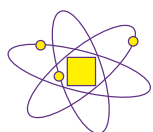
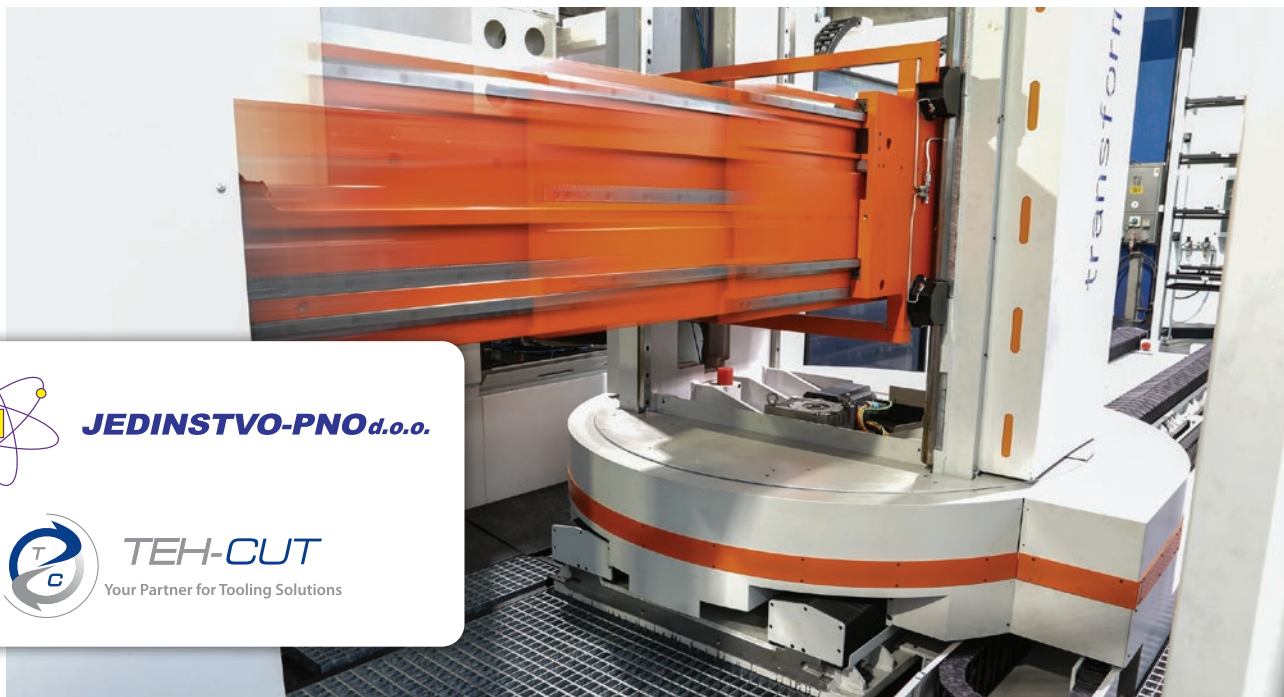




Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj



**JEDINSTVO-PNO d.o.o.**



**TEH-CUT**  
Your Partner for Tooling Solutions

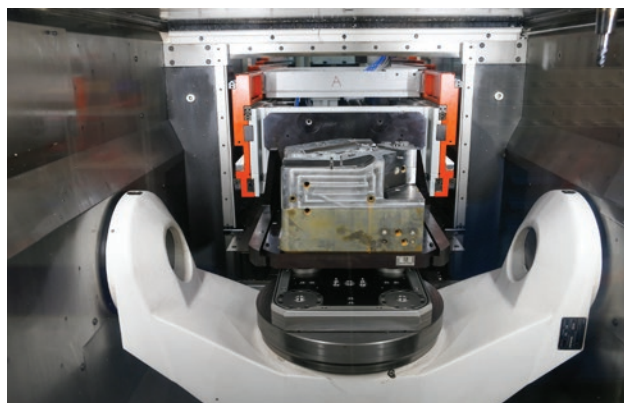
## » Razvoj Hibridnog uređaja FPC 700/1400 – Manipulacija za velike proizvodne mogućnosti

### Razvojni tim JPNO & TC

Razvoj hibridnog uređaja za transport i izmjenu paleta temelji se na ideji objedinjavanja funkcija klasičnog izmjenjivača paleta kod obradnih strojeva te manipulatora i robota koji povezuju različite uređaje i skladišni prostor u složenim proizvodnim sustavima.

