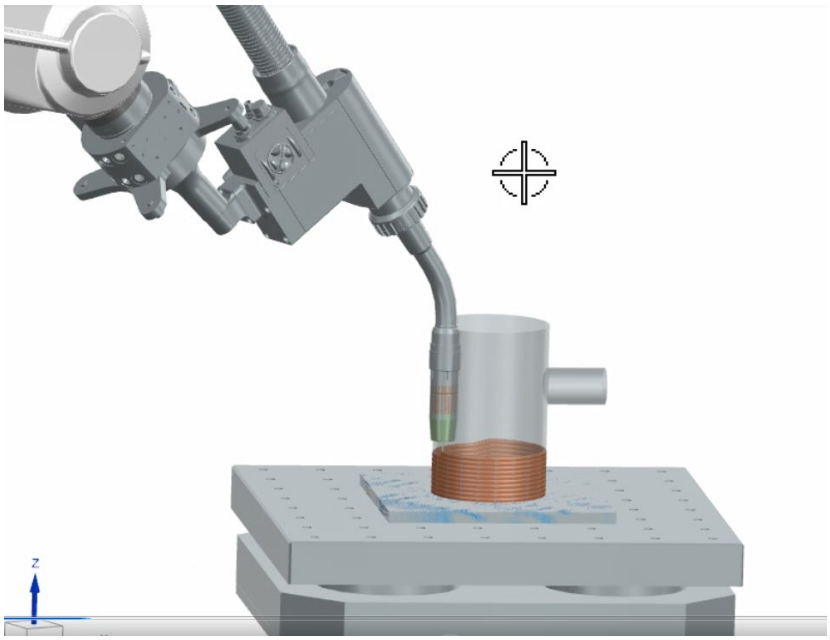
OPLITE – Optimaalista lisäarvoa teknologiasta

3D-tulosten jälkikäsittelyn automatisointi



DED-tulostettujen kappaleiden jälkikäsittelyn automatisointi

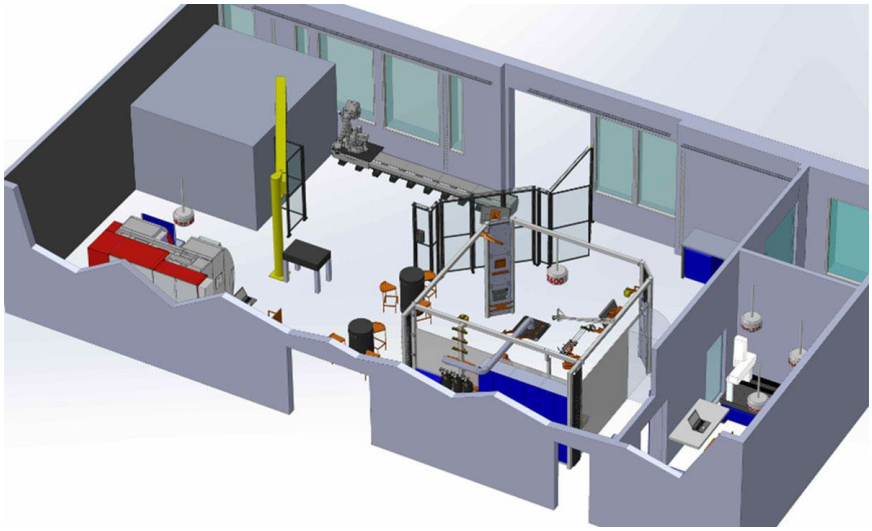
1. Tavoite

Automatisoida prosessi, jossa DED-menetelmällä tulostettu metallikappale siirretään suoraan 5-akseliseen koneistukseen samaa palettia ja nollapistekiinnitintä hyödyntäen. Tavoitteena on parantaa toistettavuutta, lyhentää läpimenoaikaa ja vähentää manuaalista työtä. Tarkoitus oli saada DMG DMU 50 työstökeskus ja UR10e yhteistyörobotti kommunikoimaan ja toimimaan keskenään kappaleenvaihtoprosessissa. Tarkoituksena on yhdistää ne toisiinsa Siemensin S7-1500 PLC:llä. Kaikkien näiden laitteiden keskinäinen kommunikointi vaatii yhtenäisen integraation, joka mahdollistaa laitteiden välisen datan vaihdon ja synkronoinnin, millä saadaan laitteet toimimaan fyysisesti toistensa kanssa.

