

ROBOTIZACIJA IN OPTIMIZACIJA LINIJE SIPRO 8

Jurij TRNOVEC
Iskra Mehanizmi d.o.o.

POVZETEK

Robotizacija in optimizacija obstoječih oz. novih procesov, je v današnjem svetu ključnega pomena za podjetja kot je Iskra Mehanizmi. Z robotizacijo montaže in posluževanja se doseže kakovostno in stroškovno učinkovito proizvodnjo izdelkov. Z pravilnim načrtovanjem in uporabo LEAN orodij se dosegajo krajši pretočni časi in indeksi obdelav v primerjavi s sistemi, ki delujejo po principu PUSCH sistemov. Robotizacija omogoča avtomatizirano montažo in 100% kontrolo brez človeškega vpliva, hkrati pa omogoča, da en operater poslužuje več strojev. Robotizirani in optimirani sistemi zagotavljajo podjetju, da je konkurenčno oz. boljše od konkurence na trgu.

1. UVOD

Visoke količine tuljav dveh različnih tipov in pridobitev novega projekta za avtomobilsko aplikacijo, ki je pomenil prihod tretjega tipa tuljave je bilo potrebno razmisliti, kako urediti proizvodnjo na način, ki bo omogočal učinkovito proizvodnjo vseh treh tuljavnikov v količinah in kakovosti, ki jo zahteva kupec. Hkrati je bilo potrebno razmisliti o usodi obstoječega stroja SIPRO 8.

Z rešitvijo robotizacije in optimizacije se je posodobilo stroj SIPRO 8 in integriralo opremo, ki omogoča učinkovito izpolnjevanje zahtev kupca po količinah in kvaliteti.

2. OBSTOJEČE STANJE

Tuljave se je izdelovalo na liniji za navijanje tuljav SIPRO 8. Pred operacijo navijanja se je vtiskovanje pinov izvajalo na ločenih vtiskovalnih napravah, kjer je operater ročno vstavljaj pine, ki jih je predhodno dobavil zunanji dobavitelj. Na liniji se je izvajala ročna manipulacija kosov na/iz transportnega vozička. Navijanje je potekalo na 8 vretenskem navijalnem stroju, po operaciji navijanja so se izvedle operacije fluksanja, spajkanja in kontrole Ohmske upornosti. Po izvedbi omenjenih aktivnosti, je delavka na liniji ročno izpela gotove kose in jih odložila v namenske paletke. Pred dobavo gotovih kosov dobavitelju se je vse kose ročno pregledalo pod mikroskopom, očistilo in

preverilo ravnost pinov. Omenjena aktivnost je bila izredno naporna za same delavke. Celoten sistem izdelave tuljav je potekal po PUSCH sistemu, kar je imelo za posledico dolg indeks časa (pretočni čas) in indeks obdelave.



