

Projektiranje tehnološkog procesa obrade kalupnog uložka

Rajčić, Branimir

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:565793>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Branimir Rajčić

Zagreb, 2021. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Damir Ciglar
Dr. sc. Miho Klaić

Student:

Branimir Rajčić

Zagreb, 2021. godina.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Damiru Ciglaru i komentoru dr.sc Mihi Klaiću na svojoj stručnoj i ljudskoj pomoći tijekom pisanja diplomskog rada.

Zahvaljujem se Dušku Radoviću, Ivanu Marčekoviću i prijatelju Brunu Predovanu iz Teh-Cut-a na pruženoj prilici i mentorstvu tijekom mog rada tamo.

Posebna zahvala ide mojoj obitelji, mami, tati i dvije sestre koji su uvijek bili uz mene tijekom studiranja.

Na kraju hvala svim mojim prijateljima i kolegama što su mi uljepšali studiranje.

Branimir Rajčić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske radove studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment,
inženjerstvo materijala te mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa: 602-04/21-6/1	
Ur. broj: 15-1703-21	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **BRANIMIR RAJČIĆ** Mat. br.: 0035204212

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projektiranje tehnološkog procesa obrade kalupnog uloška**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of technological process of mold insert manufacturing**

Opis zadatka:

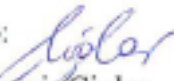
Suvremeno tržište za tehnologiju obrade odvajanjem čestica postavlja sve veće zahtjeve u pogledu složenosti obrade različitih obradivih površina, proizvodnji malih serija visoke kvalitete, velikoj fleksibilnosti proizvodnje kao i obradi novih materijala. U radu je potrebno projektirati kompletan tehnološki proces obrade odabranog kalupnog uloška na Fleksibilnom obradnom sustavu, koristeći okruženje temeljeno na konceptu industrije 4.0.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
30. rujna 2021.

Rok predaje rada:
2. prosinca 2021.

Predviđeni datum obrane:
13. prosinca do 17. prosinca 2021.

Zadatak zadao: 
prof. dr. sc. **Damir Ciglar**

Komentor: 
dr. sc. **Miho Klaić**

Predsjednica Povjerenstva: 
prof. dr. sc. **Biserka Runje**

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	V
POPIS OZNAKA	VI
POPIS KRATICA	VII
SAŽETAK.....	VIII
SUMMARY	IX
1. UVOD.....	1
2. KONSTRUIRANJE POMOĆU RAČUNALA	2
2.1. CAD softver Catia.....	3
3. PLANIRANJE I ORGANIZACIJA PROIZVODNJE	5
3.1. JOBDISPO Softver Suite	5
4. AUTOMATIZACIJA	10
4.1. Fleksibilni proizvodni sustav	11
4.1.1. Hibridni uređaj FPC 700/1400.....	13
4.1.2. Sustav stezanja u nul točki – FCS sustavi.....	18
4.2. Upravljački sustav Soflex	19
4.2.1. Korisničko sučelje upravljačkog centra	23
4.2.2. Korisničko sučelje pogonskog prostora	25
4.2.3. Operacijski plan unutar upravljačkog sustava Soflex	26
5. KONTROLA KVALITETE	30
5.1. Koordinatni mjerni uređaj.....	30
5.2. 3D skeniranje	31
6. PROIZVODNJA POMOĆU RAČUNALA	34
6.1. CAM softver Tebis.....	35
7. UPRAVLJANJE I ORGANIZACIJA REZNIH ALATA	37
7.1. Tool Data Management softver.....	37

7.1.1. TDM baza podataka	38
7.1.2. Vrste TDM modula	39
7.2. Kardex Remstar.....	40
7.2.1. Vertical Lift Module Kardex Remstar	41
7.3. Uređaj za prednamještanje alata Zoller.....	43
8. TEHNOLOŠKI POSTUPAK IZRADE KALUPNOG ULOŠKA	46
9. ZAKLJUČAK.....	70
LITERATURA.....	70
PRILOZI.....	73

POPIS SLIKA

Slika 1.	CAD softver CATIA	3
Slika 2.	Izgled kalupnog uloška u programu CATIA	4
Slika 3.	Drugi pogled na kalupni uložak	4
Slika 4.	JOBDISPO Softver Suite portfolio [3].....	6
Slika 5.	Fauser JOBDISPO operacijski plan	7
Slika 6.	EDI Preuzimanje podataka sa dispozicijom [3]	8
Slika 7.	Prikaz ovisnosti projekata [3].....	9
Slika 8.	Informacije o radniku [3]	9
Slika 9.	Industrija 4.0 [6].....	11
Slika 10.	Platforme i sučelja neophodni za informatičko povezivanje FMS-a [8].....	12
Slika 11.	Automatizirana stanica za punjenje i pražnjenje FMS [9]	14
Slika 12.	Uzimanje paleta sa stanice za punjenje i pražnjenje [9].....	15
Slika 13.	Izmjena prihvatnih vilica manipulatora [9]	16
Slika 14.	Prikaz postavljenog hibridnog uređaja, regalnog skladišta paleta i automatizirane stanice za punjenje [9]	17
Slika 15.	FCS paleta [10].....	18
Slika 16.	Uloga Soflex sustava [11]	19
Slika 17.	Podjela SOFLEX-PCS sustava [12]	20
Slika 18.	Uloga SOFLEX-CCS sustava [11].....	21
Slika 19.	Grafički pregled korisničkog sučelja SOFLEX-PCS	23
Slika 20.	Prikaz upravljanja bazom podataka [12]	24
Slika 21.	Popis steznih položaja [12].....	25
Slika 22.	Korisničko sučelje pogonskog prostora i P800	26
Slika 23.	Soflex operacijski plan	27
Slika 24.	Soflex operacijski plan 2	28
Slika 25.	Koordinatni mjerni uređaj	31
Slika 26.	ATOS Triple Scan i plavo svjetlo	32
Slika 27.	Izgled ATOS 3D digitalizatora.....	33
Slika 28.	Izgled kalupnog uloška u programu TEBIS	35
Slika 29.	Izgled kalupnog uloška u programu TEBIS izbliza	36
Slika 30.	Prikaz sustava za upravljanje reznim alatima.....	37
Slika 31.	TDM softver	38
Slika 32.	TDM Base Module[17]	40
Slika 33.	TDM i Kardex sustav [20].....	41
Slika 34.	Prikaz smjera kretanja dizala unutar modula [21].....	42
Slika 35.	Vertikalni podizni moduli [21].....	43
Slika 36.	Uređaj za prednamještanje alata Zoller	44
Slika 37.	TDM i PST sustav [24]	45
Slika 38.	Obradak kalupnog uloška nakon termičke obrade	46
Slika 39.	Tehnološki postupak obrade.....	48
Slika 40.	Druga stranica tehnološkog postupka obrade.....	49
Slika 41.	Treća stranica tehnološkog postupka obrade.....	50
Slika 42.	Stezanje obratka magnetom.....	51
Slika 43.	Fina obrada donje strane obratka i izrada provrta na H toleranciju	52
Slika 44.	Fina obrada gornje strane obratka	53
Slika 45.	5D vertikalna glodalica Mikron HPM 1350U	54
Slika 46.	Mikron Mill P 800 UD stroj za strojnu obradu	55
Slika 47.	Kalupni uložak nakon strojne obrade	56

Slika 48.	Kalupni uložak na set up stationu.....	57
Slika 49.	Vertikalni podizni modul Kardex.....	58
Slika 50.	Uređaj za prednamještanje alata Zoller.....	59
Slika 51.	2D barkod alata.....	60
Slika 52.	Magazin alata stroja Mikron Mill P800 UD.....	61
Slika 53.	Hibridni uređaj FPC 700/1400 i stražnja vrata stroja Mikron Mill P800 UD.....	62
Slika 54.	EDM Wire Fanuc Alpha 1i E.....	63
Slika 55.	Proces obrade kalupnog uložka.....	64
Slika 56.	Izgled kalupnog uložka bez dielektrične tekućine.....	65
Slika 57.	Izgled kalupnog uložka dok dielektrična tekućina istječe.....	66
Slika 58.	EDM Form P900 stroj.....	67
Slika 59.	Usporedba 3D skena s 3D modelom.....	68
Slika 60.	Drugi pogled na usporedbu 3D skena s 3D modelom.....	69

POPIS TABLICA

Tablica 1. Prikaz razina autorizacije zaposlenika u Soflexu [12] 22
Tablica 2. Proizvodnja na paletama [12]..... 26
Tablica 3. Proizvodnja obratka stezanjem na stroju [12] 26

POPIS OZNAKA

Oznaka	Mjerna jedinica	Opis oznake
<i>l</i>	m	Duljina
<i>m</i>	kg	Masa

POPIS KRATICA

Kratika	Opis
CAD	<i>Computer Aided Design</i> – konstruiranje pomoću računala
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i> – proizvodnja pomoću računala
CCS	<i>Cell Control System</i> – sustav za kontrolu ćelija
CMM	<i>Coordinate Measuring Machine</i> – koordinatni mjerni uređaj
CNC	<i>Computer Numerical Control</i> – računalno numeričko upravljanje
DBMS	<i>Database Management System</i> – sustav za upravljanje bazama podataka
EAI	<i>Enterprise Application Integration</i> – integracija poslovnih aplikacija
EDI	<i>Electronic Data Interchange</i> - elektronička izmjena podataka
EDM	<i>Electrical Discharge Machining</i> – strojna obrada erodiranjem
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> – planiranje resursa poduzeća
FMS	<i>Flexible Manufacturing System</i> – fleksibilni proizvodni sustav
HSK	<i>Hohlschaftkegel</i> – šuplji konusni držač
IIoT	<i>Industrial Internet of Things</i> – industrijski Internet stvari
MCS	<i>Machine Control System</i> – sustav za kontrolu strojeva
MDC	<i>Machine Data Collection</i> – prikupljanje podataka o stroju
MES	<i>Manufacturing Execution System</i> – sustav izvođenja proizvodnje
OCS	<i>Order Control System</i> - sustav za kontrolu narudžbi
PCS	<i>Production Control Software</i> – softver za kontrolu proizvodnje
PLM	<i>Product Lifecycle Management</i> – menadžment životnog ciklusa proizvoda
PST	<i>Pre-setting Tool System</i> – sustav za prednamještanje alata
SQL	<i>Standard Query Language</i> – strukturni upitni jezik
TDM	<i>Tool Data Management</i> - upravljanje podacima alata
TMS	<i>Tool Management System</i> – sustav upravljanja alatima
VLM	<i>Vertical Lift Module</i> – vertikalni podizni modul

SAŽETAK

Tema ovog diplomskog rada je projektiranje tehnološkog procesa obrade kalupnog uloška. Opisat će se cijeli proces proizvodnje uloška od dolaska sirovca u tvrtku do isporuke kupcu. Za početak će se opisati proizvodni izazovi te kako se uz pomoć industrije 4.0 nositi sa njima. Također će se nešto reći o tvrtci Teh-Cut d.o.o. i što ono proizvodi.

Nakon toga će se opisati CAD program CATIA i kako doprinosi kreaciji, dizajniranju i optimiziranju proizvoda. Treće poglavlje govori o važnosti planiranja i organizacije proizvodnje i kako nam ERP sustav pomaže u tom procesu. Dalje ide najvažniji dio ovog diplomskog rada a to je automatizacija. Objasniti će se što je to fleksibilni proizvodni sustav i industrija 4.0 i što je potrebno za njihovo ostvarivanje. Naglasak će biti na upravljačkom sustavu SOFLEX koji upravlja procesom i povezuje različite proizvodne sustave. Peto poglavlje opisuje kako se radi kontrola kvalitete u tvrtci na primjeru kalupnog uloška. Dalje slijedi opis CAM programa Tebis i utjecaj CAM sustava na proizvodnju i njegova integracija sa CAD sustavom. Nakon toga slijedi sedmo poglavlje koje se odnosi na sustave za upravljanje i organizaciju reznih alata. Ispričat će se kako softveri za upravljanje alatima skraćuju potrebno pripremno vrijeme alata i njihovu integraciju sa skladišnim sustavima i strojevima za prednamještanje alata.

Za kraj će se opisati proces automatizacije izrade kalupnog uloška i što je sve trebalo biti zadovoljeno za izradu.

Ključne riječi: automatizacija, Industrija 4.0, SOFLEX, ERP

SUMMARY

The topic of this thesis is the design of the technological process of a molding insert. The whole process of insert production from the arrival of the raw material in the company to the delivery of finished product to the customer will be described. To begin with, production challenges will be described and how to deal with them with the help of Industry 4.0. Furthermore, the company Teh-Cut d.o.o. will be described and what it produces.

After that, the CAD program CATIA will be described and how it contributes to the creation, design and optimization of products. The third chapter talks about the importance of planning and organizing production and how the ERP system helps us in this process. Next comes the most important part of this thesis and that is automation. It will be explained what a flexible manufacturing system and what is Industry 4.0 and what is needed to make them happen. The emphasis will be on the SOFLEX control system, which manages the process and connects the various production systems. The fifth chapter describes how quality control is done in the company on the example of a mold insert. The following chapter is a description of the Tebis CAM program and the impact of the CAM system on production and its integration with the CAD system. This is followed by the seventh chapter, which deals with the systems for managing and organizing cutting tools. It will be told how tool management software shortens the required tool preparation time and their integration with storage systems and presetting machines.

Finally, the process of automating the production and what had to be satisfied for the production of the mold insert will be described.

Key words: automatisisation, Industry 4.0, SOFLEX, ERP

1. UVOD

Proizvodna industrija je jedna od najvažnijih čimbenika u gospodarstvu države i životnom standardu njenih građana. U sadašnje vrijeme industrija proizvodnje se susreće sa sve više zahtjeva kao što su veća produktivnost, kraći rokovi isporuke, održivost, smanjenje gubitaka i povećana kvaliteta proizvoda. Industrija 4.0 predstavlja novi pogled na proizvodnju koja treba odgovoriti na izazove koji su pred nama. Naglasak industrije 4.0 je na digitalnoj tehnologiji koja bi uz pomoć interneta stvari trebala omogućiti veću povezanost, pristup podacima u stvarnom vremenu i uvođenje kibernetičkih sustava. Jedan od koncepata industrije 4.0 zasniva se na proizvodnji pomoću fleksibilnog obradnog sustava. Fleksibilni proizvodni sustav je proizvodna metoda koja je sposobna vrlo brzo se prilagoditi na zahtjeve u tipu i količini proizvoda koji se proizvode. Fleksibilni proizvodni sustav poboljšava učinkovitost i smanjuje tvrtkine proizvodne troškove. U ovom diplomskom radu će se opisati uloga fleksibilnog proizvodnog sustava SOFLEX kojeg koristi tvrtka Teh-Cut d.o.o. i način na koji upravlja proizvodnim pogonom. Naglasiti će se njegova uloga poveznice između sustava za planiranje kao što je ERP, CAD i CAM i sustava za proizvodnju kao što su skladišni sustavi, sustavi za prednamještanje alata i obradni strojevi.

Teh-Cut d.o.o. proizvodi specijalne alate za tlačni lijev aluminija, injekcijsko prešanje polimera te alate za oblikovanje kompozita. Također se ponekad u proizvodnom programu pronadu i neke vanjske usluge specijalne strojne obrade za druge tvrtke. Teh-Cut osim toga započinje snažan razvoj robotiziranih obradnih ćelija i robotiziranog automatskog magazina alata. Ti procesi se odvijaju u suradnji s ostalim tvrtkama kao što su švicarski GF ili portugalski CHETO. Teh-Cut koristi mnoge alate Waltera i Seca. Za obavljanje poslova glodanja, Teh-Cut raspolaže sa oko 3000 sklopova alata za glodanje te oko 2000 sklopova za operacije bušenja. Alati za tokarenje se također koriste u tvrtci, ali zbog vrste obrada koje se obavljaju njih je mnogo manje. Najviše alata koji su stvoreni pomoću sustava za upravljanje alatima TDM su pohranjeni u CAM sustavu Tebis. Ovu bazu podataka tehnolog mora osobno unijeti u hyperMILL CAM sustav što znači da se taj proces ne obavlja automatski kao što je slučaj sa Tebisom.

2. KONSTRUIRANJE POMOĆU RAČUNALA

Konstruiranje pomoću računala (eng. Computer Aided Design CAD) označava korištenje računala kao pomoć pri kreaciji, dizajniranju, modifikaciji, optimizaciji i analizi proizvoda. CAD računalnim sustavom se poboljšava kvaliteta dizajna, omogućava komuniciranje putem tehničke dokumentacije i stvara baza podataka za proizvodnju. On omogućava brz razvoj novog ili usavršavanje postojećeg proizvoda. Imati takav sustav je ključno za brzo lansiranje proizvoda na tržište i njegov tržišni uspjeh i u konačnici uspjeh i brzi rast tvrtke. CAD se najviše koristi u industrijama kao što su brodogradnja, automobilska industrija i zrakoplovna industrija. Razvoj CAD sustava je započeo sredinom 1960-ih godina i uskoro je pokazao velike prednosti u odnosu na tadašnje tradicionalne inženjerske metode. Na njemu su se ujedinile dotad odvojene inženjerske prakse kao što je automatsko generiranje sastavnice i inženjerski izračuni što je omogućilo spajanje inženjerskih uloga. CAD sustav je jedan od dijelova digitalnog razvoja proizvoda unutar životnog ciklusa proizvoda (eng. *Product Lifecycle Management* PLM). Koristi se zajedno s proizvodima poput analize konačnih elemenata što je primjer inženjerskog izračuna i proizvodnje pomoću računala (CAM).

U počecima CAD sustava njihov softver je pisan programskim jezicima kao što je FORTRAN a s razvojem objektno orijentiranih programskih jezika to se promijenilo. CAD sustavi trenutno postoje za sve velike platforme (Windows, Linux, Mac OS X). Poznati komercijalni programi su CATIA, AutoCAD, Creo, SolidWorks itd. Također postoje open-source CAD programi odlični za početnike kao što su FreeCAD i LibreCAD.

CAD jezgra (kernel) je osnova svake CAD programske aplikacije. Jezgra se koristi za manipulaciju i opis geometrijskih entiteta. U svijetu su trenutno najviše korištene tri jezgre a to su ACIS (Spatial/Dassault Systems), Parasolid (Unigraphics/Siemens) i Granite (PTC). Jezgra je kompjuterski program koji se nalazi u srži operacijskog sustava i kontrolira sve u sustavu. U kernelu je određena matematička definicija geometrijskih entiteta koja određuje način njihove pohrane i manipulacije [1].