Zahtjevi tržišta usmjereni na veliku varijabilnost proizvoda (koje karakteriziraju male serije, male količine zaliha, visoka kvaliteta uz stalan pritisak na cijene) te novi materijali, nove tehnologije obrade, kao i neočekivani unutarnji i vanjski događaji, neminovno dovode do uvođenja novih proizvodnih modela, fleksibilnih i, u novije vrijeme, rekonfigurabilnih proizvodnih sustava.

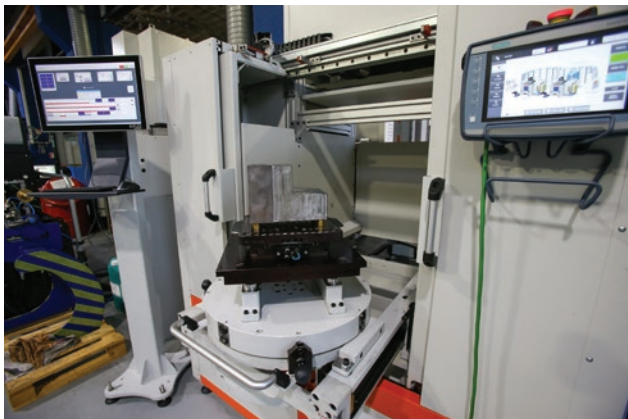
Ovakvi trendovi uzrokuju potrebu kontinuiranog prilagodavanja, a identificiraju se zajedničkom evolucijom različitih karakteristika u proizvodnom sustavu. Čimbenici koji omogućuju promjene moraju biti integrirani u proizvodni sustav kako bi podržali modifikaciju njegove strukture i sposobnost kada je to potrebno.



» Izmjena palete sa obratkom u stroju

**JEDINSTVO - PNO d.o.o. ■ TEH-CUT d.o.o.**  
 ■ Samoborska cesta 145, Zagreb  
 ■ + 385 1 3440 900 ■ [www.teh-cut.hr](http://www.teh-cut.hr)

Jedan od najvećih preokreta na tom području je primjena paletizacije i automatizacije na obradnim sustavima. Operacije rukovanja materijalom u proizvodnim procesima izuzetno su važne jer se više od 95% vremena troši na pripreme radnje, transport i logistiku. Uvođenjem poboljšanja u segmentu mehanizacije i automatizacije moguće je značajno poboljšati učinkovitost proizvodnog sustava, ubrzati proces, poboljšati konzistentnost i predvidljivost, smanjiti operativne troškove te eliminirati ponavljajuće i potencijalno opasne radnje za čovjeka.



» Automatizirana stanica za punjenje i pražnjenje FMS-a

Takav koncept u razmišljanju i pristupu strojnoj obradi pokrenut je u dvije sestrinske firme Jedinstvo – PNO d.o.o. & TEH-CUT d.o.o., u 100%-tnom vlasništvu gospodina Duška Radovića, koje su već 30 godina prisutne na tržištu u proizvodnji specijalnih strojnih komponenti i alatničarstvu. Danas tvrtke nude cjelovita rješenja, od izrade kompleksnih strojnih dijelova, alata za tlačno lijevanje aluminija do integracije digitalnih rješenja namijenjenih automatizaciji proizvodnih sustava i procesa.