Slika 1: Tuljavniki Solenoid, Coil in AFS

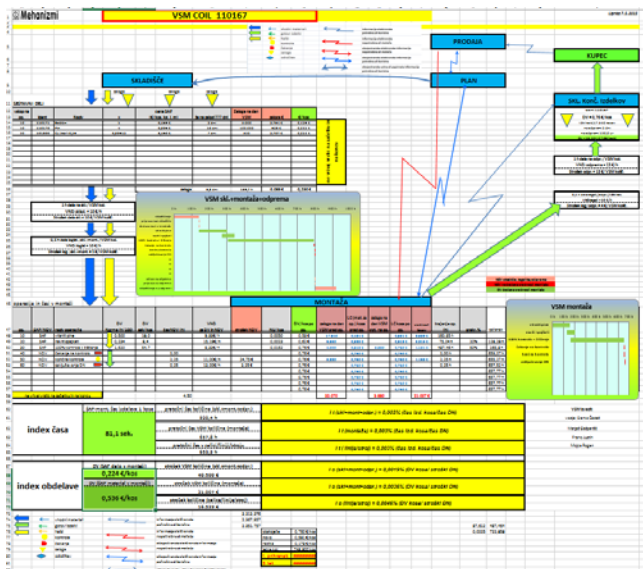


Slika 2: Stroj SIPRO 8

3. IDEJA ZA OPTIMIZACIJO – ROBOTIZACIJO NAVIJANJA TULJAV

Glede na velike letne količine tuljavnikov, ki se jih je izdelovalo na omenjenem stroju in pa dejstva, da je bilo podjetje izbrano za dobavitelja nove aplikacije Solenoid za avtomobilsko

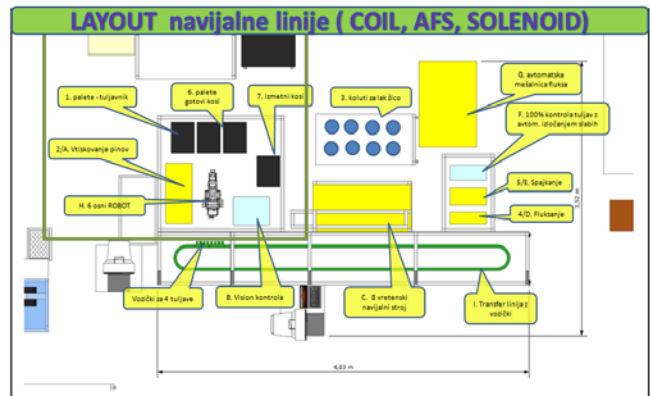
industrijo, je bilo potrebno razmisliti o nadaljnjem koraku v proizvodnji tuljav. Kupiti nov stroj ali posodobiti obstoječega. Izdelalo se je VSM (value stream mapping) celotnega procesa, kjer se je pridobilo indeks časa in indeks obdelave. Skozi analizo so se pokazali kritični procesi, vtiskovanje pinov ter očna kontrola, ki so se vršili na ločenih delovnih mestih izven takta linije. Na podlagi analize se je izdelalo zahtevnik za robotizacijo montažnih procesov, ki so se izvajali zunaj linije ter optimizacijo obstoječih. Z dograditvijo robotizirane celice na stroj bi se prešlo iz PUSCH sistema proizvodnje na PULL sistem, hkrati bi celoten potek montaže in kontrole potekal avtomatizirano brez pomoči delavcev.



Slika 3: VSM za tuljavnik Coil

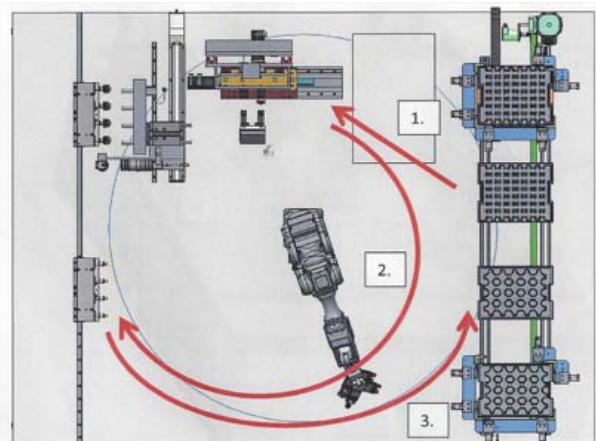
4. ROBOTIZACIJA IN OPTIMIZACIJA PROCESA NAVIJANJA TULJAV – TEHNOLOŠKA IZVEDBA

Za najprimernejšega ponudnika izdelave in integracije robotske celice je bilo izbrano podjetje INO – Žiri. Celotna linija vključno z obstoječim delom je sestavljena iz 9 avtomatskih postaj in je prirejena za uporabo treh različnih tuljavnikov.



Slika 4: Lay out celotne linije

Robotska celica je sestavljena iz 6 osnega robota znamke Mitsubishi, ki izvaja manipulacij med posameznimi procesi vključno z embaliranjem v paletke, naprav za avtomatsko rezanje in vtiskovanje pinov ter sistema za strojni vid znamke Keyence.