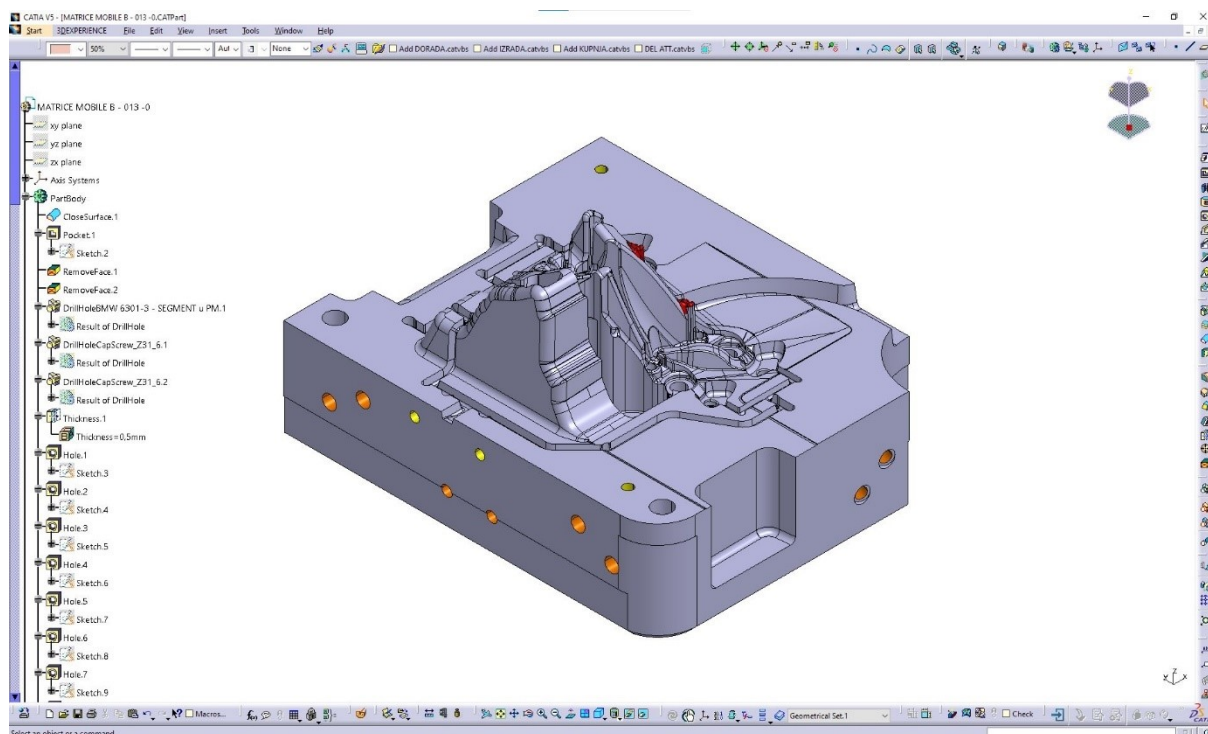
Funkcionalnosti CAD jezgre su:

- Opisivanje geometrijskih oblika (točka, linija, vektor, kružnica, konus, ravnina)
- Pozicioniranje geometrije u prostoru ili ravnini na osnovu koordinatnih osi i sustava
- Definiranje geometrijske transformacije (translacija, rotacija, simetrija)
- Rješavanje jednačbi i matematičkih algoritama

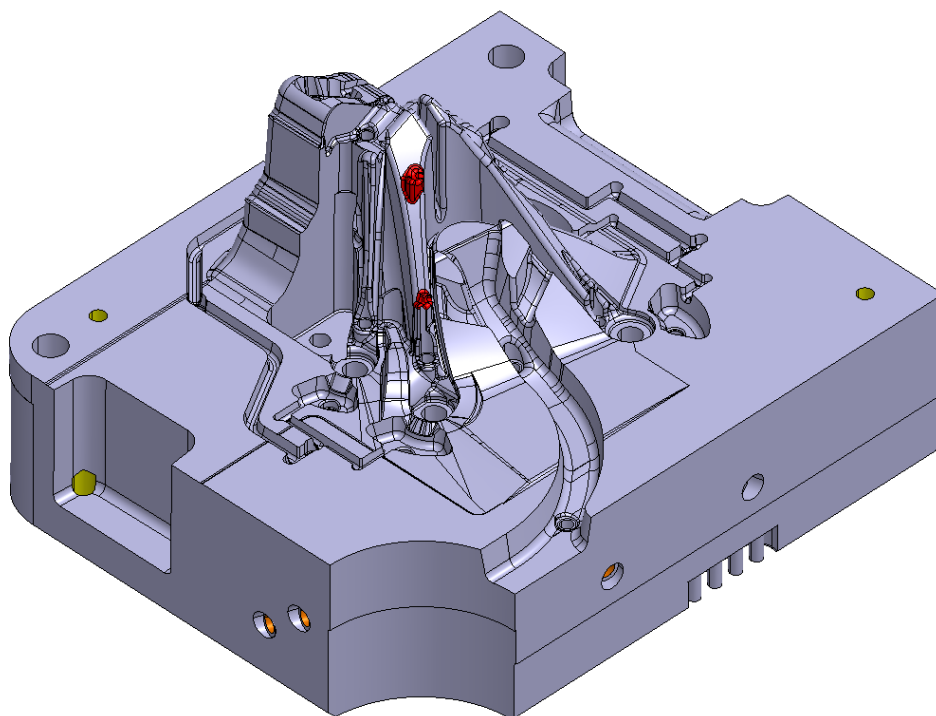
- Osnovne operacije sa vektorima i matricama
- 2D i 3D geometrija
- Zapisivanje primitivnih tipova podataka i upravljanje memorijom
- Korištenje sweep, Boolean operacija, blend, chamfer, fillet, draft, offset, thickening i drugih

2.1. CAD softver Catia

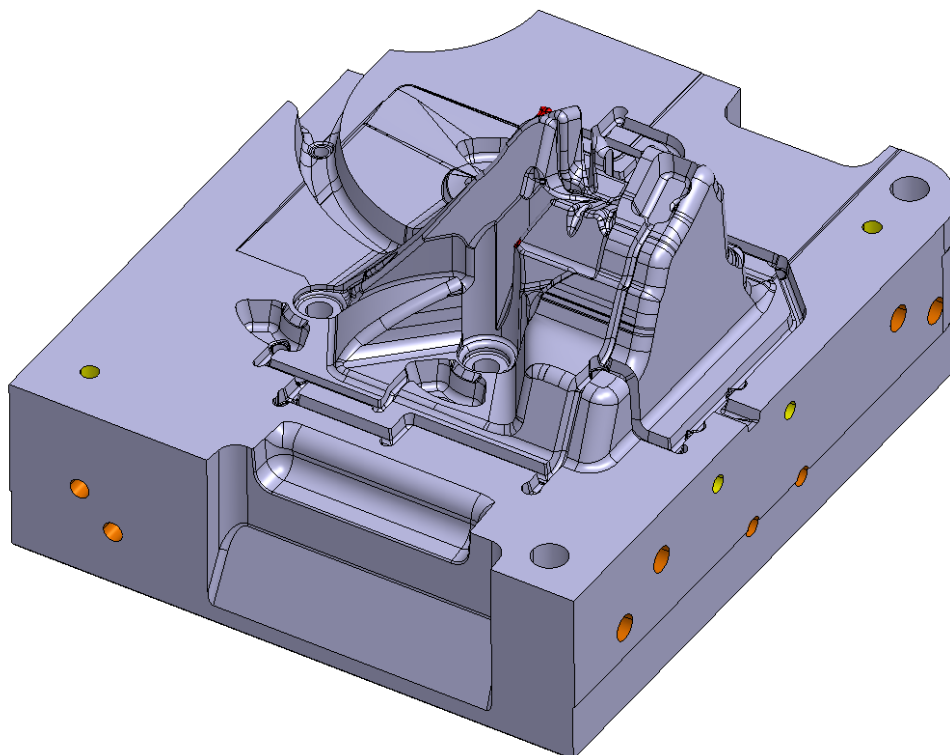
CATIA je akronim za Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application. Stvorila ga je francuska tvrtka Dassault Systemes za razvoj borbenog zrakoplova Mirage. CATIA je svjetski lider u industrijama kao što su zrakoplovna, automobilska, ali ima primjenu i u ostalim strojarskim industrijama. Ona obuhvaća različite softverske programe poput CAD-a, CAM-a, CAE-a i PLM-a koji dijele slično sučelje i lako međusobno razmjenjuju podatke. Zbog toga se često smatra CAx softverom. Upravo to je njena velika prednost jer se može veoma jednostavno prijeći iz jednog modula u drugi. Ta karakteristika omogućuje veliku fleksibilnost u radu. Slika 1 prikazuje CAD softver CATIA, a Slike 2 i 3 daju prikaz izratka crtanog u programu CATIA.



Slika 1. CAD softver CATIA



Slika 2. Izgled kalupnog uložka u programu CATIA



Slika 3. Drugi pogled na kalupni uložak

3. PLANIRANJE I ORGANIZACIJA PROIZVODNJE

Planiranje proizvodnje je proces razdiobe resursa u svrhu zadovoljenja zahtjeva kupca. Resursi koji se raspodjeljuju mogu biti zaposlenici, materijal i proizvodni kapacitet. Može se proizvoditi individualne, serijske, masovne i kontinuirane proizvode. Planiranje i organizacija proizvodnje u tvrtkama se provodi pomoću ERP sustava (eng. *Enterprise Resource Planning* ERP). ERP je informacijski i poslovni sustav koji omogućava evidentiranje i analizu svih poslovnih događaja. ERP upravlja podacima iz iste baza podataka koji se dijele između raznih odjela kao što su proizvodnja, prodaja, računovodstvo itd. Na ovaj način protok podataka između odjela postaje brži i automatiziraniji čime se štedi na vremenu. U većini tvrtki informacijski sustavi su rascjepkani i nepovezani stoga ih je problem povezati. Često se podaci spremaju u različitim formatima što samo otežava taj zadatak.

3.1. JOBDISPO Softver Suite

Programska podrška za praćenje proizvodnje JOBDISPO Softver Suite je modularni računalni program osmišljen za praćenje proizvodnje, prikazano na Slika 4. Stvorila ga je njemačka tvrtka Fauser AG. Njegova mogućnost za brzo procesiranje narudžbi, precizno planiranje proizvodnje, registriranje podataka strojeva i pogona omogućava tvrtci veći uspjeh kroz faktore kao što su fleksibilnost, brzina, efikasnost i transparentnost. Jobdispo ima veoma jednostavnu modularnu arhitekturu i može se integrirati u samim počecima poslovanja. Moduli se konfiguriraju prema potrebama neovisno je li riječ o maloj tvrtci ili velikom koncernu. Sastoji se od četiri modela koji se mogu fleksibilno kombinirati. Prema [2] ti moduli su:

- JOBDISPO ERP (eng. *Enterprise Resource Planning*) - omogućuje jednostavno procesiranje radnih naloga, omogućuje visok stupanj ispunjavanja rokova za tvrtke srednje veličine
- JOBDISPO MES (eng. *Manufacturing Execution System*) - grafički sustav planiranja koji služi za upravljanje proizvodnjom u stvarnom vremenu. Upravlja brojem sati, optimizira i regulira proizvodnju, te automatski terminira narudžbe
- JOBDISPO MDC (eng. *Machine Data Collection*) - obuhvaća podatke iz proizvodnje te kontrolira stvarno utrošeno vrijeme strojeva pri samoj pripremi ili na radnim mjestima. Nudi analizu po narudžbama, djelatnicima ili radnim mjestima

- JOBDISPO EAI (eng. *Enterprise Application Integration*) - slobodni konfigurirajući alat za integraciju u već postojeće strukture za elektronsku obradu podataka kao što je ERP sustav. Također omogućava analizu vremena i osiguravanje kvalitete CAD/CAM.a. Ima automatiziranu razmjenu podataka i u potpunosti je prilagodljiv zamislama i potrebama klijenata [3].



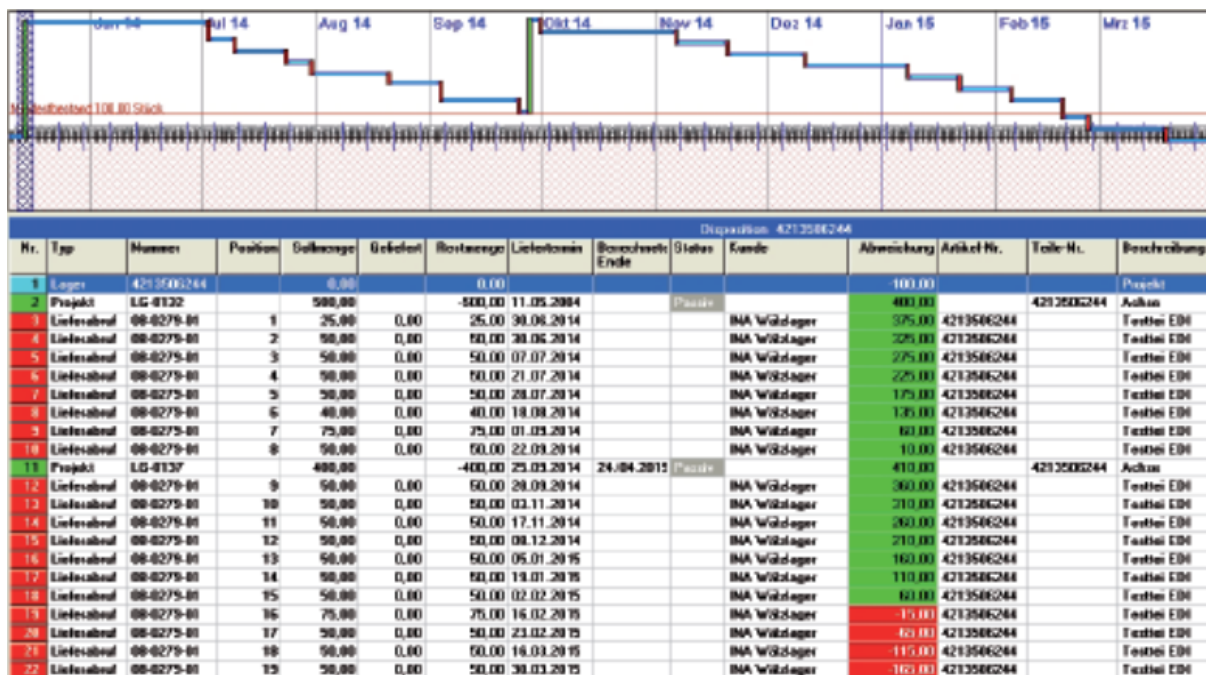
Slika 4. JOBDISPO Softver Suite portfolio [3]

JOBDISPO ERP sustav je jednostavan za upravljanje za tvrtke srednje veličine do 400 radnika fokusiranih na samu proizvodnju. Zbog toga je idealan za tvrtku kao što je Teh-Cut. Jobdispo ERP pomaže proizvođačima alata, strojeva i dijelova da besprijevano procesuiraju naloge i poštuju rokove isporuke u visokom postotku. JOBDISPO operacijski plan prikazuje Slika 5.

The screenshot displays the Fauser JOBDISPO software interface. At the top, there is a menu bar with options like 'Cancel', 'Save', 'Address', 'Calculations', 'Info Project', 'External NC', 'Range of pl.', 'Project Info', 'Filter', 'Additional It.', 'Status', and 'DR Display'. Below the menu bar is a toolbar with icons for various functions. The main workspace is divided into several panes. On the left, there is a tree view showing a production order structure for 'PPV BRUZE 1 Bazel'. The tree view includes a list of operations (e.g., 1 10 [110 CAM_7_1M4] CAM, 2 20 [104 Mikron HPM 1350U] S11, etc.) and components (e.g., 1 10 [110 CAM_7_1M4] CAM, 2 20 [104 Mikron HPM 1350U] S11, etc.). The right pane shows detailed information for a selected component, including 'Part No.', 'Drawing No.', 'Customer Item', 'Customer Order No.', 'Other info', 'Customer Date', 'Material', and 'Specification'. The bottom of the interface contains a 'Management' section with fields for 'Article No.', 'Info article', 'Management price', and 'Cust. Ord. date'. There are also checkboxes for 'Overlapping' and 'Additional conditions'.

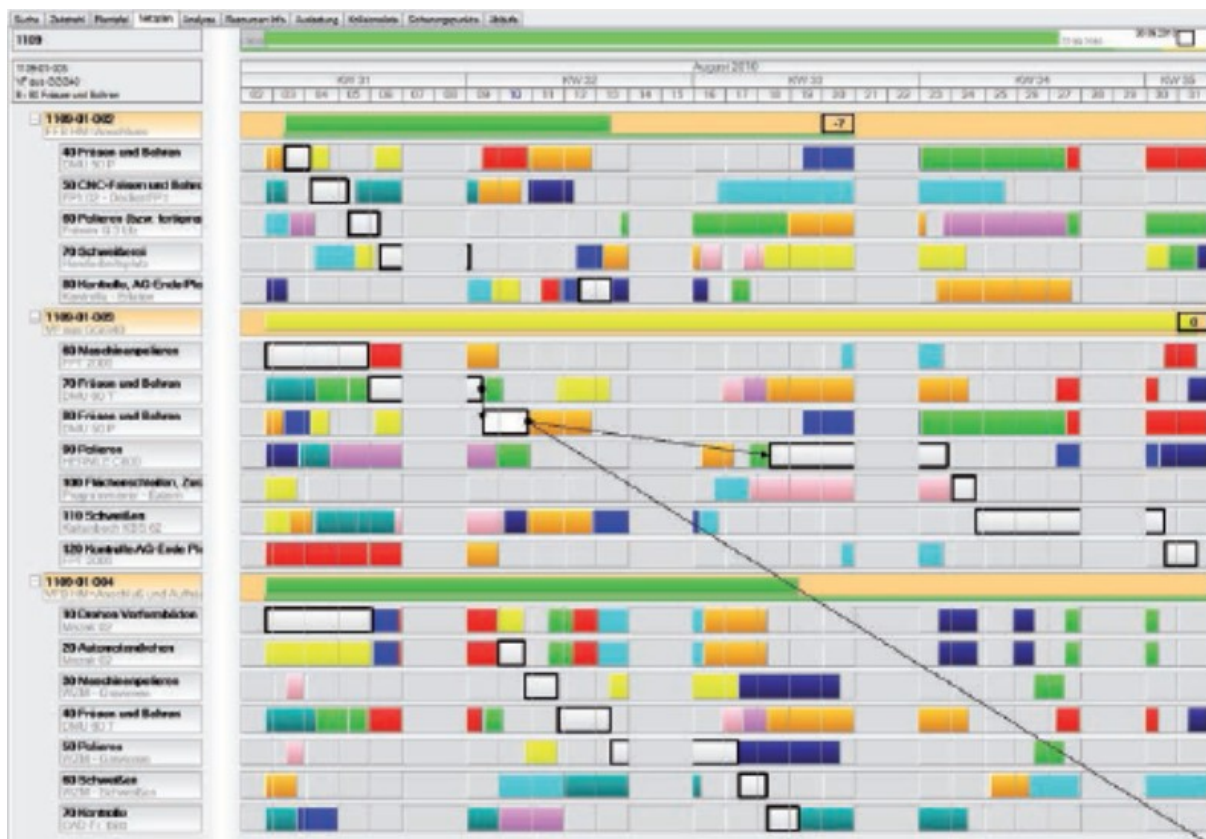
Slika 5. Fauser JOBDISPO operacijski plan

Različite branše zahtijevaju različite alate. Svaki segment poslovanja zahtijeva pojedinačne funkcije. Jobdispo sustav s obzirom na modularnost se vrlo lako prilagođava različitim industrijama. Nalozi i računi se mogu razmjenjivati s klijentima putem EDI-a (eng. *Electronic Data Interchange*). Prilagođeno sučelje prijevremeno ukazuje na slučajne nedostatke i nepokrića, Slika 6. Materijalima i dodatnim artiklima se može direktno pristupiti u narudžbi. Ovi artikli se mogu automatizirano naručiti dodatnim ponudama koje se odnose na isti projekt.