Kroz dugogodišnji rad i uviđanje potreba za unapređenjem tehnoloških procesa, od faze paletizacije i automatizacije došlo se do spoznaje da postoji područje u kojem na tržištu nema odgovarajućeg rješenja. U cijeloj lepezi manipulativnih robota, na tržištu nije bilo manipulatora čije će karakteristike u potpunosti zadovoljiti potrebe u proizvodnji kao što su: manipulacija raznovrsnih proizvoda sistemskim paletama do nosivosti od 2 x 700 kg na maksimalnom kraku od 2,5 m tj. 3,6 m od centra rotacije i zahtijevani minimalni manipulativni prostor – promjer rotacije 2,6 m sa uvučenim teleskopskim mehanizmom. To je bio poticaj za pokretanje razvoja hibridnog uređaja FPC 700/1400 koji je bio uobličen kroz razvojni projekt u sektoru istraživanja, razvoja i inovacija, koji je uspješno završen 1. srpnja 2021. godine.



» Izmjena prihvatnih vilica

Cilj predloženog projekta bio je razviti FPC 700/1400 – multifunkcionalni hibridni uređaj za automatizaciju i fleksibilnu proizvodnju strojnih dijelova visoke dodane vrijednosti što predstavlja doprinos porastu konkurentnosti i tranziciji poduzeća u metaloprerađivačkoj industriji prema Industriji 4.0, a utjecati će na: smanjenje troškova, jednostavnije izvedbe obradnih strojeva, povećanje iskoristivosti prostora i opreme, povećanje produktivnosti i fleksibilnosti te poboljšanje uvjeta rada.

Hibridni uređaj FPC 700/1400 predstavlja inovativno rješenje u području industrijske robotike, koje omogućuje izgradnju potpuno automatiziranih i fleksibilnih obradnih ćelija prilagođenih maloserijskoj i individualnoj (pojedinačnoj) proizvodnji strojnih dijelova. Osnovna prednost uređaja FPC 700/1400 leži u njegovoj multifunkcionalnosti te modularnoj strukturi. Multifunkcionalnost se ogleda prije svega u mogućnosti integracije do sada dva potpuno odvojena sustava – manipulacija komadima i izmjena paleta na obradnim centrima. Tako se značajno podiže autonomnost obradnih ćelija sa mogućnošću dogradnje dodatnih regalnih skladišta paleta što otvara mogućnost povezivanja više strojeva u liniju. Ovakav pristup značajno smanjuje troškove proizvodnim tvrtkama koje neće morati posebno nabavljati izmjenjivače paleta za svaki pojedinačni obradni stroj.

Rekonfigurabilnost samog uređaja omogućava promjenu namjene i kapaciteta sa minimalnim hardverskim i softverskim zahtjevima uz pomoć automatske izmjene prihvatnih vilica paleta u tri veličine, što je bitno kod maloserijske i pojedinačne proizvodnje. Ključna komponenta koja povezuje prostor regalnog skladišta sa proizvodnim strojevima je automatizirana stanica za punjenje i pražnjenje sa okretnim stolom, koja omogućuje pripremu i posluživanje paleta sa izraticima u skrivenom vremenu rada strojeva. Takav koncept omogućuje stvaranje kompaktnih proizvodnih ćelija visoke fleksibilnosti i prilagodljivosti procesima uz ekonomičnu pojedinačnu proizvodnju. Time se značajno povećava raspoloživost strojeva sa efektivnih 1800h/god na maksimalnih efektivnih 7000 h/god s obzirom na to da je omogućen neometan rad strojeva u tri smjene. Smanjuju se i potrebni radni sati zaposlenika kao i greške uzrokovane ljudskim faktorom. Automatizacija cijelog sustava, nadalje, podiže preciznost proizvodnje do 97% točnosti iz prve što znači da je većina obradaka, bez obzira na kompleksnost, izrađena u jednom stezanju na sistemskoj paleti. Obradak se bez skidanja sa systemske palete može prebaciti na 3D mjerni stroj ili scanner te po potrebi, ovisno o rezultatu mjerenja, vratiti u sustav na obradu bez opuštanja, sa ponovljivom Nul-točkom. Upravljački softver hibridnog uređaja u suradnji sa ostalim softverima i sučeljima u fleksibilnoj obradnoj ćeliji omogućuje potpunu digitalizaciju proizvodnog procesa, odnosno doprinosi transparentnosti proizvodnje te omogućuje proizvodnim tvrtkama da odgovore na tržišne trendove isporuke prema just-in-time konceptu.