Slika 5: Lay out robotske celice

Sistem za manipulacijo je sestavljen iz dvižnega sistema za skladiščenje surovih/gotovih kosov, 6 osnega robota z prijemali za tuljavnike ter obračalno rotacijskega sistema, ki služi za pripravo izdelkov za odvzem. Dvižni sistem omogoča avtonomijo 2,5h, kar omogoča, da operater vmes posluhuje še druge stroje v delavnici.

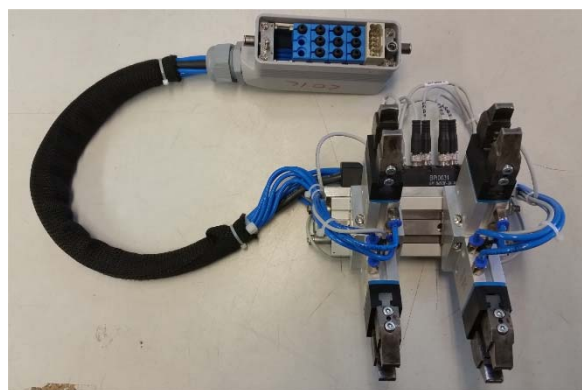


Slika 6: Dvižni sistem za paletke

Šest osni robot znamke MITSUBISHI za manipulacijo je opremljen z obračalnimi rotacijskimi prijemali, ki so za vsak tip tuljavnika svoje. Prijemala so narejena po principu SMED metode, kar omogoča hitro menjavo. Prijemala so že opremljena s konektorjem, ki se ga enostavno priklopi na zato predvideno mesto na robotu. Prijemala so koncipirana tako, da vedno odzamejo par surovih kosov in par gotovih kosov, kar skrajša čas manipulacije.



Slika 7: 6 osni robot MITSUBISHI



Slika 8: Robotska prijemala

Glavna izziva pri načrtovanju in izdelavi sistema za manipulacijo s kosi sta bila ohlapna pozicija tuljavnikov v paleti ter neparno število kosov v paleti (zaradi lažje ponazoritve so na sliki kosi z že vtisnjenimi pini) oz. kako urediti odlaganje gotovih kosov v primeru, ko je en kos izločen kot slab.



Slika 9: Različno pozicionirani kosi v paletki

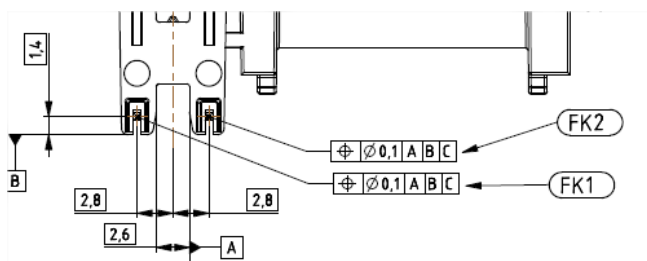
Zaradi operacije vtiskovanja pinov in potrebe po natančnosti vtiskovanja se je dodalo pred operacijo vtiskovanja pinov prepozicioniranje tuljavnikov na prepozicionirnih trnih, kjer robot z dodatnim gibom poravnava tuljavnik na željeno pozicijo. Zraven je prigraven še senzor pozicije, ki preveri, če je kos v pravi poziciji.



Slika 10: Trni za prepozicioniranje

Ko pride na vrsto neparno število tuljavnikov, robot odloži tuljavnik na za to predvideno mesto in ga ob naslednjem neparnem številu vzame in tako popolni manjko tuljavnika.