Slika 6. EDI Preuzimanje podataka sa dispozicijom [3]

JOBDISPO MES je fleksibilni sustav za praćenje proizvodnje. Njegove grafičke tablice služe za planiranje kapaciteta u stvarnom vremenu. On upravlja manjkom i viškom sati i optimizira raspored proizvodnje. Ovaj sustav se može koristiti samostalno ili integrirati u postojeći ERP sustav. JOBDISPO MES prikazuje Slika 7.



Slika 7. Prikaz ovisnosti projekata [3]

JOBDISPO MDC obuhvaća realno utrošeno vrijeme na strojevima ili pripremi te nudi analize na osnovi naloga, djelatnika i radnog mjesta. Ovaj modul nudi činjenično stanje prikazano brojevima. Na Slici 8 su prikazane informacije o radniku, dobivene iz sustava.



Slika 8. Informacije o radniku [3]

4. AUTOMATIZACIJA

Korijeni automatizacije potječu od prve industrijske revolucije kada je parni stroj počeo zamjenjivati ručnu proizvodnju. Uvođenjem parnog stroja i drugih vrsta strojeva u proces proizvodnje razvila se potreba za sustavima automatskog upravljanja kao što je reguliranje temperature i tlaka.

Automatizacija je upravljanje strojevima, procesima ili sustavima smanjivanjem potrebe za ljudskim utjecajem. Automatizacija se postiže međusobnim povezivanjem mehaničkih, hidrauličkih, pneumatskih, električnih, elektronskih i računalnih uređaja. Primjer jednog od najosnovnijih tipova automatske kontrole je regulacijski krug. Prema [4], automatizacijom se povećava proizvodnost, smanjuju troškovi proizvodnje i povećava kvaliteta proizvoda.

Razvoj automatizacije je direktno povezan s industrijom 4.0. Industrija 4.0 je proces automatizacije tradicionalnih industrijskih metoda korištenjem novih, modernih i pametnih tehnologija kao što su Big data, strojno učenje i industrijski internet stvari, Slika 9. Industrijski internet stvari (eng. *Industrial Internet of Things* IIoT) je integracija različitih fizičkih objekata putem interneta kroz virtualnu prezentaciju. Poboljšanom komunikacijom među objektima poboljšavaju se i unapređuju proizvodni procesi te se stvara pametniji, sigurniji i napredniji proizvodni sustav.

Prema [5] postoje četiri principa ključna za Industriju 4.0 a to su:

- međusobno povezivanje - sposobnost strojeva, uređaja, senzora i ljudi da se povežu i komuniciraju putem interneta
- transparentnost informacija - pruža operaterima detaljne informacije na temelju kojih mogu donositi odluke
- tehnička podrška - sposobnost sustava da pomaže ljudima u donošenju odluka i pomaganju u napornim ili nesigurnim zadacima
- decentralizirano donošenje odluka - sposobnost sustava da samostalno donose odluke tj. da se ponašaju što je autonomnije moguće



Slika 9. Industrija 4.0 [6]

4.1. Fleksibilni proizvodni sustav

Fleksibilni proizvodni sustav (eng. *Flexible Manufacturing System FMS*) je proizvodna metoda koja je dizajnirana da se što lakše prilagodi na tip i količinu proizvoda koji se proizvode.

Obilježja suvremenih proizvodnih sustava prema [7] su:

- Visok stupanj iskorištenja radnog vremena
- Autonoman rad u tri smjene, uključujući vikende i praznike
- Velika fleksibilnost
- Mogućnost brze reakcije na zahtjeve suvremenog tržišta
- Smanjenje proizvodnih troškova
- Održavanje kvalitete proizvoda uz minimalan otpad

Industrijski fleksibilni proizvodni sustav obično se sastoji od robota, strojeva upravljanih računalom, CNC (eng. *Computer Numerical Control CNC*) strojeva, mjernih uređaja, računala

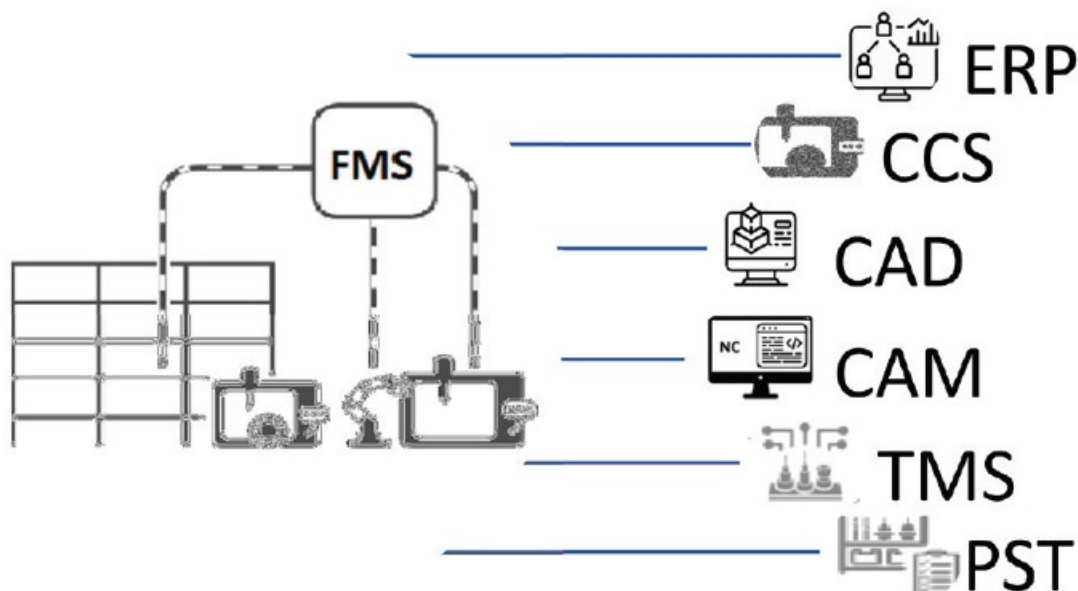
i senzora. Korištenje robota u proizvodnim industrijama omogućuje proizvodnju koja može biti orijentirana na visoku iskoristivost ili veliku produktivnost.

Prednosti fleksibilnog proizvodnog sustava prema [8] su:

- povećana produktivnost
- povećana učinkovitost strojeva
- poboljšana kvaliteta proizvoda
- povećana pouzdanost sustava
- prilagodljivost CAD/CAM operacijama
- poboljšanja učinkovitost
- kraća vremena isporuke

Nedostaci fleksibilnog proizvodnog sustava su:

- veliki inicijalni trošak
- zahtjeva planiranje unaprijed
- potreba za visokoobrazovanim radnicima
- održavanje je komplicirano



Slika 10. Platforme i sučelja neophodni za informatičko povezivanje FMS-a [8]

Za ispravno i nesmetano funkcioniranje fleksibilnog sustava potrebno ga je povezati sa 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*) i PST (eng. *Pre-setting Tool*) sustavima, Slika 10. ERP sustav omogućuje kontinuiranu obradu narudžbi što uključuje kontrolu zaliha, upravljanje skladištem i kontrolu proizvodnje. ERP je povezan s CCS sustavom koji prati stanje operacija u tehnološkom planu za svaku poziciju. CCS upravlja proizvodnim postupkom pokretanjem hibridnog stroja i uređaja za transport obradaka i paleta. Također planira upravljanje alatima, steznim napravama, koordinira prijenos planskih, proizvodnih i tehnoloških podataka na stroj i za kraj definira početak obrade. CCS sustav mora imati potreban NC (eng. *Numerical Control* NC) program za svaku operaciju. Nakon što se kreira lista proizvodnje unutar FMS sustava, šalje se lista zahtjeva alata u TMS sustav. TMS sustav prima listu zahtjeva na temelju kojih se kreira zahtjev za sastavljanje sklopova alata od različitih komponenti. TMS ujedno brine o minimalnim količinama komponenti i njihovom stanju u skladištu. Svaki sklopljeni alat mora imati unikatni naziv koji ga opisuje i taj naziv se nalazi u CCS, CAM, TMS i PST sustavu. Informacije koje ti sustavi imaju o alatu uključuju geometriju alata, režime obrade i popise komponenti i TMS sustav ih šalje CAM programima. Nakon svega toga potrebno je mjeriti stvarne dimenzije alata za što je zadužen PST sustav. PST sustav dobiva nominalne vrijednosti od TMS sustava i izvršava precizno mjerenje alata. Na taj način se provodi kontrola geometrije i ubrzan je proces pripreme alata. TMS sustav će izmjerene ključne vrijednosti prebaciti u CCS sustav a tek nakon što se skenira potrebni QR kod prilikom ubacivanja alata u stroj dat će se nalog za obradu pozicije za koju je pripremljen alat iz CAM programa. Za rad u ovako složenom okruženju potrebni su ljudski resursi koji će nadzirati složene sustave uz smanjenu količinu fizičkog rada [9].

4.1.1. Hibridni uređaj FPC 700/1400

Razvoj hibridnog uređaja je započeo s ciljem objedinjavanja klasičnog izmjenjivača paleta kod obradnih strojeva i manipulatora koji povezuje različite uređaje i skladišni prostor u složenim proizvodnim sustavima. Brojke 700 i 1400 u njegovom imenu označavaju nosivost od 700 kg u jednom griperu tj. nosivost od 1400 kg u oba gripera u isto vrijeme. Kupci sve više od proizvođača zahtijevaju veliku raznolikost proizvoda i visoku prilagodljivost. Proizvođači moraju biti spremni proizvoditi male serije proizvoda visoke kvalitete, imati male količine zaliha, koristiti nove materijale, nove tehnologije i biti spremni uvesti nove proizvodne modele u svoje organizacije. Jedan od trendova koji omogućavaju promjene na području proizvodnje je primjena paletizacije i automatizacije na obradnim sustavima. S obzirom da se na rukovanje materijalom kao što su pripremne radnje, transport i logistika troši 95% vremena u proizvodnji

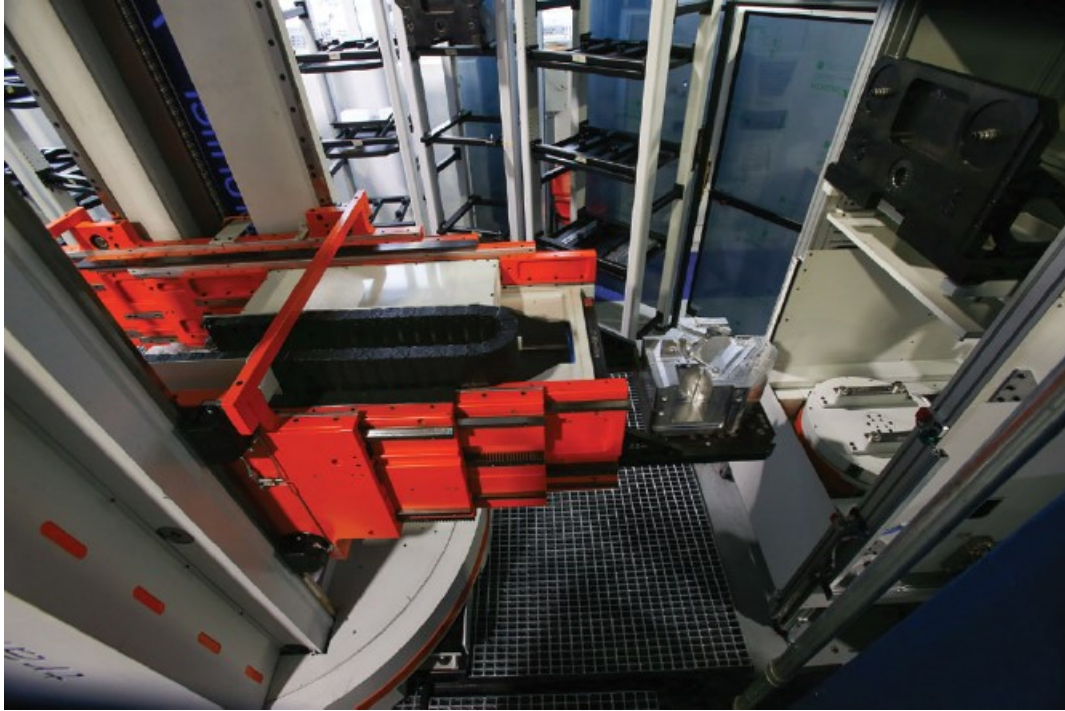
ubrzavanjem tog procesa značajno se poboljšava učinkovitost proizvodnog procesa. S obzirom da na tržištu nije bilo manipulatora koji će zadovoljiti uvjete potrebne Teh-Cut-u to je bio poticaj za razvoj hibridnog uređaja FPC 700/1400. Hibridni uređaj FPC 700/1400 je važan korak u tranziciji prema Industriji 4.0. On predstavlja inovativno rješenje u području industrijske robotike koje omogućava potpuno automatizirane i fleksibilne obradne ćelije. Velika prednost FPC 700/1400 je u njegovoj multifunkcionalnosti i modularnoj strukturi. Multifunkcionalnost mu omogućuje integraciju dva potpuno odvojena sustava a to su manipulacija obradcima i zamjena paleta na obradnim centrima. Na taj način se podiže autonomnost obradnih ćelija i stvara mogućnost povezivanja više strojeva u liniju. Također, smanjuju se i troškovi jer se neće trebati nabavljati izmjenjivači paleta za svaki pojedinačni obradni stroj. Ključna komponenta sustava koja povezuje skladište sa proizvodnim strojevima je automatizirana stanica za punjenje i pražnjenje (*setup station*) sa okretnim stolom, Slika 11. Automatizirana stanica omogućava pripremu paleta sa izratcima u skrivenom vremenu stroja koja se vidi na slici 11 [9].



Slika 11. Automatizirana stanica za punjenje i pražnjenje FMS [9]

Taj sustav omogućava stvaranje proizvodnih ćelija visoke fleksibilnosti i prilagodljivosti. Radno vrijeme stroja se na taj način povećava sa 1800 sati godišnje i dvije smjene na 7000 sati

godišnje u tri smjene. Također se podiže preciznost proizvodnje obradaka. Naime, obradak se može prebaciti na 3D mjerni stroj bez skidanja sa palete te vratiti u sustav na obradu bez otpuštanja s palete i s ponovljivom nul-točkom. Slika 12 prikazuje manipulator koji uzima palete sa stanice za punjenje i pražnjenje.



Slika 12. Uzimanje paleta sa stanice za punjenje i pražnjenje [9]

Manipulator ima mogućnost manipuliranja raznovrsnih proizvoda na paletama nosivosti od 2 x 700 kg na maksimalnom kraku od 2,5 tj. 3,6 m od centra rotacije. Slika 13 prikazuje manipulator i izmjenu prihvatnih vilica za različite dimenzije paleta.



Slika 13. Izmjena prihvatnih vilica manipulatora [9]

Razvoj fleksibilnih proizvodnih sustava ide u smjeru omogućavanja komunikacije i upravljanja svih elemenata u proizvodnom sustavu. Upravljački sustavi nude rješenja koja obuhvaćaju dinamično planiranje i kontrole narudžbi do potpuno automatiziranog posluživanja.

Hibridni uređaj FPC 700/1400 je u mogućnosti opskrbljivati nekoliko strojeva potrebnim sirovinama, poluproizvodima ili gotovim proizvodima. Ovakav sustav, Slika 14, ima regalna skladišta tako da je rad bez operatera moguć tijekom određenog vremenskog razdoblja. Resursi za obradu, stezne naprave, alati i NC programi se moraju osigurati na vrijeme.



Slika 14. Prikaz postavljenog hibridnog uređaja, regalnog skladišta paleta i automatizirane stanice za punjenje [9]

Operacijski plan unutar obradne ćelije govori hibridnom uređaju i stroju što su njihovi zadaci (operacije) prilikom izrade obradaka unutar ćelije. Prva operacija uvijek kreće od povezivanja (stezanja) obratka na steznu paletu. Nakon što se potvrdi na setup stationu (stanica za punjenje i pražnjenje) da je spreman, hibridni uređaj dobiva naredbu od CCS sustava da napravi transport obratka na paleti unutar ćelije. Ako je u tome trenutku stroj zauzet hibridni uređaj će napraviti spremanje obratka u regalno skladište i čekati da svi uvjeti za iduću operaciju budu zadovoljeni. Pri tome vodi brigu o planu izrade pozicija.

Uvjeti koji moraju biti zadovoljeni su:

- Postojanje NC programa
- Sklopljeni i izmjereni rezni alati
- Slobodan stroj

U trenutku kada su svi uvjeti zadovoljeni hibridni uređaj će dobiti naredbu od CCS upravljačkog sustava da napravi transport u slobodan odgovarajući stroj. Nakon toga slijedi obrada na tome stroju. Ostale aktivnosti unutar ćelije ovise o operacijskom planu te će na osnovu njega hibridni uređaj dobivati naredbe za ostale aktivnosti.