Siemens S7-1500 on huipputason ohjelmoitava logiikkaohjain. Siinä on monipuolisia ominaisuuksia ja korkea suorituskyky, mitkä ovat suunniteltu monimutkaisiin automaatiojärjestelmiin.

Euroopan unionin osarahoittama

S7-1500 ohjelmoitava logiikka tukee Profinet- ja Ethernetverkkoja. Näillä pystyy mahdollistamaan tehokkaan ja nopean tiedonsiirron eri laitteiden välillä mukaan lukien DMG DMU 50 työstökeskus ja UR10e yhteistyörobotti.



Kuva 1 DED -tulostettujen kappaleiden jälkikäsittelyn automatisointia suunniteltiin TAMK FiledLab TKIO -ympäristöön

Yhteensopivuus ja integraatio eri laitteiden välillä on erittäin tärkeää toimivien automaatiojärjestelmien toteuttamisessa ja luomisessa. Liitännät ja protokollat liittyvät tiedonsiirron ja ohjauksen tarpeisiin. Teollisuusprotokollat ovat standardoituja viestintäjärjestelmiä, joilla mahdollistetaan laitteiden välinen tiedonsiirto ja ohjaus teollisuusympäristöissä. Näiden protokollien avulla eri valmistajien laitteet voivat toimia yhdessä toistensa kanssa, mikä on välttämätöntä monissa automaatioympäristöissä. Yleisimpiä teollisuusprotokollia ovat Profinet, EtherNet/IP, Modbus, CANopen ja Profibus. Jokaisella protokollalla on oma tehtävänsä teollisuudessa ja ne sopivat erilaisiin tarkoituksiin. Tässä tapauksessa parhaiten laitteiden yhdistämiseen sopisi Profinet (Process Field Network). Se on hyvä protokolla ohjaussovelluksiin automaatiojärjestelmissä ja se on yhteensopiva monien eri laitevalmistajien kanssa, millä mahdollinen verkkointegraatio toteutetaan.

DMG DMU 50 työstökeskus tukee Profinettiä ja siinä on myös yhteensopivat Siemens-ohjaimet, mikä mahdollistaa integraation Siemens S7-1500 ohjelmoitavan logiikan kanssa. Tässä integraatiossa työstökoneen parametrien ja ohjauskomentojen vaihto sujuu hyvin. Myös UR10e tukee Profinet-protokollaa, jonka ansiosta se myös mahdollistaa saumattoman yhdentymisen Siemens S7-1500 PLC:n kanssa. Profinet-liitännällä voidaan toteuttaa ohjaus ja tiedonsiirto robotin ja PLC:n välillä



Kuva 2 UR10e yhteistyörobotti



Kuva 3 DMG DMU 50, 5-akselinen työstökeskus

2. Prosessin kokonaiskuva

DED-tulostus → Kappaleen siirto → 5-akselinen koneistus → Laadunvarmistus

Kaikki vaiheet toteutetaan samalla paletilla, mikä mahdollistaa tarkan ja toistettavan nollapisteen säilymisen koko prosessin ajan.

Kappaleen 3D-metallitulostus (DED)

- Materiaali ja käytetty DED-prosessi
- Tulostusparametrit (teho, syöttö, kerrospaksuus, suojakaasu)

- Tulostusstrategia ja kerrosrakenne
- Paletin ja nollapistekiinnittimen käyttö tulostuksessa
- Alkulaadun arviointi (visuaalinen tarkastus, 3D-skannaus)

Koneistus 5-akselisella työstökeskuksella

- Koneistusstrategia (karkeakoneistus → viimeistely)
- Työkalut ja ohjelmointi
- Koneistusparametrit
- Pinnanlaadun ja mittatarkkuuden tulokset
- Koneistusajan ja työvaiheiden yhteenveto