Po operaciji pozicioniranja, robot kose prenese na napravo za vtiskovanje in v primeru tuljave Solenoid tudi krivljenje pinov. Za vtiskovanje so v celici locirani dve vtiskovalni napravi. Ena za tuljavo Solenoid in ena za tuljavi Coil in AFS, ki je narejena po principu SMED, da operater v kratkem času priredi napravo za drugi tip tuljave. Samo avtomatsko vtiskovanje je predstavljalo velik izziv tako za Iskro Mehanizmi kot za dobavitelja opreme, saj so iz strani kupca podane stroge zahteve glede pozicij pinov, rezanje pinov pa je bilo bolj kot ne domena podjetij, ki so specializirana za štancanje kontaktov – pinov. Pri tuljavi Solderoid so bile poleg zahteve po dolžini vtisnjenih pinov podane še zahteve za krivljenje in koničenje pinov. Tolerance so zelo ozke, pri dolžini vtisnjenega pina $\pm 0,2\text{mm}$ za centričnost pinov, ki je hkrati tudi pokazatelj krivosti pinov pa je toleranca znotraj kroga $\varnothing 0,1\text{mm}$ v x in y osi. Centričnost pinov je hkrati tudi funkcijsko kritična karakteristika.



Slika 11: Toleranca pozicije ukrivljenih pinov

Vtiskovanje se prične z rezanjem žice direktno iz koluta na željeno dolžino. Žica je dimenzije $\square 0,6\text{mm}$. Pred vtiskovanjem naprava žico odreže na dolžino, surove tuljavnike pa robot vpne na poseben voziček ko ta še ni v vtiskovalni napravi. Ko so tuljavniki vpeti in pini narezani na dolžino se opravi operacija koničenja. Koničenje je pomembno saj omogoča kupcu, da lahko robotizirano namešča konektorje na pine. Premer pina po koničenju mora biti max. $0,3\text{mm}$.

poseben voziček odpelje v napravo za vtiskovanje.

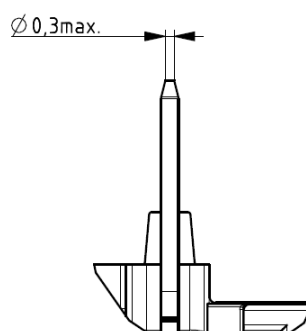


Slika 12: Koluti z žico



Slika 13: Vtiskovalna naprava za Solenodi

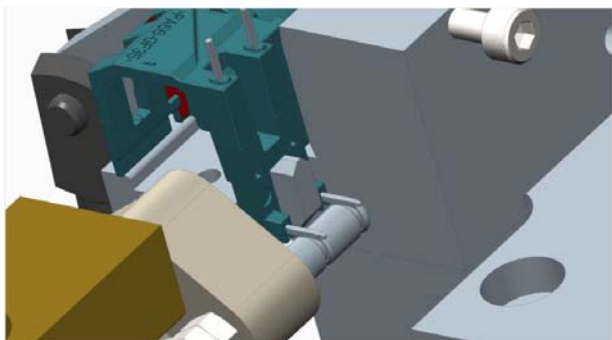
Vtiskovanje pinov poteka z enim vtiskom pina skozi luknjo v tuljavniku. Sistem je narejen kot variabilen, da se lahko v primeru, da luknja v tuljavniku ni optimalna vtiskuje v več korakih in se s tem prepreči krivljenje pina. Ko je pin vtisnjen na željeno pozicijo