4.1.2. Sustav stezanja u nul točki – FCS sustavi

FCS je internacionalna tvrtka koja razvija rješenja za poboljšanje proizvodnih procesa i oni se primjenjuju u raznim područjima. U procesu obrade kalupnog uložka koristi se njihov sustav za stezanje obratka u nul točki. Sustav stezanja u nul točki (eng. *Zero point clamping system*) je sustav koji omogućava da obradak tijekom cijelog procesa proizvodnje bude učvršćen na paleti. Sustav stezanja u nul točku drastično skraćuje pripremno vrijeme i povećava kapacitet stroja. Prednosti FCS sustava za stezanje, prema [10], su sljedeće:

- Smanjenje vremena za postavljanje obratka
- Lakši radni pristup
- Fleksibilnost
- Stalne nul točke
- Pouzdanost

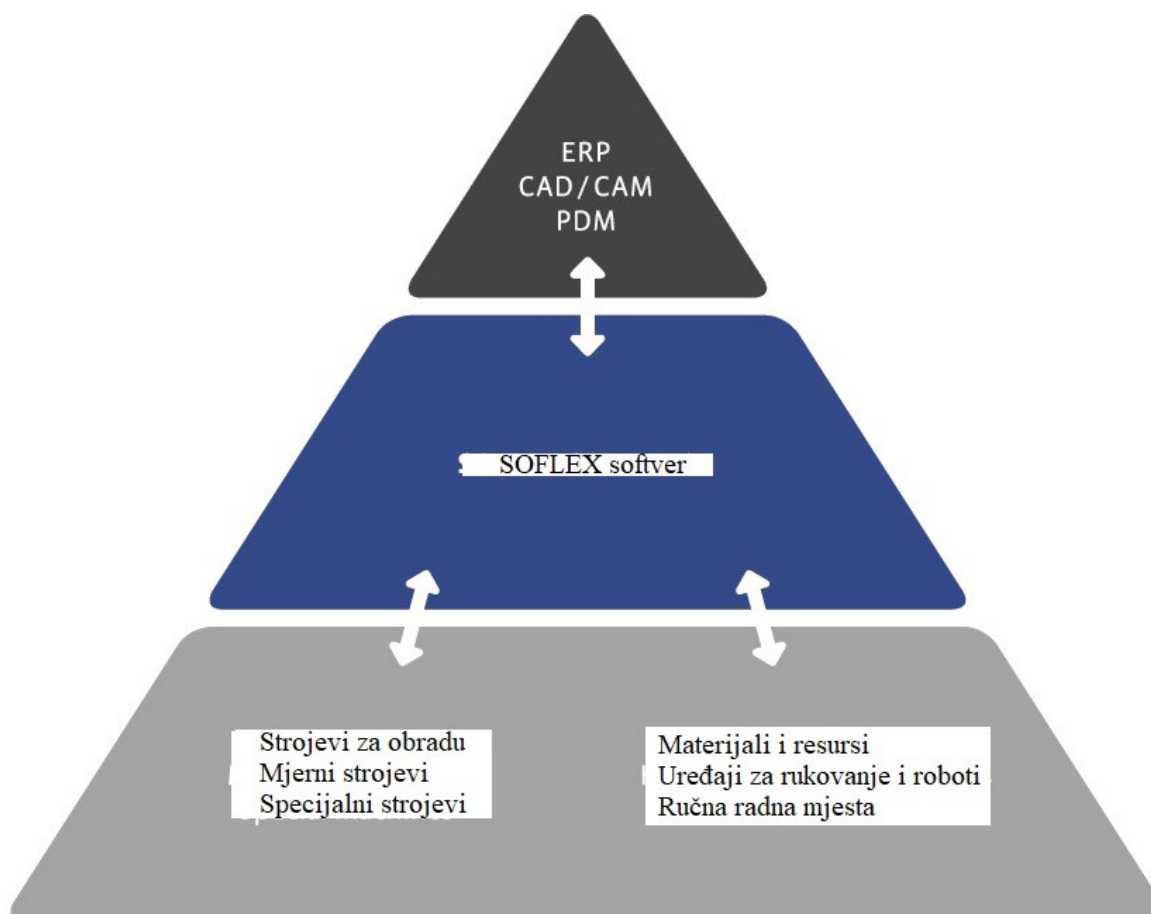
Sustav stezanja u nul točki je ključan u automatizaciji proizvodnje. Sirovac se pričvrsti na paletu i na toj paleti prijeđe cijeli proizvodni proces počevši od sirovog komada do strojne i elektroerozijske obrade, toplinske obrade i kontrole kvalitete. Obradak je tijekom cijelog procesa obrade pričvršćen na paletu. To znači da njegova nul točka ostaje nepromijenjena kroz cijeli proces. Obradak na paleti se vrlo brzo, uz pomoć operatera i dizalice, pričvrsti na stol stroja i obradak je spreman za obradu bez mjerenja lokacije nul točke, Slika 15.



Slika 15. FCS paleta [10]

4.2. Upravljački sustav Soflex

Soflex upravljački sustav je neovisan i neutralan. On je veza između automatizacije, operatera, umreženih strojeva i ostalih sustava, Slika 16. Kao središnja upravljačka točka unutar fleksibilnog proizvodnog sustava Soflex osigurava visoko produktivan rad. On organizira, kontrolira i vizualizira proizvodne pogone različitih proizvođača. To znači da neovisno o proizvođaču stroja, Soflex sustavi pružaju dosljedan rad, podudarne proizvodne strategije, i identična sučelja za organizacijsko-tehničke sustave operativnog planiranja. Proizvodni pogoni opremljeni sa Soflex upravljačkim sustavom neprestano osiguravaju maksimalnu produktivnost.



Slika 16. Uloga Soflex sustava [11]

Osnovne funkcije Soflex upravljačkog sustava prema literaturi [11] su:

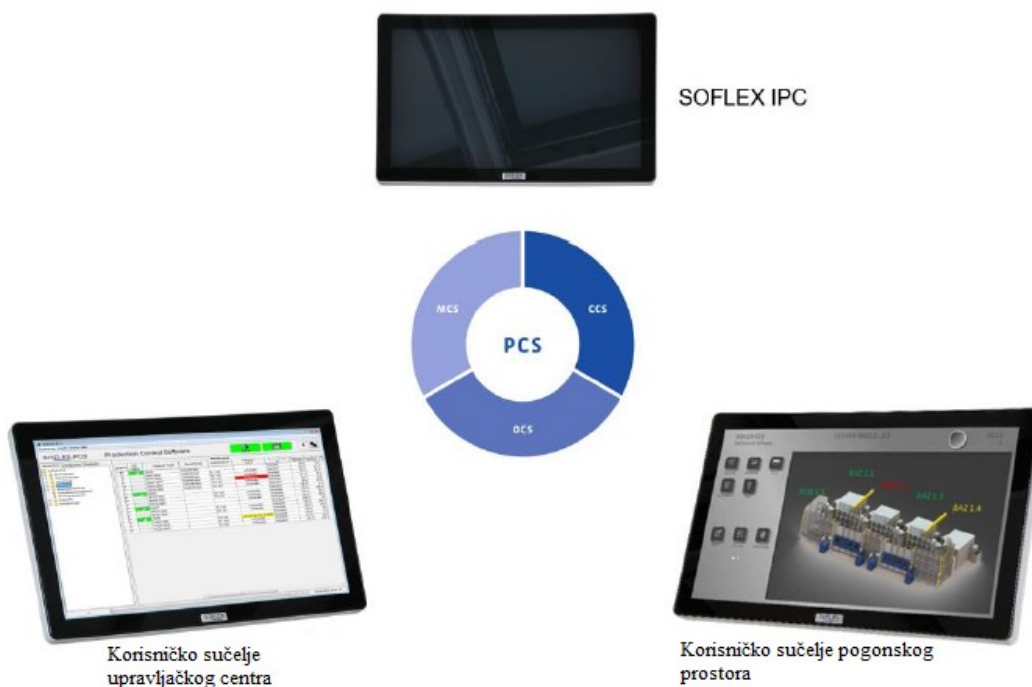
- Detaljno planiranje i kontrola narudžbi

- Kontrola procesa za automatizirane proizvodne ćelije
- Davanje proizvodnih podataka
- Organizacija opskrbe resursima
- Prikupljanje podataka o strojevima i proizvodnji

SOFLEX- PCS (eng. *Production Control Software*) raspon proizvoda, Slika 17, uključuje:

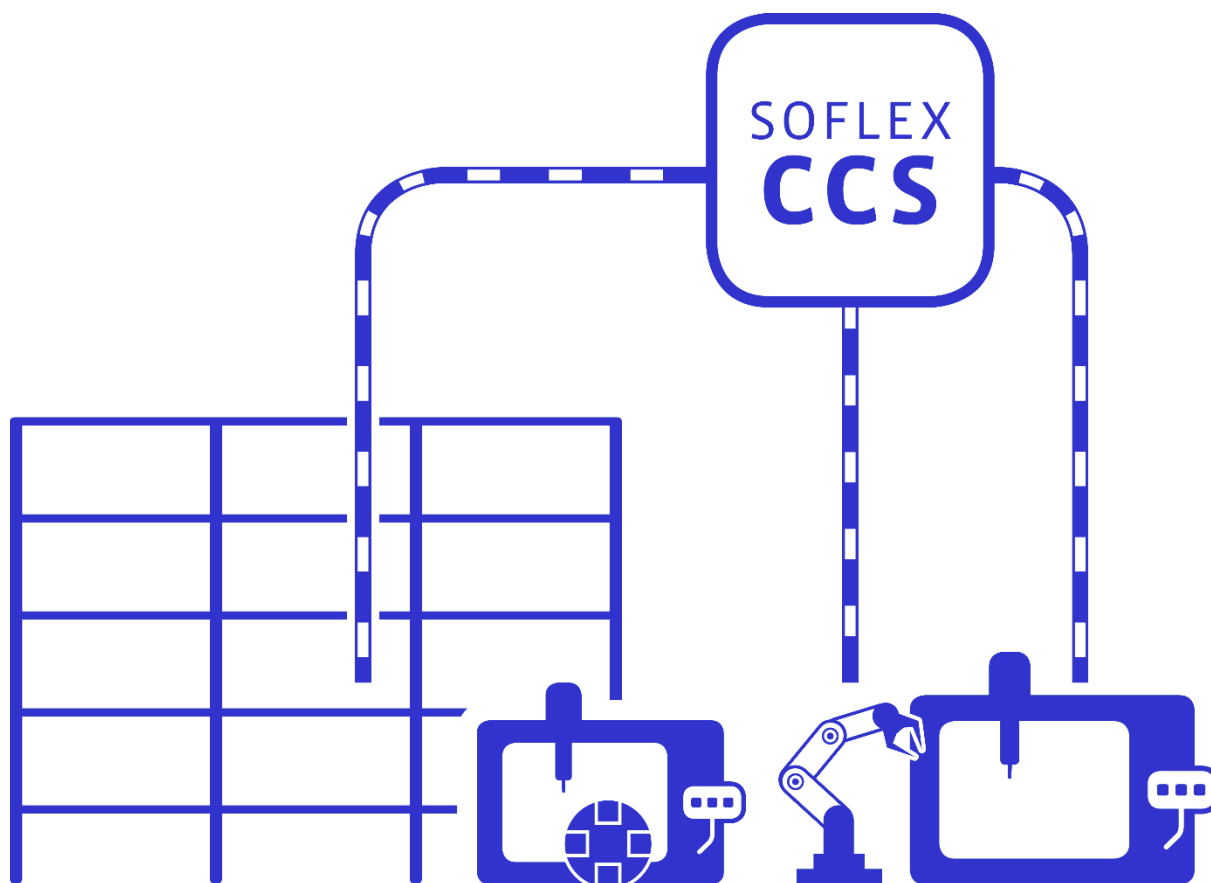
- SOFLEX-CCS (eng. *Cell Control System*) služi za kontrolu i organizaciju automatiziranih proizvodnih pogona
- SOFLEX-MCS (eng. *Machine Control System*) služi za automatizirane individualne strojeve
- SOFLEX-OCS (eng. *Order Control System*) pruža potporu za organizaciju neautomatiziranih strojeva

SOFLEX-PCS proizvodi imaju zajedničku jezgru. Mogućnost modularnog širenja tih sustava stvara upravljački sustav koji ilustrira proizvodni proces i sa njim upravlja, vizualizira ga i organizira.



Slika 17. Podjela SOFLEX-PCS sustava [12]

Automatizirani proizvodni pogoni omogućavaju neprekidnu proizvodnju sa velikom produktivnosti. Ključne značajke ovih pogona su odvajanje operatera od proizvodnog procesa u smjenama s radnicima kao i automatizirani procesi za obradu izratka i osiguravanje resursa. Cilj je velika proizvodnost malih serija s velikom raznolikosti proizvoda. SOFLEX-CCS upravlja proizvodnim procesom u automatiziranim proizvodnim pogonima tako da pokreće transport obradaka, paleta, alata, prenosi proizvodne podatke u strojeve i automatski pokreće strojeve, Slika 18. Ima mogućnost upravljanja raznim vrstama pogona kao što su obradni centri sa rukovanjem obratka/paleta do upravljanja kompleksnih proizvodnih sustava sa različitim strojevima. Osim toga SOFLEX-CCS planira proizvodne slijedove, simulira tijekom proizvodnje, izračunava potrebne resurse i bilježi proizvodne procese.



Slika 18. Uloga SOFLEX-CCS sustava [11]

Kvalitetno iskorištavanje ostvarenih investicija ključan je čimbenik u borbi za smanjenje vremena isporuke i smanjenje troškova. To znači da osim tehničkih prednosti koje nove investicije osiguravaju mora se uzeti u obzir i njihova organizacija da bi se u potpunosti iskoristile njihove kompetitivne prednosti. SOFLEX-MCS je veza između proizvodnih strojeva

i tvrtkinih administrativnih sustava kao što su ERP, CAD/CAM i proizvodni planovi za strojeve. Automatizirana podatkovna sučelja su postavljena tako da prenose proizvodne naloge, NC programe, tehničke crteže, podatke o alatima, upute i ostale informacije ključne za proizvodnju. Ove informacije su na raspolaganju svakom pojedinačnom stroju. Operatora se oslobađa zamarajućeg i sklonog pogreškama ručnog unosa podataka tako da može biti koncentriran na svoje primarne zadatke. SOFLEX-MCS se ponaša kao središnja točka informacija pomoću kojih se izvršava obrada na strojevima. Rezultat toga je povećana iskoristivost strojeva.

Planiranje narudžbi u proizvodnji sa velikom raznolikosti proizvoda sa malim serijama je veoma izazovan zadatak. Uvjeti se stalno mijenjaju a to se može dogoditi zbog zastoja stroja, nedostupnosti radnika ili manjka materijala i resursa. SOFLEX-OCS planira i upravlja redoslijedom obrada na pojedinačnim radnim stanicama. Ima mogućnost optimiziranja i organizacije kompliciranih proizvodnih procesa. Eliminirana su vremena mirovanja i smanjena su vremena isporuke [11].

Početak rada u Soflexu je moguć samo nakon što se korisnik logira u sustav. Svaki korisnik ima različite razine autorizacije koje mu omogućuju da pokreće funkcije prikladne njegovim zadacima što prikazuje Tablica 1 [12].

Tablica 1. Prikaz razina autorizacije zaposlenika u Soflexu [12]

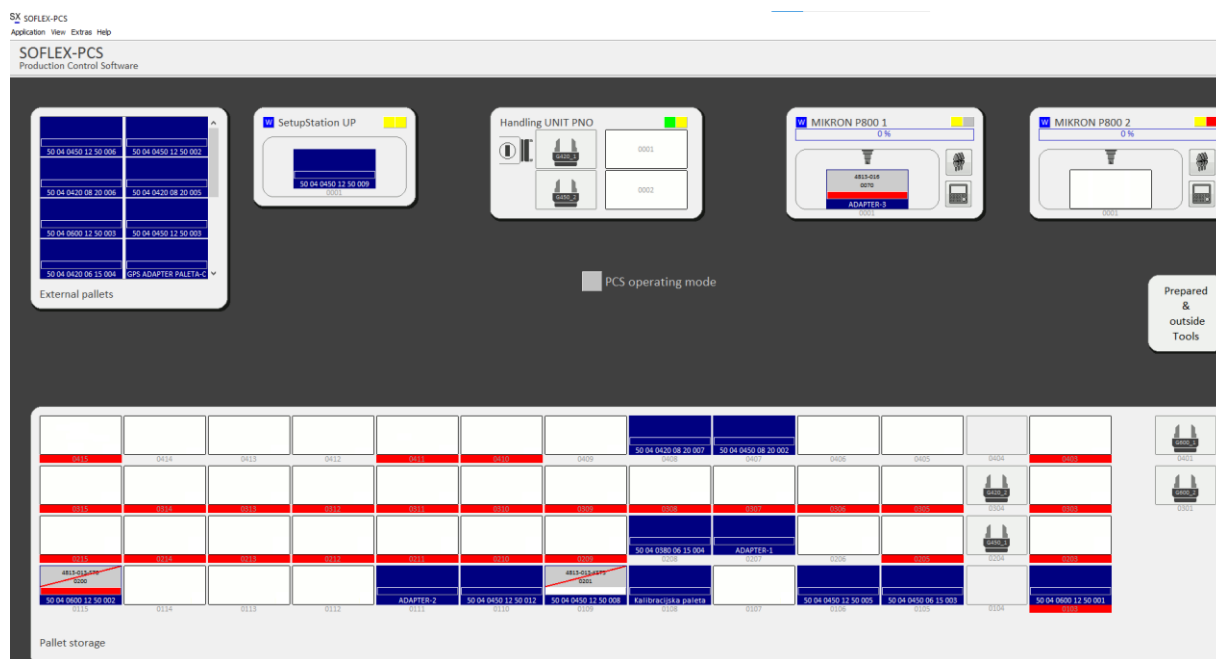
Korisnička grupa	Objašnjenje	Korisnik (zadano isporukom)
Praćenje	Ova grupa može samo vidjeti informacije i podatke	1
Operacija	Grupa za operatera u postrojenju	3
Priprema rada	Autorizacija za planera rada. Sadrži dozvole za rukovanje radnim planovima, NC programima, TDM-om i uređajima za stezanje	5
Postavljanje	Grupa koja ima najviše dozvoli u sustavu. Puštaju u rad u proizvodnom pogonu.	7
Administracija	Autorizacija za administrativne zadatke u upravljačkom sustavu.	8

Rješavanje kvarova	Grupa koja dozvoljava specijalne funkcije potrebne za rješavanje kvarova	9
--------------------	--	---

SOFLEX-PCS se dijeli na dva sučelja. To su korisničko sučelje upravljačkog centra i korisničko sučelje pogonskog prostora.

4.2.1. Korisničko sučelje upravljačkog centra

Korisničko sučelje upravljačkog centra se pretežno koristi za organizaciju rada, ocjenjivanje proizvodnih procesa i administracije SOFLEX-PCSa. Ono je podijeljeno na grafički pregled i upravljanje podacima. Grafički pregled pruža prikaz cijelog proizvodnog pogona, Slika 19 dok upravljanje podacima pruža prikaz baze podataka u SOFLEX-PCSu što se vidi na Slici 20.



Slika 19. Grafički pregled korisničkog sučelja SOFLEX-PCS

The screenshot shows the SOFLEX-PCS Production Control Software interface. It features a left-hand navigation menu with categories like 'SOFLEX-PCS', 'Anforderung (Auftrag)', 'Produktion', 'Zustellung', and 'Auswertungen'. The main window displays a detailed table of production programs (NC-Programme). The table includes columns for 'generell', 'Ver-fugbar', 'Programm', 'Bezeichnung', 'Laufzeit', 'ext. Version', 'rs. Version', 'Größe', 'Verhalten-programm', 'ext. Bezeichnung', 'Gruppe', 'letzte Änderung', 'Ersteller', 'Status 3', and 'Melkurst'. The status column shows various states like 'Startet', 'Fertig', and 'Beendet'. The interface also includes a top status bar and a taskbar at the bottom with the date '14.08.2017 15:38:02'.

Slika 20. Prikaz upravljanja bazom podataka [12]

SOFLEX-PCS stvara proizvodne naloge iz sačuvanih operacijskih planova. Operacijski plan opisuje potrebne korake koje obradak prolazi. To je preduvjet za automatski proizvodni proces. Stvaranje proizvodnog naloga se odvija u *Sequence of production orders* tehničkom listu koji ih sortira po prioritetima. Za daljnju obradu potrebno je odrediti na kojoj poziciji će se operacija na obratku izvoditi. Ta procedura se naziva *Assign production order*. Popis prikazuje sve moguće stezne položaje na koje se proizvodni nalog može dodijeliti, slika 21. Stezni položaji se dijele na temelju potrebnog truda za promjenu. Stezni uređaj određen u operacijskom planu proizvodnog naloga se uspoređuje sa steznim uređajem na poziciji i na temelju toga se određuje koja operacija ima prioritet. U slučaju da se proizvodni nalog sastoji od više slijedova, slijedovi se moraju individualno odrediti. Prva operacija u slijedu se određuje u *Part type Operation field*. Na slici 21. se može vidjeti *Assign production order* prozor i popis steznih položaja [12].