Kiinnitys samalla paletilla ja nollapistekiinnittimellä

- Kiinnityksen rakenne ja toistotarkkuus
- Siirtymä DED-tulostuksesta koneistukseen ilman uudelleenkiinnitystä
- Kiinnityksen vaikutus prosessin automatisointiin
- Mahdolliset haasteet (lämpömuodonmuutokset, kappaleen geometria)

Automatisoinnin hyödyt

- Lyhyempi läpimenoaika
- Parempi toistettavuus ja mittatarkkuus
- Vähemmän manuaalisia työvaiheita
- Yhtenäinen dataketju tulostuksesta koneistukseen
- Mahdollisuus robottisiirtoon ja suljettuun prosessiin

Keskeiset havainnot ja jatkokehitys

- Nollapistekiinnitys on kriittinen toistotarkkuuden kannalta
- DED-geometriapoikkeamat vaativat ennakoivaa mittausta
- Automatisointia voidaan laajentaa reaaliaikaiseen mittaukseen ja palautesäätöön
- Suositus: kehittää integroitu mittaus- ja korjausstrategia seuraavaan vaiheeseen

- prosessin jatkokehitys: hankesuunnitelma, jossa mahdollistetaan robottisiirto suljettuun prosessiin

3. Toiminnallinen kuvaus kappaleenvaihtoprosessista

Seuraavassa listauksessa kerrotaan DMG DMU 50 -työstökeskuksen, UR10e -yhteistyörobotin ja PLC:n välisen toiminnallisen kuvaus. Toiminnallinen kuvaus alkaa kuvitteellisesti aiemman työstön tulossa päätökseen ja siitä aloittavan uuden rotaation työstössä.

Toiminnallinen kuvaus:

Työstön valmistuminen ja valmiussignaali

Työstökeskus päättää työstön ja lähettää ’’työstö valmis’’ signaalin PLC:lle. Sig-naalin kertoo, että työstökeskus on valmis uuteen työstöön ja sen käsittely on turvallista. PLC vastaanottaa kyseisen signaalin ja lähettää robotille kappaleen vaihto komennon. Robotti odottaa signaalia ennen sen toiminnan aloittamista

Ovien avaaminen

Robotti pyytää PLC:ltä työstökeskuksen oven avaamista, kun robotilla on tarve päästä koneen sisälle. PLC prosessoi pyynnön ja lähettää avaamiskomennon työstökeskukselle. Oven avauduttua työstökeskus lähettää signaalin PLC:lle oven avautumisesta. PLC vastaanottaa tämän signaalin ja vahvistaa robotille oven olevan auki ja sen on turvallista edetä työstökeskukseen

Työstökeskuksen kiinnittimen avaaminen

Robotti tunnistaa tarpeen avata kiinnitin kappaleenvaihtoa varten ja lähettää avauspyynnön PLC:lle, jonka jälkeen PLC välittää pyynnön työstökeskukselle. Työstökeskus avaa kiinnittimen ja sen jälkeen ilmoittaa avautumisesta PLC:lle. Tämän jälkeen PLC lähettää vahvistuksen kiinnittimen avautumisesta robotille. Nyt robotti voi siirtyä käsittelemään kappaletta.

Robotti ilmoittaa olevansa sisällä koneessa

Robotin saavuttua määritellylle alueelle työstökeskuksen sisällä, se lähettää signaalin PLC:lle läsnäolostaan. Tällä signaalilla taataan, että ovi ei sulkeudu robotin ollessa työstökeskuksen sisällä.

Kappaleen vaihto

Robotti aloittaa vanhan kappaleen poiston työstökeskuksesta ja ilmoittaa siitä PLC:lle, jonka jälkeen se vahvistaa tiedon työstökeskukselle. Vanhan kappaleen poistuttua robotti asettaa

uuden kappaleen kiinnittimeen ja ilmoittaa siitä PLC:lle. PLC välittää tiedon työstökeskukselle.

Kiinnittimen sulkeminen

Kappaleen ollessa paikallaan kiinnittimessä robotti pyytää PLC:tä sulkemaan kiinnittimen, josta lähtee sulkemiskomento työstökeskukseen. Keskus sulkee kiinnittimen ja lähettää PLC:lle sulkeutumisvahvistuksen. Tämän jälkeen PLC ilmoittaa sulkeutumisesta robotille.