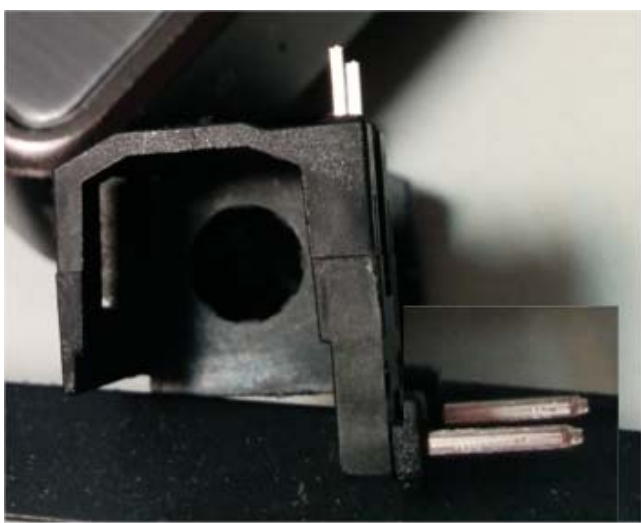
Slika 14: Zahteva za koničenje na risbi

Po končani operaciji vtiskovanja, je potrebno za tuljavo Solenoid izvesti še krivljenje pinov za 90° . Pri tuljavnikih AFS in Coil gre tuljavnik po operaciji vtiskovanja direktno na navijanje. Pini

se zakrivijo s posebnim sistemom, ki je nastavljivo, da se doseže zahtevan kot in pozicija pinov. Z nastavljivim sistemom se lahko kompenzira odstopanja na plastičnem delu in pa lastnosti, ki jih ima sama žica glede preoblikovanja. Sistem je integriran v sklopu vtiskovalne priprave in je izveden znotraj cikla izdelave tuljave.



Slika 15: Krivljenje pinov



Slika 16: Zakrivljeni in konični pini

Po končani operaciji vtiskovanja pinov robot kose prenese na vozičke za transfer na navijalni stroj. Robot s prijemali izpne gotove kose in vpne surove kose. Vsak tuljavnik ima komplet šestih vozičkov z navijalnimi trni, ki so geometrijsko prilagojeni geometriji tuljavnika. Na voziček pridejo štirje tuljavniki.



Slika 17: Voziček s trni

Naslednja faza izdelave tuljave je navijanje. Hkrati se navija osem tuljav, iz tega tudi izhaja ime celotne linije SIPRO 8. Glavni problem pri navijanju se je pojavil, ker imajo tuljave med seboj različno debelino žice in posledično potrebujejo različno zatezno silo žice med navijanjem. Na začetku smo imeli dva različna tipa napenjalcev z različnimi karakteristikami, ki jih ni bilo mogoče elektronsko krmiliti. Hkrati pa za novo tuljavo Solenoid sploh nismo imeli ustreznega napenjalca. S pomočjo dobavitelja iz Italije smo na linijo prigradili novo generacijo elektronskih napenjalcev, ki izhajajo iz tekstilne tehnologije in omogočajo stalen nadzor sile napenjanja in pa minimalno silo pri ovijanju okoli pinov (50-100 cN). Minimalna sila je pomembna zaradi preprečitve deformacije pinov med ovijanjem žice okoli pinov. Čas navijanja je vodilni čas v izdelavi tuljave in v tem času je potrebno opraviti tudi ostale operacije.



Slika 18: Elektronski napenjalci

Po končanem navijanju vozički odpeljejo tuljave na operacijo fluksanja, spajkanja in Ohmske kontrole. Kose iz vozička avtomatsko izpne manipulator. Hkrati se spajka štiri tuljave. Zaradi težav z gostoto fluksa se je na stroj prigradilo sistem, ki z pomočjo areometra stalno nadzira gostoto fluksa.



Slika 19: Nadzorni panel sistema za nadzor gostote fluksa

Pred spajkanjem kosa, se pine še posuši in predgreje, da se zmanjša šok zaradi temperaturne razlike na spajkanju in zmanjša eksplozije fluksa v reakciji z vročo spajko. Posledično je manj nečistoč na tuljavniku po spajkanju. Spajkanje se izvaja selektivno v titanovih »šalčkah«. Nadzor temperature spajke se izvaja na točkah kjer se pine namaka v spajko. Pri starem sistem smo imeli štiri grelce in dva tipala, ki sta temperaturo kontrolirala le v sredini spajkalne banje, kar je pomenilo, da je bila temperatura na krajnih koncih banje nižja in so se tuljave slabše spajkale. Z novim sistemom je temperatura na vseh mestih optimalna.