SX Execute activity 642.0001

Assign/detach production order

Production order: planned area:

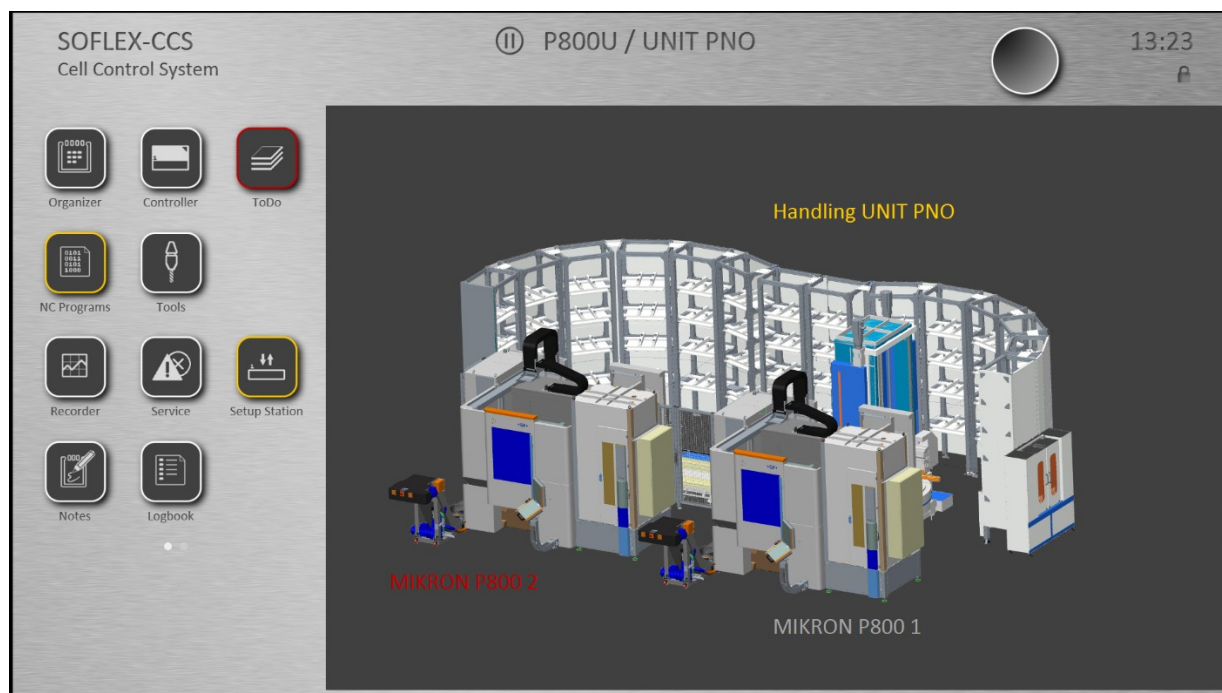
Part type -Operation: parallel automatic working places available: Clamping Device: Clamping devices available: Carriers with this operation sequence of which are not yet used:

Workpiece carrier	Clamping/dep position	Carrier type	Clamping device	Production order	Part type / OP	Current location
3_PAL_17	0001	3_PALETTE_130x080				Palettspeicher 3.1 - 0015
3_PAL_18	0001	3_PALETTE_130x080				Palettspeicher 3.1 - 0019
3_PAL_19	0001	3_PALETTE_130x080				Palettspeicher 3.1 - 0020
1_PAL_01	0001	1_PALETTE_175x105_2	V11			Maschine 1.1 - 0001
1_PAL_01	0002	1_PALETTE_175x105_2	V11			Maschine 1.1 - 0001
2_PAL_05	0001	2_PALETTE_175x105	V21			Poolspeicher 2.1 - 0005
3_PAL_05	0001	3_PALETTE_130x080	V33			Palettspeicher 3.1 - 0005
3_PAL_20	0001	3_PALETTE_130x080	V31			Palettspeicher 3.1 - 0017
4_PAL_04	0001	4_PALETTE_130x080	V42			Palettspeicher 4.2 - 0012
4_PAL_09	0001	4_PALETTE_130x080	V11			Palettspeicher 4.2 - 0016
3_PAL_12	0001	3_PALETTE_130x080		3_237600	3_237600 / 0100	Palettspeicher 3.1 - 0013
2_PAL_04	0001	2_PALETTE_175x105	V21	FA_382122_R4120	2_319005 / 0100	Poolspeicher 2.1 - 0004
3_PAL_04	0001	3_PALETTE_130x080	V32	FA_318211_R1452	3_248210 / 1100	Palettspeicher 3.1 - 0004
3_PAL_08	0001	3_PALETTE_130x080	V31	FA_318211_R1452	3_248210 / 0100	Palettspeicher 3.1 - 0036
3_PAL_09	0001	3_PALETTE_130x080	V31	FA_397684_R8914	3_237600 / 0100	Maschine 3.1 - 0001
3_PAL_11	0001	3_PALETTE_130x080	V31	FA_389111_R6229	3_318222 / 0100	Palettspeicher 3.1 - 0010
3_PAL_14	0001	3_PALETTE_130x080	V31	3_PAL_14	3_1122 / 0100	Palettspeicher 3.1 - 0034
3_PAL_15	0001	3_PALETTE_130x080	V31	FA_318211_R1452	3_248210 / 0100	Palettspeicher 3.1 - 0016
3_PAL_16	0001	3_PALETTE_130x080	V31	3_1122_ATI	3_1122_ATI / 0100	Rüstplatz 3.1 - 0001
4_PAL_01	0001	4_PALETTE_130x080	V41	FA_401001_R2017	4_318220 / 0100	Rüstplatz 4.1 - 0001
4_PAL_03	0001	4_PALETTE_130x080	V41	FA_401001_R2017	4_318220 / 0100	Palettspeicher 4.2 - 0018
4_PAL_08	0001	4_PALETTE_130x080	V41	FA_418230_R8427	4_318230 / 0100	Palettspeicher 4.2 - 0011

Slika 21. Popis steznih položaja [12]

4.2.2. Korisničko sučelje pogonskog prostora

Korisničko sučelje pogonskog prostora omogućava brzo i intuitivno korištenje zahvaljujući zaslonu osjetljivom na dodir, Slika 22. Sučelje je dizajnirano tako da upućuje operatera umjesto da ga preopterećuje informacijama. Operator je konstantno informiran i grafički je opisano koje su operacije potrebne. Ovakav jednostavan dizajn smanjuje potrebno vrijeme obuka za korištenje SOFLEX-PCS na minimum [12].



Slika 22. Korisničko sučelje pogonskog prostora i P800

4.2.3. Operacijski plan unutar upravljačkog sustava Soflex

Operacijski planovi su ključni za stvaranje proizvodnih naloga. Operacijski plan se sastoji od više operacija koji opisuju potrebne korake za izradu proizvoda. Redoslijed operacija se označava indexom a najjednostavnije izvedbe operacijskog plana su prikazane u Tablicama 2 i 3.

Tablica 2. Proizvodnja na paletama [12]

Index	Operacija	Uređaj za stezanje
0100	Stezanje	V1
0200	NC obrada	V1
0300	Otpuštanje	V1

Tablica 3. Proizvodnja obratka stezanjem na stroju [12]

Index	Operacija	Uređaj za stezanje
-------	-----------	--------------------

0100	Umetanje (obratka) na radnu paletu	
0200	NC obrada	V1
0300	Uklanjanje (obratka) s radne palete	

Slike 23 i 24 prikazuju stvarni prikaz izgleda operacijskog plana u Soflex sustavu. Na slici 23 se vidi na kojem stroju se izvršava NC program. Slika 24 prikazuje koji alat obavlja strojnu obradu.

SX SOFLEX-PCS
Application View Extras Help

SOFLEX-PCS
Production Control Software

Application Configuration Diagnosis

General Information | Status of operation steps | Order Information | Order evaluation | Handling parameters | Raw material | Preview on production sequence

Production order: 4813-01-02-004 Gravurni uložak_IS_B Locked

Part type: 4813-013

Number of pieces: 1

Delivery date: 19.11.2021

Raw material: Checkpoint:

Qualification	Sequence	Index	Operation	Work place	NC program	Run...	Clamping device	Tools
W N S	1	0099	Clamping	SetupStation UNITPNO		20.0		
W N S	1	0100	KST2-1#238381	1. Mikron Mill P800U, 2. Mikron Mill P800U	#813-013-KST2-1	10.0		
W N S	1	0110	KST2-2#238382	1. Mikron Mill P800U, 2. Mikron Mill P800U	#813-013-KST2-2	10.0		
W N S	1	0120	KST2-3#238383	1. Mikron Mill P800U, 2. Mikron Mill P800U	#813-013-KST2-3	10.0		
W N S	1	0130	KST2-4#239087	1. Mikron Mill P800U, 2. Mikron Mill P800U	#813-013-KST2-4	10.0		
W N S	1	0140	KST2-5#239086	1. Mikron Mill P800U, 2. Mikron Mill P800U	#813-013-KST2-5	10.0		
W N S	1	0150	KST2-6#239088	1. Mikron Mill P800U, 2. Mikron Mill P800U	#813-013-KST2-6	10.0		
W N S	1	0159	Unclamping	SetupStation UNITPNO		20.0		

Slika 23. Soflex operacijski plan

SOFLEX-PCS
Application View Extras Help

SOFLEX-PCS
Production Control Software

Application Configuration Diagnostics

SOFLEX-PCS
NC program
Workplaces and Carrier
Clamping Device
Tool
Oper. Plan/Prod. Order
Production management
Protocols
Evaluation

Order sequence: 12.11.2021 13:21
Production sequence: 12.11.2021 13:21
Work in stock: 19.11.2021 09:21

Need of NC program: 12.11.2021 13:41
Need of tools: 8

Remarks: 0

Settings

Production management

Time	Workplace	Tool	Description	State	current location	Remaining tool life	existing slitters	Time of return	Order tool	Production order	NC program	ID	Unload marking
12.11.2021 13:21	2. Miron M8 P800J	BC00800915PFEQA-0001	KLJG GLO TM	not necessary	2. P800J - TM - 0001	500.0						10001423	
12.11.2021 13:21	2. Miron M8 P800J	BC01200146PFEQA-0001	KLJG GLO TM	not necessary	2. P800J - TM - 0001	435.3						10001411	
12.11.2021 13:21	2. Miron M8 P800J	BC01300126PFEQA-0001	KLJG GLO TM	not necessary	2. P800J - TM - 0001	418.4						10002231	
12.11.2021 13:21	2. Miron M8 P800J	BC01400115PFEQA-0001	KLJG GLO TM	not necessary	2. P800J - TM - 0001	380.0						10002252	
12.11.2021 13:21	2. Miron M8 P800J	BC01600115PFEQA-0001	KLJG GLO TM	not necessary	2. P800J - TM - 0001	334.3						10002295	
12.11.2021 13:21	2. Miron M8 P800J	BC01600115SKRTEQA-0001	KLJG GLO TM	not necessary	2. P800J - TM - 0001	496.4						10002226	
12.11.2021 13:21	2. Miron M8 P800J	TC01300115SKRTEQA-0001	TOR GLO TM	not necessary	2. P800J - TM - 0001	347.0						10002225	
12.11.2021 13:21	2. Miron M8 P800J	TC01600115PFEQA-0001	TOR GLO TM	not necessary	2. P800J - TM - 0001	414.6						10002447	
12.11.2021 13:21	2. Miron M8 P800J	TC01600115SKRTEQA-0001	TOR GLO TM	not necessary	2. P800J - TM - 0001	334.7						10002253	
12.11.2021 13:21	2. Miron M8 P800J	BC01800115PFEQA-0001	KLJG GLO TM	not necessary	2. P800J - TM - 0001	413.0						10002631	
12.11.2021 13:21	2. Miron M8 P800J	BC0120011566RTEQA-0001	KLJG GLO TM	not necessary	2. P800J - TM - 0001	496.8						10003006	
12.11.2021 13:21	2. Miron M8 P800J	BC0130011566RTEQA-0001	KLJG GLO TM	not necessary	2. P800J - TM - 0001	396.7						10030340	
12.11.2021 13:21	2. Miron M8 P800J	FAD1600A160RLEQA-0002	PAW LANG	not necessary	2. P800J - TM - 0001	993.8						10030053	
12.11.2021 13:21	2. Miron M8 P800J	FC01400109PFEQA-0001	CL GLO TM	not necessary	2. P800J - TM - 0001	394.7						10031446	
12.11.2021 13:21	2. Miron M8 P800J	FC01800A106PFEQA-0001	CL GLO TM	not necessary	2. P800J - TM - 0001	177.9						10002633	
12.11.2021 13:21	2. Miron M8 P800J	BP0059A211KCRQA-0001	TOR GLO TM	not necessary	2. P800J - TM - 0001	998.0				4813-013-STD1	4813-013-std-1	10062000	
12.11.2021 13:21	2. Miron M8 P800J	TC01600115PFEQA-0001	TOR GLO TM	not necessary	2. P800J - TM - 0001	480.0				4906-003-KST1	4906-003-KST1-2	10002232	
12.11.2021 13:21	2. Miron M8 P800J	BC01600115PFEQA-0002	KLJG GLO TM	not necessary	2. P800J - TM - 0001	477.8				4906-003-KST2	4906-003-KST2-3	10002264	
12.11.2021 13:21	1. Miron M8 P800J	D40300U109KPEQA-0001	SPINWORK	ready	1. P800J - TM - 0001	990.0				4813-01-02-007	4813-016-KST1-1	10030013	
12.11.2021 13:21	1. Miron M8 P800J	D40300U156KPEQA-0001	SLOTWORK HP	ready	1. P800J - TM - 0001	178.5				4813-01-02-007	4813-016-KST1-1	10030014	
12.11.2021 13:21	1. Miron M8 P800J	D40300U109KPEQA-0001	SLOTWORK HP	ready	1. P800J - TM - 0001	173.8				4813-01-02-007	4813-016-KST1-1	10030008	
12.11.2021 13:21	1. Miron M8 P800J	TC0119K120KSEQA-0001	TOR GLO TM	ready	1. P800J - TM - 0001	157.5				4813-01-02-007	4813-016-KST1-1	10003438	
12.11.2021 13:21	1. Miron M8 P800J	FAD1600A160RLEQA-0002	PAW LANG	ready	1. P800J - TM - 0001	974.3				4813-01-02-007	4813-016-KST1-1	10030005	
12.11.2021 14:28	1. Miron M8 P800J	TC0200K146PFEQA-0001	TOR GLO TM	ready	1. P800J - TM - 0001	143.0				4813-01-02-007	4813-016-KST1-2	10005006	
12.11.2021 14:28	1. Miron M8 P800J	FC0120A116PFEQA-0001	CL GLO TM	ready	1. P800J - TM - 0001	169.9				4813-01-02-007	4813-016-KST1-2	10003412	
12.11.2021 14:28	1. Miron M8 P800J	SP0105A211KCRQA-0001	TOUCH-PROBE	ready	1. P800J - TM - 0001	999.0				4813-01-02-007	4813-016-KST1-2	10062001	
12.11.2021 14:28	1. Miron M8 P800J	BC0120011566PFEQA-0001	KLJG GLO TM	ready	1. P800J - TM - 0001	106.5				4813-01-02-007	4813-016-KST1-2	10001424	
12.11.2021 14:28	1. Miron M8 P800J	BC01600115PFEQA-0001	KLJG GLO TM	ready	1. P800J - TM - 0001	167.6				4813-01-02-007	4813-016-KST1-2	10002265	
12.11.2021 14:28	1. Miron M8 P800J	BC01400115PFEQA-0001	KLJG GLO TM	ready	1. P800J - TM - 0001	172.8				4813-01-02-007	4813-016-KST1-2	10002274	
12.11.2021 14:28	1. Miron M8 P800J	BC01300115PFEQA-0001	KLJG GLO TM	ready	1. P800J - TM - 0001	442.4				4813-01-02-007	4813-016-KST1-2	10002217	
12.11.2021 14:28	1. Miron M8 P800J	BC01020009PFEQA-0001	KLJG GLO TM	ready	1. P800J - TM - 0001	163.9				4813-01-02-007	4813-016-KST1-2	10001405	
12.11.2021 14:28	1. Miron M8 P800J	BC010109PFEQA-0001	KLJG GLO TM	ready	1. P800J - TM - 0001	169.7				4813-01-02-007	4813-016-KST1-2	10002240	
12.11.2021 14:28	1. Miron M8 P800J	TM0120K1160CTEA-0001	SPID SRH TM	ready	1. P800J - TM - 0001	175.0				4813-01-02-007	4813-016-KST1-2	10003462	

Slika 24. Soflex operacijski plan 2

Operacijski plan se može kreirati na korisničkom sučelju upravljačkog centra te može biti kreiran pomoću naprednog sučelja prema Jobdispu instrukcijama. Za stvaranje novog operacijskog plana potrebno je unijeti jedinstveno ime i pojaviti će se tablica u koju će se operacije moći unijeti. Novi operacijski plan se može stvoriti i kopiranjem postojećeg.

Značenje individualnih polja operacije:

- *Operation* - obvezno polje za svaku operaciju je četveroznamenkasto index polje koje označava redoslijed obrade u operacijskom planu
- *Class* - Automatsku operaciju pokreće upravljački sustav. Kada se operacije pokreću ručno obradak se donosi iz upravljačkog sustava na radno mjesto i operacija se tamo ručno pokreće
- *Qualification* - Operacija može biti ograničena s obzirom da dozvoljeni status obrade. Postoje tri statusa obrade: *Worker shift (W)*, *Night shift (N)* i *Special shift (S)*
- *Duration* - označava planirano trajanje operacije

Soflex ima opciju *The Workplaces* koja govori na kojem stroju se može izvršiti operacija i kako se operacije mogu podijeliti. Redoslijed operacija opisuje grupu operacija unutar operacijskog plana i najčešće započinje sa stezanjem i završava sa otpuštanjem obratka.

Veličina obratka definira veličinu stezne palete, te samim time je definirano s kojom izvedbom nosača paleta će hibridni uređaj raditi transport.