Danas nakon tri godine može se sa ponosom reći da smo uz pomoć sredstava iz EU fondova uspješno u razvoju hibridnog uređaja koji je 100% zadovoljio sve postavljene zahtjeve projekta.

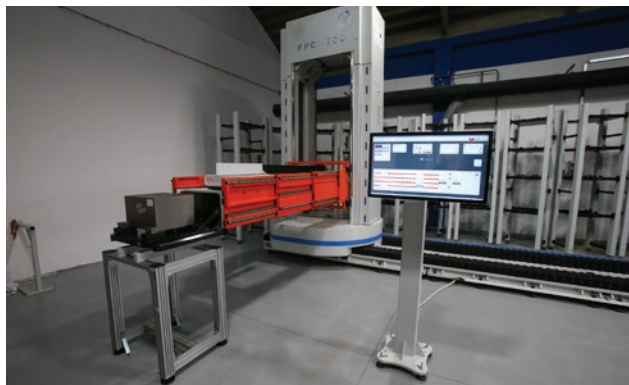
Provedba projekta u njegovom punom obujmu predstavlja novu prekretnicu u poslovanju tvrtki Jedinstvo PNO d.o.o. & Teh-Cut d.o.o. jer je slijedom dobivenih pozitivnih rezultata IRI aktivnosti - razvoja inovativnog proizvoda visokog izvoznog potencijala, ostvarena mogućnost adekvatne komercijalizacije, što predstavlja ključni preduvjeti za održiv rast i razvoj tvrtke.

### Hibridni uređaj i informatičko sučelje

Svrha hibridnog uređaja kao komponente fleksibilnog proizvodnog sustava (eng. Flexible Manufacturing System - FMS) je stvaranje sustava koji će omogućiti autonomnost i prilagodbu proizvodnje različitih veličina obradaka na višeosnim CNC obradnim

centrima sa prihvatom paleta i izradaka do  $D = 800$  mm. Time su stvoreni preduvjeti za brzu reakciju na tržištu i mogućnost proizvodnje tokom 24 sata prvenstveno kompleksnih strojnih dijelova visoke dodane vrijednosti. Optimalnim iskorištenjem strojeva snižavaju se opći troškovi (uzrokovani neproaktivnim vremenima kod manjih serija), poboljšava kvaliteta proizvoda, skraćuje vrijeme proizvodnje i time povećana konkurentnost.

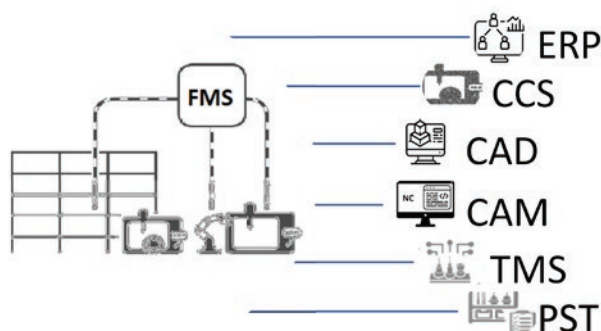
Logički slijed u razvoju fleksibilnog sustava je razvoj ostalih komponenti u sklopu ćelije koji su integrirani u informatički povezanu cjelinu. Primjenom novih tehnologija omogućena je komunikacija i upravljanje svih elemenata u proizvodnom sustavu. Upravljački sustav koordinira radom elemenata proizvodnog sustava koji sudjeluju u procesu manipulacije.



» Maksimalno izvlačenje teleskopa z-osi na dužinu 2,5 m

Upravljački sustavi nude sveobuhvatan asortiman rješenja počevši od detaljnog dinamičkog planiranja i kontrole narudžbi sve do potpuno automatiziranog posluživanja. Kontrolni sustavi su jednostavni za razumijevanje i korištenje te su modularni u svom postavljanju. Procesi organizacije prikazani su na transparentan način i vode korisnike do optimalnog završetka njihovih proizvodnih procesa.