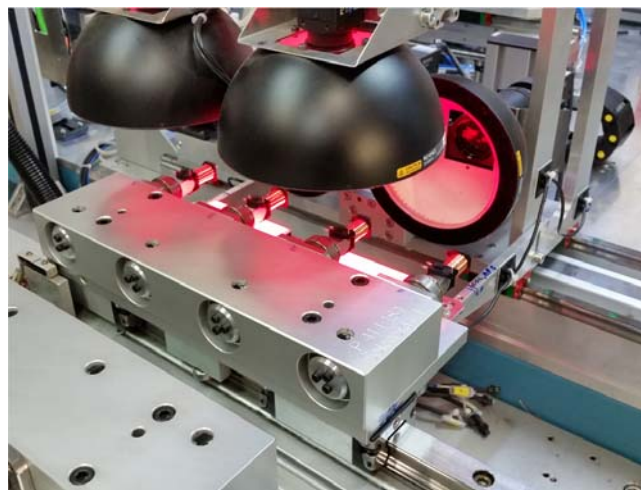


Slika 20: Spajkalni sistem

Ko je tuljava pospajkana, se preveri še Ohmsko upornost. Ohmska kontrola se preveri avtomatsko. Pred kontrolo, se tuljave še ohladi, da se doseže realen rezultat meritev. Sistem omogoča izvoz podatkov o meritvah v MES sistem.

Dobre kose sistem odloži nazaj na voziček, slabe pa izloči.

Kose, ki so bili dobri voziček odpelje na 100% končno kontrolo z avtomatskim vision sistemom Keyence. Sistem je sestavljen iz Easy set up - auto teaching system CV-X 150FP ter dveh kamer CV-200C ter dveh kamer CV-200M. NA kamere so prigrajeni dodatni telecentriki in leče odporne na vibracije. Z dodatno optiko se doseže ustrezen fokus, ki omogoča ustrezno natančnost sistema.

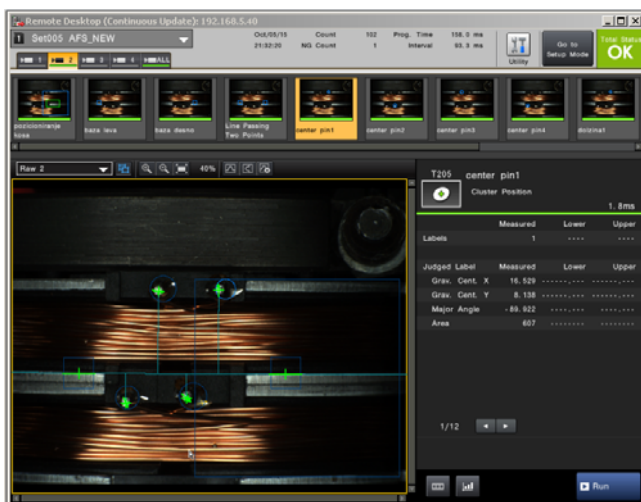


Slika 21: Sistem za končno kontrolo Keyence

Za dušenje – eliminacijo zunanje svetlobe so na sistem prigrajene še rdeče led luči, ki obsvetijo tuljavo iz treh strani in onemogočijo motnje zaradi vplivov zunanje svetlobe. Kontrola se izvaja na dveh tuljavah hkrati. Sistem za kontrolo je nameščen na posebnem vozičku, ki se avtomatsko prestavlja na mesto kontrole.