SOFLEX-PCS ima četiri različita načina rada za određivanje narudžbi redoslijeda obrade. Svaki od tih načina rada ima svoju logiku po kojoj se proizvodne naredbe planiraju. Način redoslijeda narudžbi je:

- statičan - operater ručno određuje redoslijed i nove narudžbe se automatski dodaju na kraj
- dinamičan (datum dostave) - narudžbe se sortiraju po datumu dostave. Kasniji datumi imaju niži prioritet
- dinamičan (zadnji početak) - uz datum dostave uzima se u obzir veličina narudžbe. Zadnji početak računa zadnji dan kada se mora početi da se narudžba dovrši u roku
- dinamičan (montaža) - sortiranje po datumu dostave a ukoliko su datumi za dvije narudžbe jednake onda se sortiraju po broju preostalih nedovršenih komada (što je više nedovršenih komada taj dio ide prvi) tako da povezane narudžbe budu spremne za montažu u isto vrijeme

SOFLEX-PCS može pokrenuti operacije automatski ili ručno. Upravljački sustav može automatski pokrenuti rad i nadzirati operaciju. Na kraju rada može prilagoditi obradak za sljedeću operaciju. Ručno pokretanje operacije mora potvrditi operater sa *Execute operation* naredbom na sučelju za operatera. *Execute operation* se koristi za stezanje i otpuštanje obratka. Stezni uređaji su spona između obratka i stezne pozicije tj. palete. SOFLEX-PCS za svaku steznu poziciju može spremati informacije o nultočki. Nul točke se mogu kreirati i mijenjati na korisničkom sučelju.

Mogućnost automatskog pokretanja stroja je zapisano u NC programu. U slučaju da se NC program prvi put pokreće potrebno je obaviti proces uhodavanja prije automatskog pokretanja. Operater mora samostalno provjeriti jesu li svi alati spremni za korištenje na stroju, mora transportirati obradak ili paletu na stroj i prebaciti NC program na stroj. Podaci o nultočkama se automatski prebacuju u stroj prije starta. SOFLEX-PCS može koristiti NC programe u raznim oblicima. To može biti kada se upravlja samo sa vremenom rada i mijenja strojeve ili do mijenjanja liste alata u programu. Svi NC programi se mogu naći u području *Application/NC* program [12].

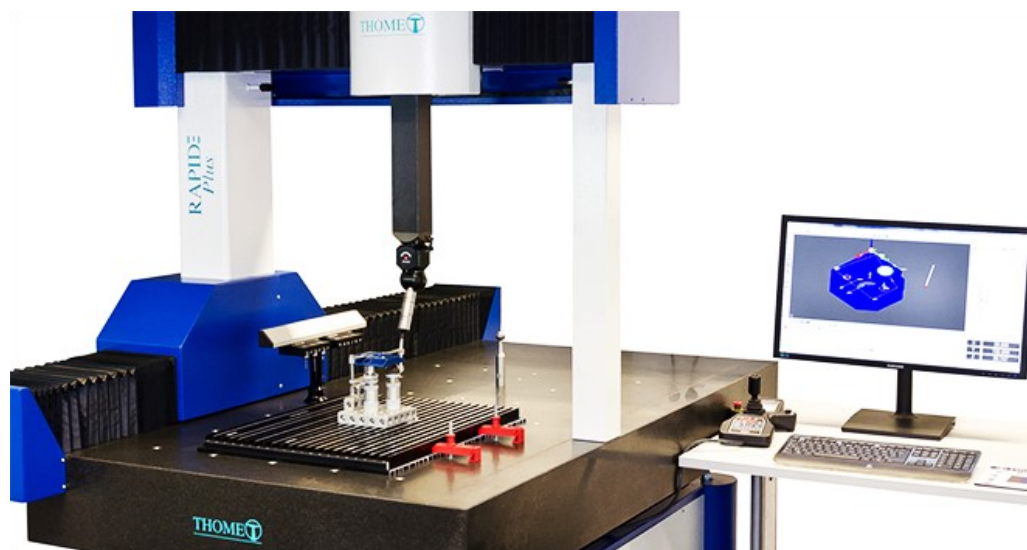
5. KONTROLA KVALITETE

Kontrola kvalitete je proces u kojem tvrtka nastoji održavati ili poboljšavati kvalitetu proizvoda. Kvaliteta u užem tehničkom smislu predstavlja ispunjavanje svih tehničkih zahtjeva za kvalitetu proizvoda, a provodi se testiranjem izradaka i odlučivanja ispunjavaju li oni propisane zahtjeve kvalitete. Kada kupe proizvod, kupci očekuju da će on biti izvrsne kvalitete, a prednosti ispunjenja tih zahtjeva su sljedeći:

- Povećana vjernost kupca
- Ponovno će kupovati od nas
- Preporučivati će nam druge klijente
- Učvrstiti će ili poboljšati našu poziciju na tržištu
- Poboljšana je sigurnost
- Smanjenje rizika odgovornosti
- Poboljšan branding našeg proizvoda

5.1. Koordinatni mjerni uređaj

Koordinatni mjerni uređaj (eng. *Coordinate Measuring Machine CMM*) je mjerni uređaj koji služi za prostorno mjerenje geometrije tijela pritiskajući točke na površini tijela sa sondom, Slika 25. Uobičajeni 3D CMM omogućava sondu da se giba po tri osi, X, Y i Z. Svaka os ima senzor koji mjeri poziciju sonde na toj osi. Kada sonda ostvari kontakt sa objektom, uređaj mjeri poziciju sonde. Sonda se vraća na početnu poziciju i premješta na drugu poziciju te je mjeri. Taj proces se ponavlja dok se ne dobije izgled površine objekta. CMM uređaji se najčešće koriste za testiranje dijelova ili sklopova. Ključni su u području kontrole kvalitete za svrhu provjeru dimenzija. Njihova prednost u odnosu na ručne mjerne uređaje je u boljoj preciznosti, većoj brzini i smanjenju ljudske pogreške [13].



Slika 25. Koordinatni mjerni uređaj

5.2. 3D skeniranje

3D skeniranje je proces koji omogućava mjerenje i snimanje bez dodirivanja tijela čime se dobiva odgovarajući digitalni oblik. 3D skener se može temeljiti na različitim tehnologijama, od kojih svaka ima svoje prednosti i mane, a njegova svrha je stvaranje 3D modela. Stvaranje stvarnog modela u digitalnom svijetu se može primijeniti u raznim industrijama. Mogu se izmjeriti dimenzije modela i vidjeti odgovara li odgovarajućim mjerama te je 3D skeniranje primjenjivo u kontroli kvalitete.

Teh-Cut u procesu kontrole kvalitete koristi 3D skener ATOS Triple Scan koji proizvodi tvrtka GOM. ATOS Triple Scan je mobilni 3D digitalizator razvijen po potpuno novoj tehnologiji. GOM je razvio posebnu novu tehnologiju mjerenja i projiciranja. Sa ovom tehnologijom on daje, uz visoku točnost i poboljšano mjerenje sjajnih površina, potpune podatke o složenim objektima s dubokim provrtima ili finim rubovima. Zbog toga se smanjuje broj pojedinačnih skeniranja. Tehnologija plave svjetlosti tj. plavo svjetlo uske valne duljine omogućuje provođenje preciznih mjerenja i digitalizacije potpuno neovisno o osvjetljenju okoline. Slika 26 prikazuje cijelu konstrukciju ATOS Triple Scana i njegovu tehnologiju skeniranja plavim svjetlom uske valne duljine.



Slika 26. ATOS Triple Scan i plavo svjetlo

ATOS 3D digitalizatori su afirmirani u proizvodnim lancima. Njihovom integracijom u industrijske razvojne i proizvodne procese po [14] pridonosi:

- Skraćivanju vremena potrebnog za početak proizvodnje
- Optimizaciji kvalitete komponenata

- Ubrzavanju proizvodnje
- Održavanju visoke razine kvalitete tijekom cijelog proizvodnog procesa
- Uspostavljanju rane analize trendova u proizvodnim procesima
- Smanjivanju škarta i potrebe za doradom
- Automatizaciji kontrole kvalitete

Slika 27 prikazuje kako izgleda senzorska glava ATOS 3D digitalizatora.



Slika 27. Izgled ATOS 3D digitalizatora

6. PROIZVODNJA POMOĆU RAČUNALA

Proizvodnja pomoću računala (eng. *Computer Aided Manufacturing CAM*) je upotreba računala u planiranju, upravljanju i kontroli operacija za izradu proizvoda. Takvi sustavi omogućuju brzo i jednostavno reprogramiranje čime se mogu brzo primijeniti konstrukcijske promjene. CAM sustavi upravljaju CNC strojevima koji izvode različite procese u proizvodnji obradaka visoke točnosti i preciznosti. Post procesor pretvara putanju alata u programski jezik koji strojevi mogu razumjeti. Povezivanje CAM-a sa CAD-om ostvaruje se automatizacija sustava projektiranja, konstrukcije i izrade. CAD konstruira proizvod ili dio dok je CAM zadužen za njegovu proizvodnju [15].

CAM softver provjerava ima li model geometrijskih grešaka koje mogu utjecati na proces obrade, stvara putanju alata modela, postavlja režime obrade i izračunava najbolju orijentaciju dijela za najučinkovitiju učinkovitost strojne obrade. Kada je dio spreman za obradu, program se šalje stroju. Da bi stroj mogao razumjeti upute, program se prevodi u G-kod, a to su zapravo upute stroju koje kontroliraju njegove kretnje, brzinu, posmak, korištenje SHIP-a itd.

Procesi kojima se izvršava proizvodnja su:

- glodanje
- tokarenje
- rezanje vodenim mlazom, laserom i plazmom
- obrada elektroerozijom
- 3D printanje
- 3D lasersko navarivanje
- CMM kontrola proizvoda

Programiranjem pomoću računala značajno se ubrzava proces obrade uz visoku razinu preciznosti. CAM sustavi mogu neprestano i precizno stvarati isti predmet ali također omogućuju fleksibilnost u proizvodnji.

Prednosti CAM sustava su:

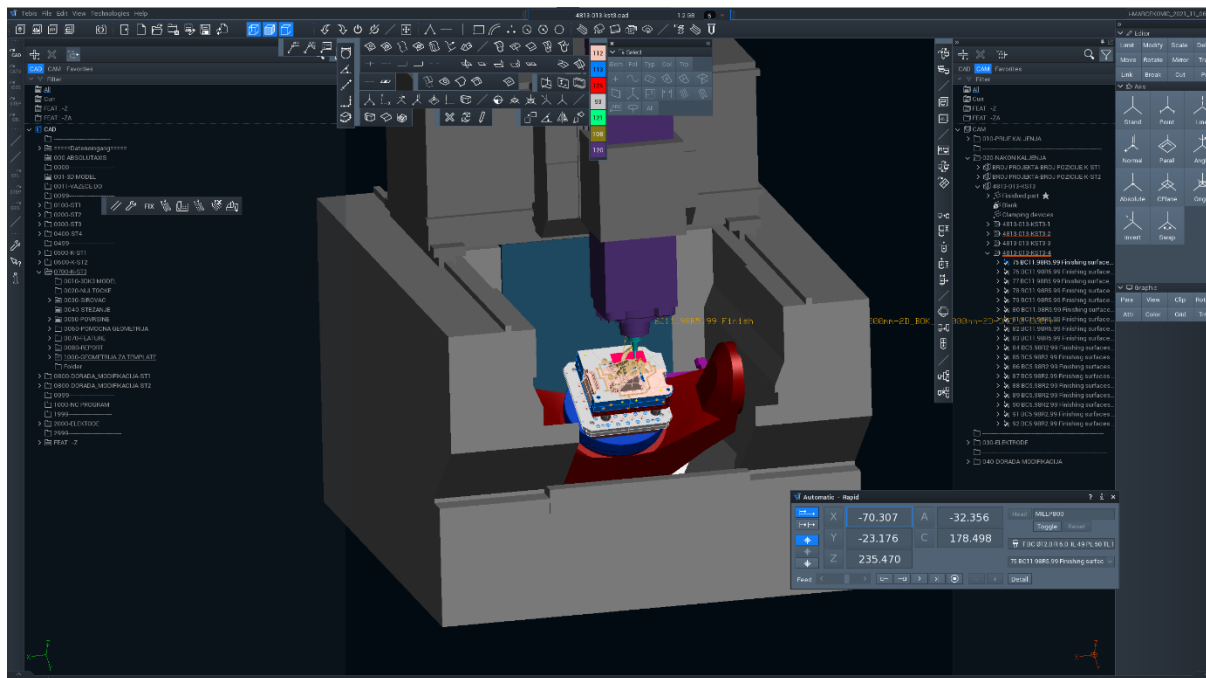
- smanjenje troškova rada
- izvrsna kontrola nad proizvodnim procesom
- smanjenje otpada
- mogućnost obrade obradaka komplicirane geometrije
- integracija sa CAD sustavom

Nedostaci CAM sustava su:

- visoki početni troškovi
- potrebna je visokoobrazovana radna snaga
- mogućnost tehnološke pogreške

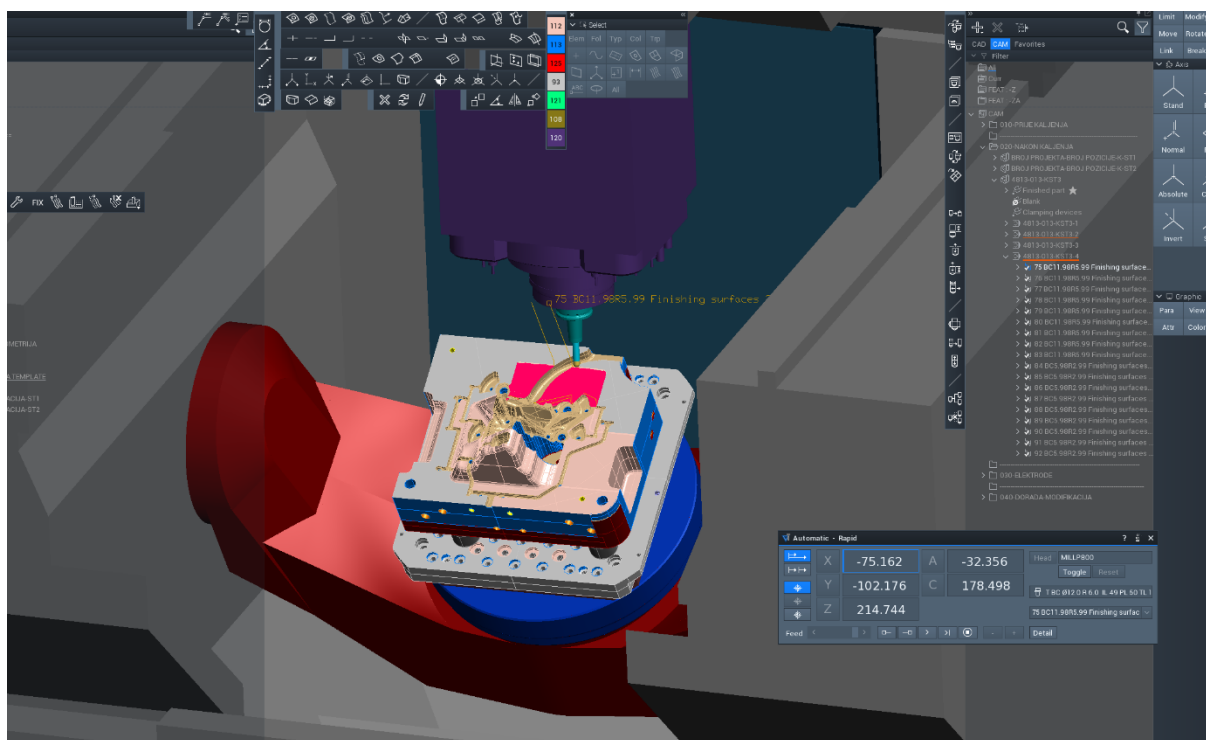
6.1. CAM softver Tebis

Tebis (Technische Entwicklung Beratung und Individuelle Software) je CAD/CAM program koji proizvodi Tebis AG iz Njemačke. Tebis je osnovan 1984. godine. U početku su se bavili konzaltingom ali nakon šest mjeseci su prešli na CAD/CAM softver. Tebis ima poznate klijente iz automobilske, zrakoplovne i proizvodne industrije. Tebis se najviše upotrebljava za proizvodnju kalupa, matrica i izradu modela. Primarna upotreba mu je u generiranju putanje alata za obradu odvajanjem čestica kao što su glodanje i bušenje. Također se može koristiti i za elektroerozijsku obradu. Ove putanje alata kontroliraju višeosni CNC strojevi. Slika 28 prikazuje tehnološki postupak obrade kalupnog uloška u programu TEBIS. Također je na slici prikazan izgled stroja i alata u zahvatu sa obratkom.



Slika 28. Izgled kalupnog uloška u programu TEBIS

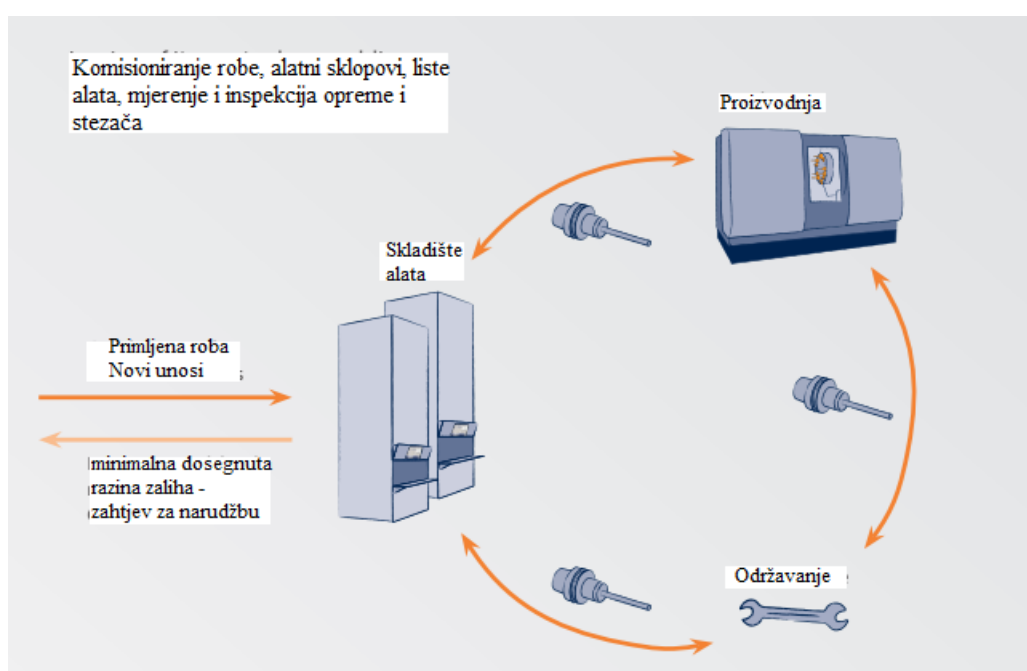
Slika 29 pokazuje detaljniji pogled na tehnološki postupak obrade kalupnog uloška. Bolje se vide putanje alata u obradi obratka.



Slika 29. Izgled kalupnog uloška u programu TEBIS izbliza

7. UPRAVLJANJE I ORGANIZACIJA REZNIH ALATA

U svijetu moderne proizvodnje prijenos podataka o reznim alatima postaje sve važnije. Rezni alati trebaju biti na odgovarajućem stroju u pravo vrijeme. Veoma je zahtjevno osigurati da ovaj proces teče besprijekorno i za njegovo provođenje svi uključeni sustavi moraju međusobno komunicirati. Za to je potrebna jedinstvena baza podataka reznih alata. Ovaj proces je bitan za sve tvrtke neovisno o njihovoj veličini. Sustavi za upravljanje alatima postavljaju temelje digitalizacije najmanjih tvrtki i zbog svoje skalabilnosti rastu zajedno s tvrtkom i mogu se prilagođavati njezinim proizvodnim zahtjevima. Interakciju sustava za upravljanje reznim alatima prikazuje Slika 30.