Glavne funkcije su pokretanje transportnih aktivnosti (palete sa izradcima), opskrba upravljačkih uređaja proizvodnim podacima kao i podrška prijenosu podataka od područja predpodešavanja do uporabe reznog alata u stroju. Inteligentni i digitalno umreženi sustavi omogućuju samo-organiziranu proizvodnju. Ljudi, strojevi, manipulativni sustavi i proizvodi međusobno izravno komuniciraju i surađuju putem informatičkih sučelja.



» Platforme i sučelja neophodni za informatičko povezivanje FMS

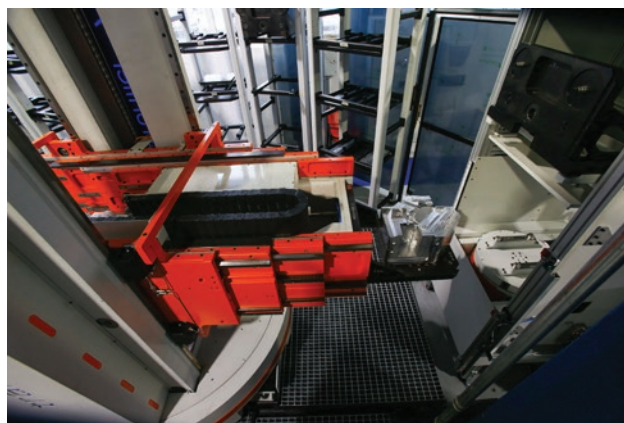
## Upravljanje u sklopu hibridnog uređaja

Hibridni uređaj kao dio automatiziranog FMS-a u mogućnosti je opskrbljivati sirovinom, poluproizvodom ili gotovim proizvodom nekoliko strojeva. Takvi sustavi obično imaju regalna skladišta za spremanje sistemskih paleta sa obratcima i alata,

tako da je rad bez operatera moguć tijekom određenog vremenskog razdoblja.

Resursi potrebni za proizvodnju, poput sirovca, NC programa, steznih naprava i alata, moraju se osigurati na vrijeme i u dovoljnom broju. Kako bi proizvodni fleksibilni sustav mogao nesmetano funkcionirati uz osigurane resurse, potrebno ga je povezati naprednim sučeljima s ERP (eng. Enterprise resource planning), CCS (eng. Cell control system), CAD (eng. Computer aided design), CAM (eng. Computer aided manufacturing), TMS (eng. Tool management system), PST (eng. Pre-setting tool system) sustavima.

ERP sustav omogućuje kontinuiranu obradu narudžbi, uključujući upravljanje zalihama, upravljanje skladištem i kontrolu proizvodnje. Na taj se način može optimalno kontrolirati i pratiti radne procese te postići visoku razinu poštivanja rokova i praćenja troškova. ERP je obostranim sučeljem povezan s CCS sustavom koji je u direktnoj vezi sa FMS te prati stanje operacija u tehnološkom planu za svaku poziciju. CCS sustav upravlja proizvodnim postupkom u FMS sustavu pokretanjem hibridnog FCP 700/1400 uređaja za transport obradaka i paleta. CCS sustav također planira i upravlja alatima, stezanim napravama, koordinira prijenosom planskih, tehnoloških i proizvodnih podataka na strojeve te definira vrijeme početka automatske obrade izradaka.



» Uzimanje palete sa stanice za punjenje i pražnjenje

Kako bi mogao planirati i organizirati alate potrebne za svaku operaciju, CCS sustav mora imati NC program koji je prilagođen njegovom programskom jeziku. NC programi su generirani pomoću post procesora u CAM programima koji imaju dodatno sučelje razumljivo CCS sustavu. Početak programa mora sadržavati listu alata, vrijeme trajanja operacija, vremenski plan korištenja alata, listu strojeva na kojem program može raditi te odgovornu osobu za program. Nakon što CCS sustav izradi detaljni plan proizvodnje unutar FMS sustava, kreira se lista zahtjeva alata koja se preko naprednog sučelja šalje u TMS sustav. Svaka lista alata je vezana za jedan program, koji je opet vezan za jednu operaciju unutar jedne narudžbe.