Robotti poistuu koneesta

Toimenpiteiden valmistuttua robotti poistuu työstökeskuksen sisältä ja lähettää poistumissignaalin PLC:lle. PLC vastaanottaa signaalin ja aktivoi oven sulkeutumiskomennon.

Oven sulkeminen ja koneistuksen aloittaminen

Robotti on poistunut koneen alueelta ja pyytää PLC:ltä oven sulkemista ja koneistuksen aloittamista, jonka jälkeen PLC välittää sen työstökeskukselle. Työstökeskus sulkee oven ja koneistus alkaa, ilmoittaen siitä PLC:lle

Tämä toiminnallinen kuvaus kattaa vuorovaikutuksen komponenttien välillä. Tästä kuvauksesta huomaa, kuinka suuressa roolissa PLC:llä on prosessin hallinnassa sekä komentojen välittämisessä eri järjestelmien ja laitteiden välillä.

4. Toiminnalliseen kuvaukseen perustuva I/O-lista

Seuraavaksi esitän aiempaan kappaleenvaihtoprosessiin liittyvän toiminnallisen kuvauksen I/O-listana. Lista kuvaa miten jokainen signaali kulkee kappaleenvaihtoprosessin eri vaiheissa komponenttien välillä.

Työstön valmistuminen ja valmiussignaali

Output (Työstökeskus) → Input (PLC): "Työstö valmis" -signaali.

Output (PLC) → Input (Robotti): Signaali, että kappaleenvaihto voi alkaa.

Ovien avaaminen

Output (Robotti) → Input (PLC): Pyyntö avata työstökeskuksen ovi.

Output (PLC) → Input (Työstökeskus): Ovi avattava -komento.

Output (Työstökeskus) → Input (PLC): Signaali oven avautumisesta.

Output (PLC) → Input (Robotti): Vahvistus oven avautumisesta.

Kiinnittimen avaaminen

Output (Robotti) → Input (PLC): Kiinnittimen avauspyyntö.

Output (PLC) → Input (Työstökeskus): Käsky avata kiinnitin.

Output (Työstökeskus) → Input (PLC): Vahvistus kiinnittimen avautumisesta.

Output (PLC) → Input (Robotti): Ilmoitus kiinnittimen avautumisesta.

Robotti ilmoittaa olevansa sisällä koneessa

Output (Robotti) → Input (PLC): Signaali robotin ollessa työstökoneen sisällä.

Kappaleen poistaminen

Output (Robotti) → Input (PLC): Robotti aloittaa vanhan kappaleen poistamisen kiinnittimestä.

Output (PLC) → Input (Työstökeskus): Vahvistus vanhan kappaleen poistosta.

Uuden kappaleen asettaminen

Output (Robotti) → Input (PLC): Robotti asettaa uuden kappaleen kiinnittimeen.

Output (PLC) → Input (Työstökeskus): Vahvistus uuden kappaleen asettamisesta.

Kiinnittimen sulkeminen

Output (Robotti) → Input (PLC): Pyyntö sulkea kiinnitin.

Output (PLC) → Input (Työstökeskus): Käsky sulkea kiinnitin.

Output (Työstökeskus) → Input (PLC): Vahvistus kiinnittimen sulkeutumisesta.

Output (PLC) → Input (Robotti): Ilmoitus kiinnittimen sulkeutumisesta.

Robotti poistuu koneesta

Output (Robotti) → Input (PLC): Signaali robotin poistumisesta koneen sisältä.

Output (PLC) → Input (Työstökeskus): Aktivoi oven sulkeutumiskomennon.

Oven sulkeminen ja koneistuksen aloittaminen

Output (Robotti) → Input (PLC): Pyyntö sulkea ovi ja aloittaa koneistus.

Output (PLC) → Input (Työstökeskus): Käsky sulkea ovi ja aloittaa koneistus.

Output (Työstökeskus) → Input (PLC): Vahvistus oven sulkeutumisesta ja koneistuksen aloittamisesta.