Slika 30. Prikaz sustava za upravljanje reznim alatima

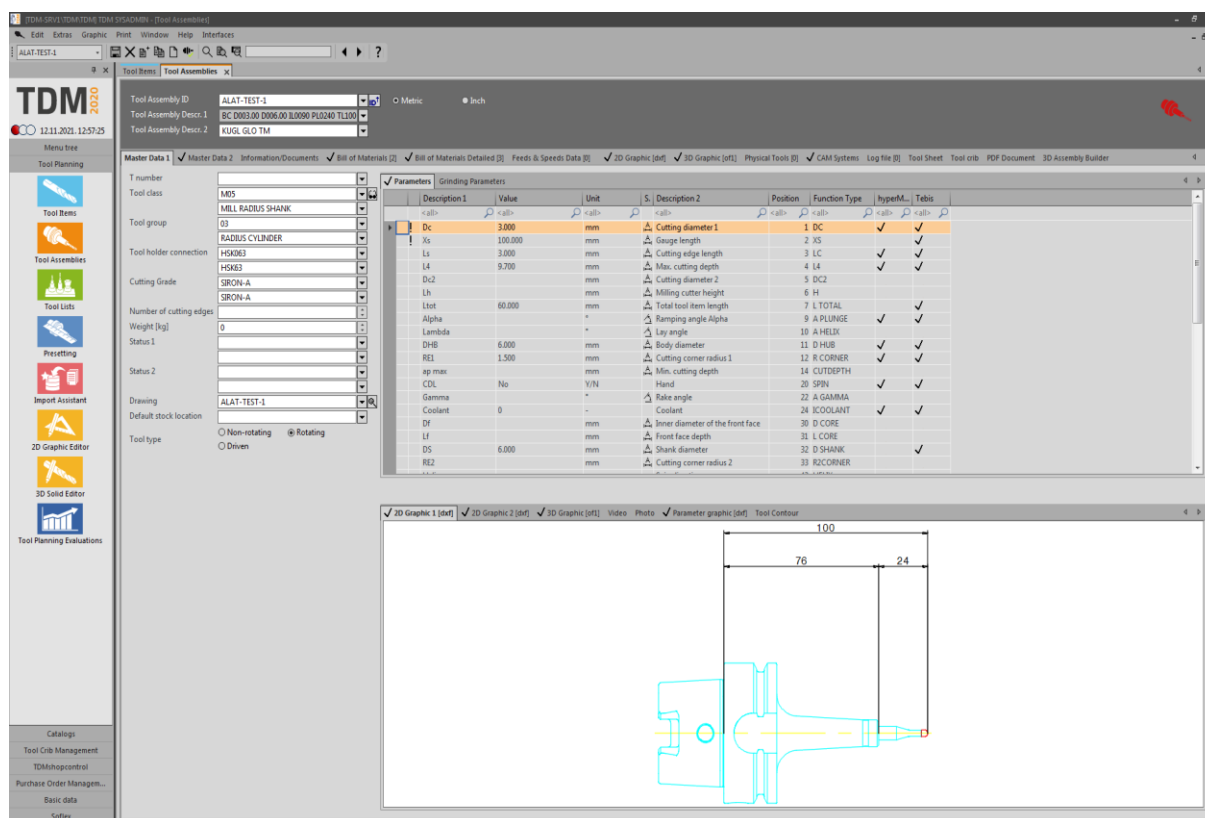
7.1. Tool Data Management softver

Tool Data Management (TDM) je cjeloviti program za upravljanje alatima. Cilj TDM-a je ubrzati vrijeme potrebno za pripremu alata i automatizaciju procesa obrade. Na taj način se povećava učinkovitost u proizvodnji. TDM program se nalazi na tržištu od 1989. godine i konstantno se unapređuje u suradnji s klijentima. Najvažnije mogućnosti TDM-a su:

- Puna automatska generacija 2D/3D prikaza alata
- Integracija više od 50 kataloga
- Korištenje kroz cijeli pogon

- Kontrola procesa pomoću skeniranja barkoda
- Skalabilnost modula i radnih stanica

TDM može obavljati više administrativnih funkcija ali njegov temelj je baza podataka koja se može koristiti za upravljanje tehničkim podacima alata i proizvodne opreme, planovima izgradnje sklopova alata i podacima o dobavljačima za svu proizvodnu opremu. Mnoga sučelja za CAD/CAM sustave omogućuju samo s jednim programom organiziranje proizvodne opreme od skladištenja, održavanja do postavljanja na stroj. TDM ima veoma jednostavno sučelje za korištenje i podijeljen je u module koji omogućavaju korištenje različitih radnih metoda na različitim radnim mjestima. Za svako radno okruženje može se izabrati odgovarajuća kombinacija modula [16]. Izgled TDM softvera prikazuje Slika 31.



Slika 31. TDM softver

7.1.1. TDM baza podataka

TDM je sustav upravljanja alatima temeljen na oracle bazi podataka. Baze podataka služe za prikupljanje i organiziranje informacija. To mogu biti informacije o ljudima, proizvodima, narudžbama ili nečemu drugom. Baze podataka često započinju kao popisi u programima za obradu teksta ili kao proračunske tablice. Kako popis raste tako se zahtjevi za korisnika

povećavaju. S vremenom se popis mora mijenjati, određeni dijelovi se brišu, modificiraju i dodaju novi. Zbog toga se u podacima pojavljuju nejasnoće i praznine. Lista postaje sve zahtjevnija za shvatiti i sa njom upravljati. Kada se pojave ti problemi dobro je prenijeti podatke u bazu podataka koja je stvorena pomoću sustava za upravljanje bazama podataka (eng. *Database Management System DBMS*). Jedna baza podataka može sadržavati više od jedne tablice. To znači da sustav koji prati inventar i koristi tri tablice nema tri baze podataka već jednu bazu podataka koja sadrži tri tablice. Tablice u bazi podataka mogu imati različite strukture i različito povezivati svoje informacije ovisno o zahtjevima koji se pred njih postavljaju. Svaka tablica ima ključna polja (eng. *key fields*). Ona se dijele na primarna (eng. *primary key*) i strana (eng. *foreign key*). Ključna polja služe za nedvosmisleno identificiranje podataka. Kada se odnosi između tablica definiraju, upiti (eng. *query*) u bazu podataka mogu dati rezultate iz više tablica.

Upiti u bazi podataka se rade u standardnom programskom jeziku SQL (eng. *Standard Query Language*) koji omogućava da se upiti iskazuju u tekstualnom obliku. Najjednostavniji upiti u bazu podataka se izvode tekstualno ali to je nedovoljno dobro za kompliciranije upite. Korisnik kada traži podatke želi da mu dođu u uređenom obliku.

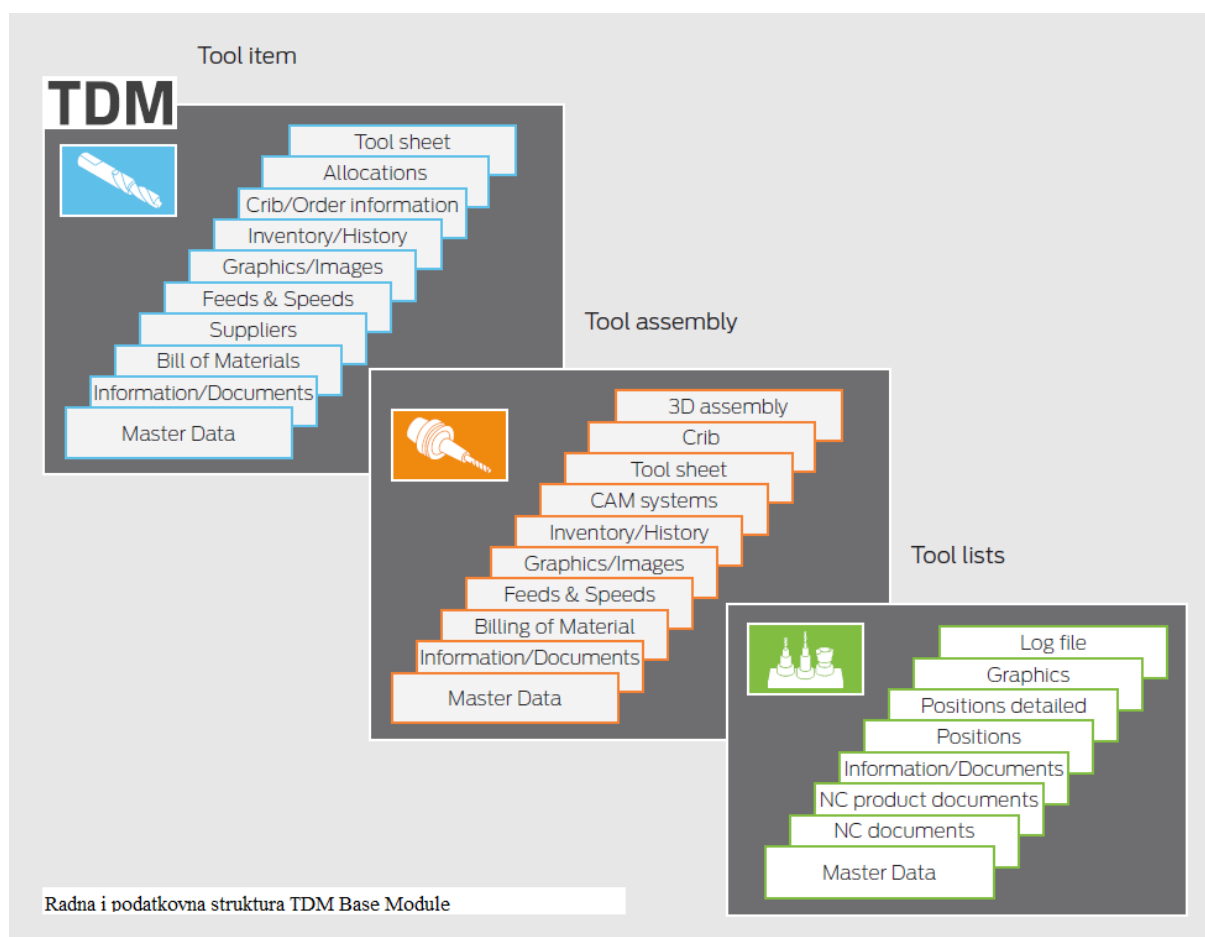
Baza podataka su velike i sadrže mnogo različitih vrsta informacija. Razni korisnici koriste različite vrste informacija u svom poslu. Zbog toga je korisnicima omogućen pristup samo maloj količini podataka. Samo administratori baze podataka ili korisnici sustava koji su odradili posebni trening i zaduženi su za održavanje baze podataka imaju pristup svemu. Zbog toga TDM nudi razne module na korištenje i aplikacija se može prilagoditi radnom okruženju tvrtke [16].

7.1.2. Vrste TDM modula

Tool data management sustav se koristi sa puno različitih modula. Na ovaj način se može prilagoditi potrebama različitih proizvodnih pogona. Teh-Cut se služi sa TDM Base Module, TDM Tool Crib Module, TDM Ordering Module i TDM System Module. TDM Base Module omogućava grafičko sučelje programa i osnovne mogućnosti kao što je baza podataka alata i upravljanje montažom alata. TDM Ordering Module ili ORD bilježi zahtjeve za alatima i automatski omogućava izvršavanje narudžbi prije nego što dođe do zastoja u proizvodnji. TDM Tool Crib Module ili LGM daje cjelokupni prikaz alata na svim lokacijama, njegove količine, dostupnost i ostale procjene. Sa LGM modulom lako se automatizira upravljanje zalihama alata.

TDM System Module ili TMS se koristi za administraciju sustav i za moguće podešavanje korisničkog sučelja [16].

TDM Base Module je osnova za cijeli TDM sustav. Različita sučelja mu omogućuju da razmjenjuje podatke sa sustavima za planiranje kao što su ERP, CAD i CAM i sa sustavima za proizvodnju kao što su skladišni sustav, sustavi za prednamještanje alata i obradnim strojevima. Na slici 32 se prikazuju mogućnosti i struktura podataka u TDM Base Module.

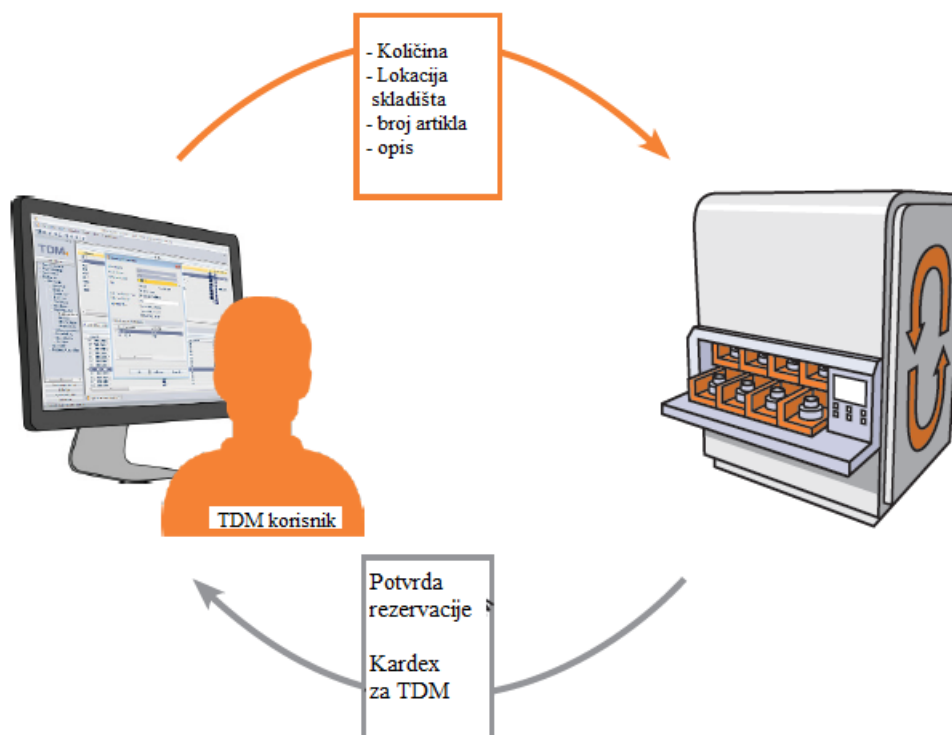


Slika 32. TDM Base Module[17]

7.2. Kardex Remstar

Kardex je globalna tvrtka koja pruža intralogističke usluge i jedna je od vodećih dobavljača automatskih skladišnih sustava i sustava za rukovanje materijalom. Kardex grupa sastoji od dvije divizije a to su Kardex Remstar i Kardex Mlog. Kardex Remstar proizvodi, razvija i održava dinamične sustave za komisioniranje i izuzimanje alata. Kardex Mlog svojim kupcima nudi usluge integriranih sustava rukovanja materijalom i automatska visoko kapacitativna skladišta [18].

U Teh-Cut postrojenju alati se većinom pohranjuju u Kardex dizalu, ali se mogu naći po cijelom pogonu. Dizalo je opremljen sa kontrolerom C2000 koji je spojen na glavno računalo (TDM) sa RS232 kabelom [19].



Slika 33. TDM i Kardex sustav [20]

Povezanost TDM i Kardex sustava omogućava upravljanje alatima s visokom dostupnošću i uštedom prostora, Slika 33. TDM organizira, konfigurira i upravlja radnim stanicama i raspodjelom alata u pogonu. Ovo omogućava Kardex sustavu da automatski izvrši sve naredbe i kretnje po uputama koje je izdao TDM [20].

7.2.1. Vertical Lift Module Kardex Remstar

Teh-Cut koristi Kardexov vertikalni podizni modul Shuttle XP. Vertikalni podizni moduli (eng. *Vertical Lift Module* VLM) su vertikalni automatski modularni uređaji opremljeni modernim elektroničkim upravljačkim sustavom. Sastoje se od dvije paralelne kolone s fiksnim policama u kojima su uskladišteni spremnici (kutije ili ladice) i središnjeg prolaza za dizalo (shuttle) koje vrši odlaganje, izuzimanje i transport spremnika. Vertikalni podizni moduli su dinamički sustavi s principom “roba k čovjeku” što znači da radnici obavljaju komisioniranje na

stacionarnim mjestima dok roba dolazi k njima. Na ovaj način nema praznog hoda. Ovi uređaji iskorištavaju prostor od poda do stropa što omogućuje uštedu do 85% površine skladišta. Prednja i stražnja kolona se koriste za skladištenje robe i funkcioniraju kao police za pojedinačne skladišne lokacije. Središnja kolona služi za vertikalno kretanje dizala koje odlaže/izuzima robu sa polica, Slika 34 [21].

Prednosti VLM uređaja su:

- ušteda vremena
- ušteda prostora
- poboljšana ergonomija
- fleksibilnost i prilagodljivost
- zaštita robe



Slika 34. Prikaz smjera kretanja dizala unutar modula [21]

Slika 35 prikazuje izgled tri vertikalna podizna modula u nekom postrojenju.



Slika 35. Vertikalni podizni moduli [21]

Uz osnovni paket Kardex nudi dodatne opcije za savršenu izvedbu. To je ekstraktor koji omogućava brzi transport polica na odgovarajuću skladišnu lokaciju. Vrata su podizna, da bi se zaštitili ljudi, strojevi i roba te smanjila buka i propuh. Moduli tračnica polica koji mogu pružiti dvije police u isto vrijeme. Sigurnosna svjetlosna barijera, ako je uključena, zaustavlja gibanja da bi zaštitila operatera i inventar [22].

7.3. Uređaj za prednamještanje alata Zoller

U svakom postrojenju najvažniji resurs je vrijeme. Prilikom izrade pozicije veliki udio vremena odlazi na pripremu alata. Uređaji za prednamještanje alata (eng. *Presetting tool* PST) smanjuju vrijeme mirovanja obradnog stroja sa brzim, preciznim, ponovljivim i offline mjerenjem reznog alata. To znači da se ove operacije obavljaju izvan obradnog stroja [23].