TMS sustav, nakon što preko sučelja iz CAM-a primi listu potrebnih alata, kreira zahtjev za sastavljanje sklopova alata od različitih komponenti. Kako bi se osigurao kontinuirani tok kreiranja sklopljenih alata, TMS sustav brine o minimalnim količinama komponenti, te njihovom stanju na skladištu. Svaki sklopljeni alat mora imati unikatni naziv koji opisuje taj alat u CCS, CAM, TMS, PST sustavu. Informacije o obliku alata, geometriji alata, režimima obrade i popisom komponenti, TMS sustav šalje pomoću sučelja prema CAM programima. Nakon što su svi alati s liste sklopljeni, TMS sučelje kreira listu alata za mjerenje stvarnih dimenzija alata.

PST sustav od TMS sustava dobiva sve potrebne podatke o



» Prikaz postavljenog hibridnog uređaja, regalnog skladišta paleta, automatske stanice za punjenje

nominalnim vrijednostima alata s liste te prema već prethodno spremljenom programu, izvršava precizno mjerenje alata. Na taj način se provodi kontrola geometrije alata te je ubrzan proces pripreme alata. Sve izmjerene vrijednosti alata s liste alata se preko sučelja šalju u TMS sustav, te su sada povezane sa unikatnim brojem sa osnovnog prihvata.

TMS sustav će izmjerene ključne karakteristike alata i njihove nominalne vrijednosti prebaciti pomoću sučelja u CCS sustav a tek nakon skeniranja QR coda sa osnovnog prihvata prilikom ubacivanja alata u FMS sustav/stroj dat će nalog FMS-u da može pokrenuti obradu pozicije za koju je pripremljen alat prema listi iz CAM-programa. Nakon što je alat unutar FMS-a/stroja može se izmjenjivati među strojevima uz potpuni nadzor nad njegovim vrijednostima i životnim vijekom.

## Zaključak

Nakon tri godine intenzivnog rada na razvoju i implementaciji znanja i vještina stečenih tijekom 30 godina radnog iskustva, rezultiralo je automatiziranim sustavom sastavljenim od: hibridnog uređaja, regalnog skladišta paleta, automatske stanice za punjenje. Zahvaljujući primjeni svih uključenih softvera i sedam sučelja za njihovo povezivanje isti imaju značajnu ulogu u automatizaciji i digitalizaciji koja vodi na putu nove paradigme Industrije 4.0 i masovne prilagodljivosti (eng. mass customization).

Na temelju iskustava stečenih kroz integraciju i primjenu hibridnog uređaja unutar vlastitog proizvodnog sustava, osobito u segmentu autonomnog rada, u mogućnosti smo dizajnirati FMS

za poznatog kupca prema njegovim tehnološkim zahtjevima i specifikacijama obradnih centara.

Tvornica budućnosti oblikuje se već neko vrijeme, koriste se digitalne platforme, ljudi i strojevi koji sudjeluju u svakodnevnim zadacima, a proizvodne tehnologije postaju sve učinkovitije. Istodobno, sve više automatizirani postupci zahtijevaju inovativne koncepte i rješenja u području unutarnje manipulacije i logistike.

Za rad u opisanom okruženju, neophodni su ljudski resursi koji će biti osposobljeni nadzirati složene sustave, uz manji utrošak fizičkog rada. Proizvodnja će biti usmjerena kontinuiranom odvijanju procesa u više smjena uz visoku razinu integracije sustava. Integracija i softver pri tom postaju ključni čimbenici. Da bi sve funkcioniralo optimalno, preostaje osigurati visoku pouzdanost svih čimbenika sustava kao jedan od najvažnijih preduvjeta uspješne automatizacije.

[ Sadržaj publikacije isključiva je odgovornost tvrtke Jedinstvo – Proizvodnja namjenske opreme d.o.o. ]

Ukupna vrijednost projekta je 19.739.099,91 kn,  
a iznos EU potpore je 11.416.992,83 kn

Više informacija o EU fondovima na  
[www.strukturnifondovi.hr](http://www.strukturnifondovi.hr)  
[www.razvoj.gov.hr](http://www.razvoj.gov.hr)