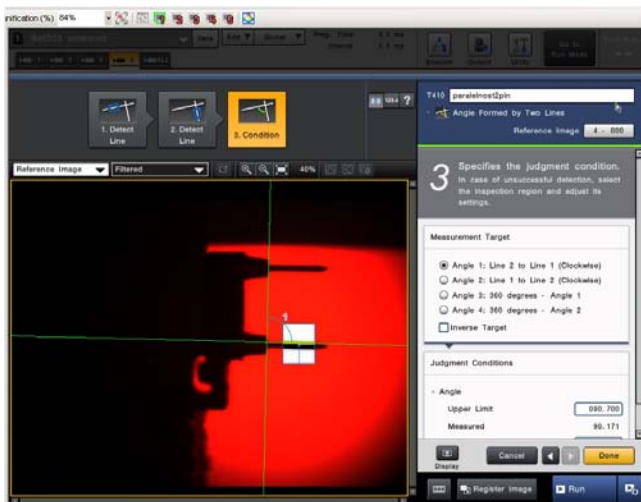
Na tuljavam se kontrolira oziroma meri pozicija in pravokotnost pinov. Za referenco na katero kamera kontrolira pozicijo se je vzelo točko na tuljavniku, ki je najbolj ponovljiva oziroma je že v procesu brizganja tuljave zahtevana najvišja

toleranca. Za merjenje pozicije pinov v x in y smeri se je uporabilo funkcijo Cluster position.



Slika 22: Kontrola pozicije pinov v x in y smeri

Za merjenje pravokotnosti pinov na tuljavi Solenoid je potrebno tuljavnik zasukati za 90°, da lahko kamera posname pozicijo. Za ta namen je izdelana posebna prepozicionirna enota, ki tuljavnike zasuka za 90° nato pa sistem ponovno premakne v pozicijo za kontrolo. Za izvedbo kontrole pravokotnosti pinov se je uporabila funkcija Condition – Angle formed by two lines.



Slika 23: Kontrola pravokotnosti pinov

Pri Tuljavniku Coil se zaradi izredno majhne razdalje med navitjem in spajko med spajkanjem poveča možnost pojava nečistoč (odpadljivih delcev) na navitju, ki lahko kasneje med delovanjem sistema povzročijo zastoj. Pri tem

tuljavniku se z kamero kontrolira tudi nečistoče na navitju z funkcijo Area, kjer meri površino oz. velikost nečistih delcev. Dovoljena velikost nečistih delcev je manjša od 150µm.



Slika 24: Kontrola nečistoč na navitju

Sam sistem je zelo prijazen uporabniku in omogoča kontrolo tudi drugih parametrov kot so višina ovitja pinov ali višina pospajkanosti. S tem sistemom je podjetje Iskra Mehanizmi pridobilo sodoben in od človeka neodvisen merilni sistem, ki zagotavlja ponovljivost meritev neglede od dnevnega počutja ali izmene.

Ko sistem zaključi s kontrolo, javi robotu, da so kosi pripravljeni in jih le ta prenese v paletko za dobre kose oziroma če je kos izločen kot neustrezen na za to predvideno mesto. Za tem ko izpne dobre kose na trne vpne surove kose za navijanje. Izmerjeni podatki se pošilja v MES sistem podjetja kjer se na podlagi rezultatov meri realizacija dobrih kosov ter izmet.

5. ZAKLJUČEK

Z uporabo VSM metode in uvedbo nove robotizirane celice se je indeks časa (pretočni čas) zmanjšal za 800%, indeks obdelave pa se je zmanjšal za 400%. Proizvodnja tuljav v primerjavi s starim načinom dela poteka popolnoma avtomatizirano – robotizirano. Kontrolo in čiščenje so delavke izvajale ročno s pomočjo mikroskopa, kar je pomenilo veliko obremenitev za delavke, hkrati pa je bil to zelo neučinkovit proces odvisen od presoje človeka. Z robotizacijo linije smo pridobili LEAN proizvodnjo tuljav in prešli na PULL sistem

proizvodnje. Z izvedbo projekta robotizacije – optimizacije se je pridobilo dragocene izkušnje pri načrtovanju in uvajanju robotizacije pri ASM, hkrati pa v praksi potrdili učinkovitost načrtovanja procesov po LEAN metodah.