U prošlosti je namještanje alata zahtijevalo dosta složenih ručnih operacija. Također su se koristili raznoliki alati i metode različitih preciznosti za dobivanje mjera. Jedna od tih metoda je lasersko mjerenje alata u stroju. S uređajem za prednamještanje alata ove metode su prošlost. Obradni stroj sada čita informacije o alatu iz njegovog barkoda prilikom ubacivanja alata u stroj. To znači da je pripremno vrijeme svedeno na minimum i skoro nepostojeće. Operateri mogu postavljati alate dok stroj radi. Bitne karakteristike uređaja za namještanje alata su:

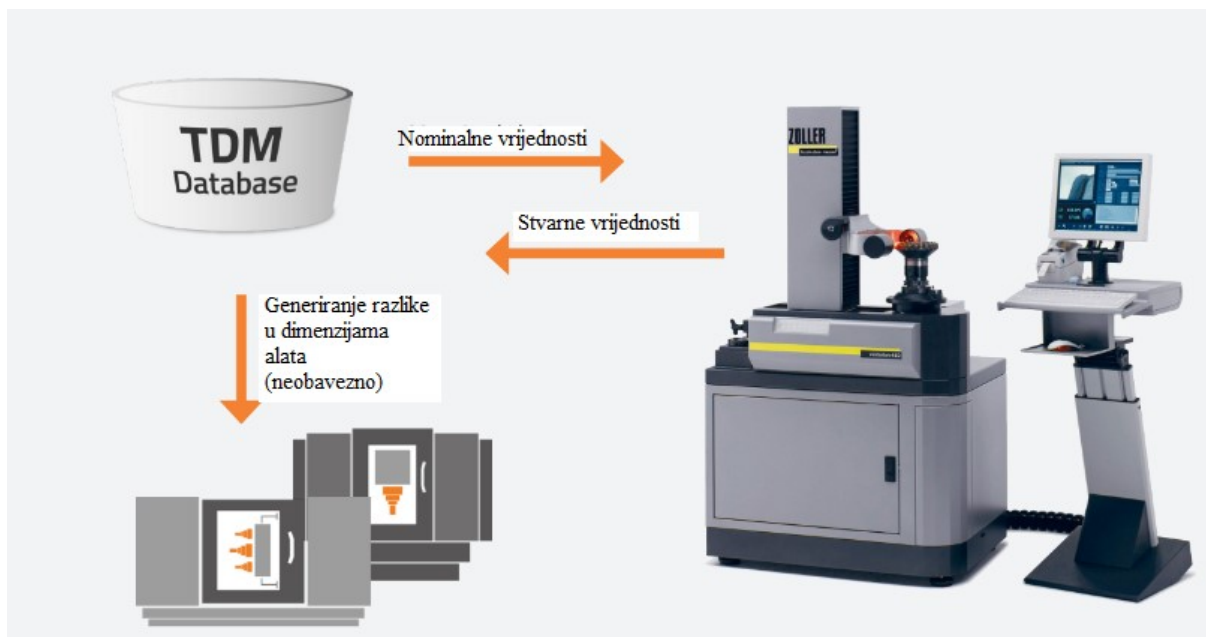
- Preciznost - u industriji 4.0 za precizna mjerenja potrebno je koristiti optičke mjerne uređaje koji su precizniji od indikatorskih
- Ponovljivost – rezultati mjerenja moraju biti pouzdana
- Kapacitet – stroj mora imati mogućnost izmjeriti najveći alat koji postoji u pogonu
- Lakoća upotrebe – zaposlenicima treba biti jednostavno koristiti novi stroj

Uređaji za prednamještanje alata su odlični za manje proizvodne pogone koji rade više različitih proizvoda. Takvi proizvodni pogoni koriste više različitih alata u obradi i uređaj koji smanjuje opće pripremno vrijeme je njima puno korisniji nego pogonu koji proizvodi više istih proizvoda. Teh – Cut koristi uređaj za prednamještanje alata od njemačke tvrtke Zoller, Slika 36.



Slika 36. Uređaj za prednamještanje alata Zoller

Sve upute za prednamještanje alata se učitavaju iz TDM-a. Ovo se odvija putem sučelja između TDM i Zoller softvera. TDM je izvor za nominalne vrijednosti alata. Razlike između stvarnih i nominalnih dimenzija izmjerenih alata se automatski spremaju u TDM bazu podataka. Nakon završetka mjerenja razlike se mogu formatirati za daljnje upravljanje strojem. Na slici 37 je grafički prikazano izmjenjivanje podataka između TDM baze podataka i uređaja za prednamještanje alata [19].



Slika 37. TDM i PST sustav [24]

Ovaj sustav služi za prijenos individualnih podataka za alatne sklopove i podatke o držačima alata iz TDM baze podataka do sustava za prednamještanje alata. Uz to služi za ponovni prijenos stvarnih vrijednosti alata u TDM po alatu ili za sve alate iz alatne liste. Prednosti ovog sustava su:

- Izravna komunikacija iz baze podataka
- nema suvišnih podataka ili neusklađenosti podataka o alatima
- prednamještanje sa točnim nominalnim podacima iz TDM-a
- povećana produktivnost
- ušteda na vremenu i novcu
- smanjenje zastoja stroja

Zahvaljujući povezanosti ova dva sustava osigurava se pravilna priprema i točnost dimenzija alata unutar dozvoljenih tolerancija [24].

8. TEHNOLOŠKI POSTUPAK IZRADE KALUPNOG ULOŠKA

Pred suvremeno tržište tehnologije obrade odvajanjem čestica, postavljeni su zahtjevi obrade površina komplicirane geometrije, proizvodnje malih serija visoke kvalitete, velike fleksibilnosti obrade i obrade novih, modernih materijala.

Postupak proizvodnje započinje sa izradom CAD modela predmeta. Teh-Cut koristi CATIA softver za konstruiranje kalupnog uloška.










Planiranje i organizacija proizvodnje su veoma bitni za proizvodnju proizvoda. Optimalnom razdiobom resursa mogu se postići značajne uštede u proizvodnom procesu. Koordinacija proizvodnje između odjela je jedna od najtežih zadataka sustava za organizaciju proizvodnje. ERP sustav evidentira podjelu zadataka između odjela tj. ima podatak tko konstruira pomoću računala, tko proizvodi pomoću računala a tko proizvodi na CNC stroju kalupni uložak. Uz to ERP sustav evidentira prodaju, računovodstvo i narudžbe vezane za robu tj. sirovac. Zna kada sirovac dolazi u poduzeće, kada treba krenuti proces proizvodnje i završiti se. Izgled obratka nakon termičke obrade prikazuje slika 38.












Slika 38. Obradak kalupnog uloška nakon termičke obrade

Za proces proizvodnje potrebno je programirati CNC stroj pomoću računala. CAM sustav omogućuje izvrsnu kontrolu nad proizvodnim procesom, smanjuje troškove rada, integriran je sa CAD i ERP sustavima i najvažnija mogućnost je, s obzirom na izgled kalupnog uložka, obrada predmeta komplicirane geometrije. Kalupni uložak kroz proizvodnju prolazi kroz više procesa obrade. Proces proizvodnje počinje stezanjem sirovca u nul točki gdje će on biti učvršćen tijekom cijelog procesa obrade. Proizvodnja se sastoji od obrade odvajanjem čestica na 5D vertikalnom glodaćem obradnom centru i elektroerozijskom obradom na EDM (eng. *Electrical Discharge Machining*) stroju. Elektroerozijska obrada je nekonvencionalni proces obrade koji se može odvijati sa žigom ili žicom. Obrada se odvija iskrenjem između alata (elektrode) i obratka dok su uronjeni u dielektričnu tekućinu.




Tehnološki postupak određuje redosljed i način obavljanja operacija za dobivanje proizvoda određenih svojstava. Slike 39, 40 i 41 prikazuju tehnološki postupak izrade kalupnog uložka.

TEHNOLOŠKI POSTUPAK		Druckdatum 29.11.2021		
Radni nalog: 4813-01-02-004		1 kom	Rok: 19.11.2021	
Kupac:				
Sifra/Opis: Gravurni uložak_IS_B				
Projekt-pozicija: 4813-013		Materijal: 1.2343ESU		
Br. nacrt/rev.:		Dim. pozicije: 340x400x239,3		
Izradio:		Dodatna obrada: Kaljenje 46-48		
Br.nar. kupca:		NAPOMENA:		
OP 10  *104238369*	Arbeitsplatz 10 CAM_7_IMa	Priprema (m) 400,0	Izrada (m) 0,0	Trajanje 6,67 Std.
	CAM	Datum	Kolicina	Potpis
OP 20  *104238371*	Arbeitsplatz 104 Mikron HPM 1350U	Priprema (m) 90,0	Izrada (m) 400,0	Trajanje 8,17 Std.
	ST1	Datum	Kolicina	Potpis
OP 30  *104238372*	Arbeitsplatz 104 Mikron HPM 1350U	Priprema (m) 0,0	Izrada (m) 600,0	Trajanje 10,00 Std.
	ST2	Datum	Kolicina	Potpis
OP 40  *104238373*	Arbeitsplatz 104 Mikron HPM 1350U	Priprema (m) 60,0	Izrada (m) 200,0	Trajanje 4,33 Std.
	ST3	Datum	Kolicina	Potpis
OP 50  *104238375*	Fremdbearbeitung Firma: CTO d.o.o.	Priprema (m) 2400,0	Izrada (m) 0,0	Trajanje 40,00 Std.
	KALITI I NAPUSTITI NA 45+2HRC	Datum	Kolicina	Potpis
OP 60  *104238377*	Arbeitsplatz 10 CAM_7_IMa	Priprema (m) 200,0	Izrada (m) 0,0	Trajanje 3,33 Std.
	CAM KST0/KST1	Datum	Kolicina	Potpis
OP 70  *104238378*	Arbeitsplatz 10 CAM_7_IMa	Priprema (m) 1200,0	Izrada (m) 0,0	Trajanje 20,00 Std.
	CAM KST2	Datum	Kolicina	Potpis
OP 80  *104238379*	Arbeitsplatz 104 Mikron HPM 1350U	Priprema (m) 90,0	Izrada (m) 300,0	Trajanje 6,50 Std.
	KST0-1	Datum	Kolicina	Potpis
OP 90  *104238380*	Arbeitsplatz 100 DMG 105V Linear	Priprema (m) 0,0	Izrada (m) 400,0	Trajanje 6,67 Std.
	KST1-1	Datum	Kolicina	Potpis
<small>\\pflauser\FAUSER\AGI\ADDON\REPORT_de\00 Customer\TEH-CUT_Workplan_Singlepart.RPT</small>				

Slika 39. Tehnološki postupak obrade

TEHNOLOŠKI POSTUPAK		Druckdatum 29.11.2021		
Radni nalog: 4813-01-02-004		1 kom	Rok: 19.11.2021	
Kupac:				
Sifra/Opis: Gravurni uložak_IS_B		Materijal: 1.2343ESU		
Projekt-pozicija: 4813-013		Dim. pozicije: 340x400x239,3		
Br. nacrt/rev.:		Dodatna obrada: Kaljenje 46-48		
Izradio:		NAPOMENA:		
Br.nar. kupca:				
OP 100  *104238381*	Arbeitsplatz 115 Mikron MILL P800U - 2	Priprema (m) 90,0	Izrada (m) 800,0	Trajanje 14,83 Std.
	KST2-1	Datum	Kolicina	Potpis
OP 110  *104238382*	Arbeitsplatz 115 Mikron MILL P800U - 2	Priprema (m) 0,0	Izrada (m) 600,0	Trajanje 10,00 Std.
	KST2-2	Datum	Kolicina	Potpis
OP 120  *104238383*	Arbeitsplatz 115 Mikron MILL P800U - 2	Priprema (m) 0,0	Izrada (m) 1600,0	Trajanje 26,67 Std.
	KST2-3	Datum	Kolicina	Potpis
OP 130  *104239087*	Arbeitsplatz 115 Mikron MILL P800U - 2	Priprema (m) 0,0	Izrada (m) 120,0	Trajanje 2,00 Std.
	KST2-4	Datum	Kolicina	Potpis
OP 140  *104239086*	Arbeitsplatz 115 Mikron MILL P800U - 2	Priprema (m) 0,0	Izrada (m) 400,0	Trajanje 6,67 Std.
	KST2-5	Datum	Kolicina	Potpis
OP 150  *104239088*	Arbeitsplatz 115 Mikron MILL P800U - 2	Priprema (m) 0,0	Izrada (m) 120,0	Trajanje 2,00 Std.
	KST2-6	Datum	Kolicina	Potpis
OP 160  *104238384*	Arbeitsplatz 400 EDM Wire Fanuc Alfa 1i E	Priprema (m) 200,0	Izrada (m) 1200,0	Trajanje 23,33 Std.
	ERODIRANJE TOL. PROVRTA	Datum	Kolicina	Potpis
OP 170  *104238385*	Arbeitsplatz 10 CAM_8_IMu	Priprema (m) 200,0	Izrada (m) 0,0	Trajanje 3,33 Std.
	CAM ELEKTRODE	Datum	Kolicina	Potpis
OP 180  *104238386*	Arbeitsplatz 113 HSC55 LINEAR	Priprema (m) 90,0	Izrada (m) 400,0	Trajanje 8,17 Std.
	PRIPREMA I GLODANJE ELEKTRODA	Datum	Kolicina	Potpis
<small>Wipfauer\FAUSER\AGI\ADDON\REPORT_de\00 Customer\TEH-CUT_Workplan_Singlepart.RPT</small>				

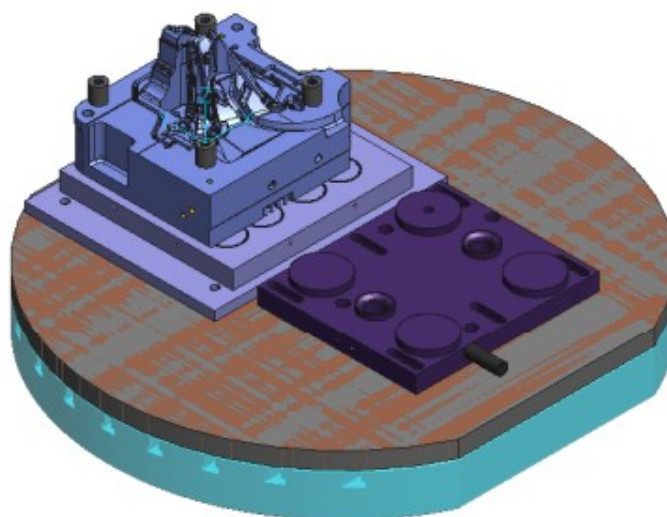
Slika 40. Druge stranica tehnološkog postupka obrade

TEHNOLOŠKI POSTUPAK		Druckdatum 29.11.2021		
Radni nalog: 4813-01-02-004		1 kom	Rok: 19.11.2021	
Kupac:				
Sifra/Opis: Gravurni uložak_IS_B		Materijal: 1.2343ESU		
Projekt-pozicija: 4813-013		Dim. pozicije: 340x400x239,3		
Br. nacrt/rev.:		Dodatna obrada: Kaljenje 46-48		
Izradio:		NAPOMENA:		
Br.nar. kupca:				
OP 190  *104238387*	Arbeitsplatz 407 EDM FORM P900	Priprema (m) 60,0	Izrada (m) 700,0	Trajanje 12,67 Std.
	ERODIRANJE	Datum	Kolicina	Potpis
OP 200  *104238388*	Arbeitsplatz 800 Priprema reznog alata	Priprema (m) 30,0	Izrada (m) 0,0	Trajanje 0,50 Std.
	PRIPREMA ALATA	Datum	Kolicina	Potpis
OP 210  *104238389*	Arbeitsplatz 600 GOM	Priprema (m) 155,0	Izrada (m) 0,0	Trajanje 2,58 Std.
	SCAN	Datum	Kolicina	Potpis
<small>\\pflauser\FAUSER\AGI\ADDON\REPORT_de\00 Customer\TEH-CUT_Workplan_Singlepart.RPT</small>				

Slika 41. Treća stranica tehnološkog postupka obrade

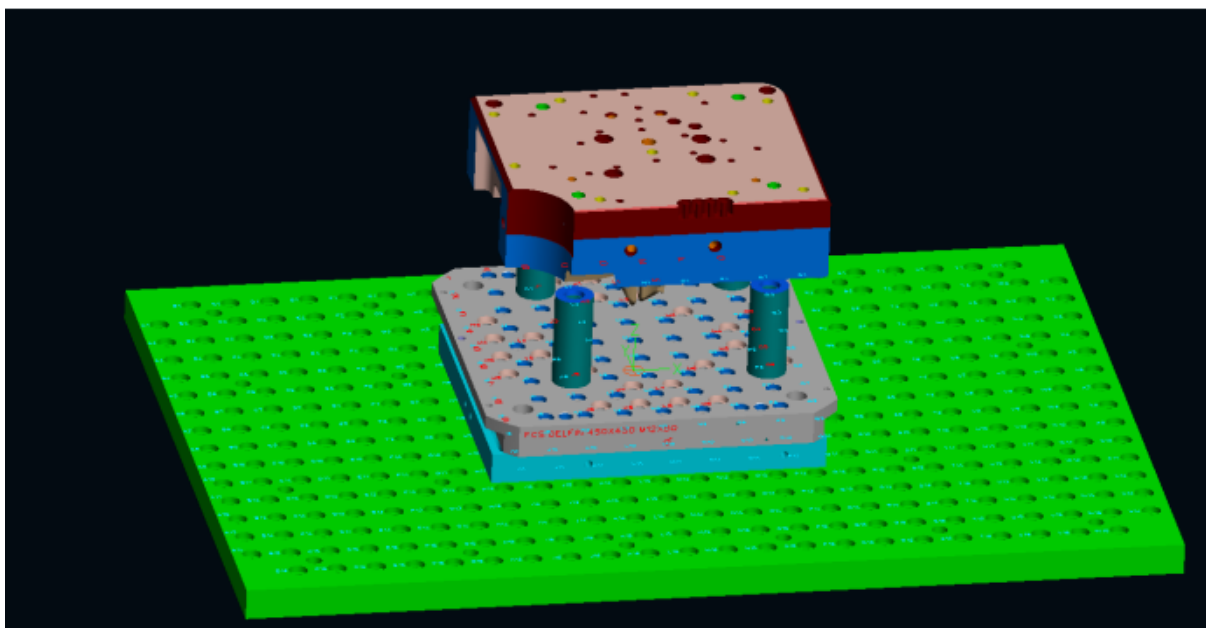
U tehnološkom postupku pišu kratice za opis redoslijeda i načina obavljanja operacija. Također piše ime stroja na kojem se određena operacija izvršava. Kratica ST znači stezanje, a kratica KST znači stezanje nakon kaljenja. Skraćenica CAM označava programiranje pozicije za obradu na stroju i prva je operacija u tehnološkom planu. Nakon nje slijedi operacija ST1 koja započinje sa grubom obradom gornjeg dijela obratka s dodatkom i izradom novih steznih (točaka) pozicija sustava stezanja u nul točki. Na sljedećoj operaciji naziva ST2 izvodi se gruba obrada donje strane obratka, bušenje dubokih provrta i izrada navoja i ostalih provrta netoleriranih mjera. Izgled obratka u ovom položaju se vidi na slici 43 samo što se u tom slučaju radi fina obrada. Zadnja operacija prije kaljenja je ST3 gruba obrada ostatka gornje strane i bušenje. Sve ove operacije se odvijaju na Mikron HPM 1350U 5D vertikalnoj glodalici. Nakon ova tri stezanja obradak izgleda kao na slici 38 s iznimkom da nije prošao termičku obradu. Obradak se termički obrađuje kaljenjem.

Nakon termičke obrade slijedi KST0-1 operacija u kojoj se opet mora pripremiti sustav za stezanje u nul točki na Mikron HPM1350U stroju. Obrada započinje nakon što se obradak stegne sa magnetom, slika 42.



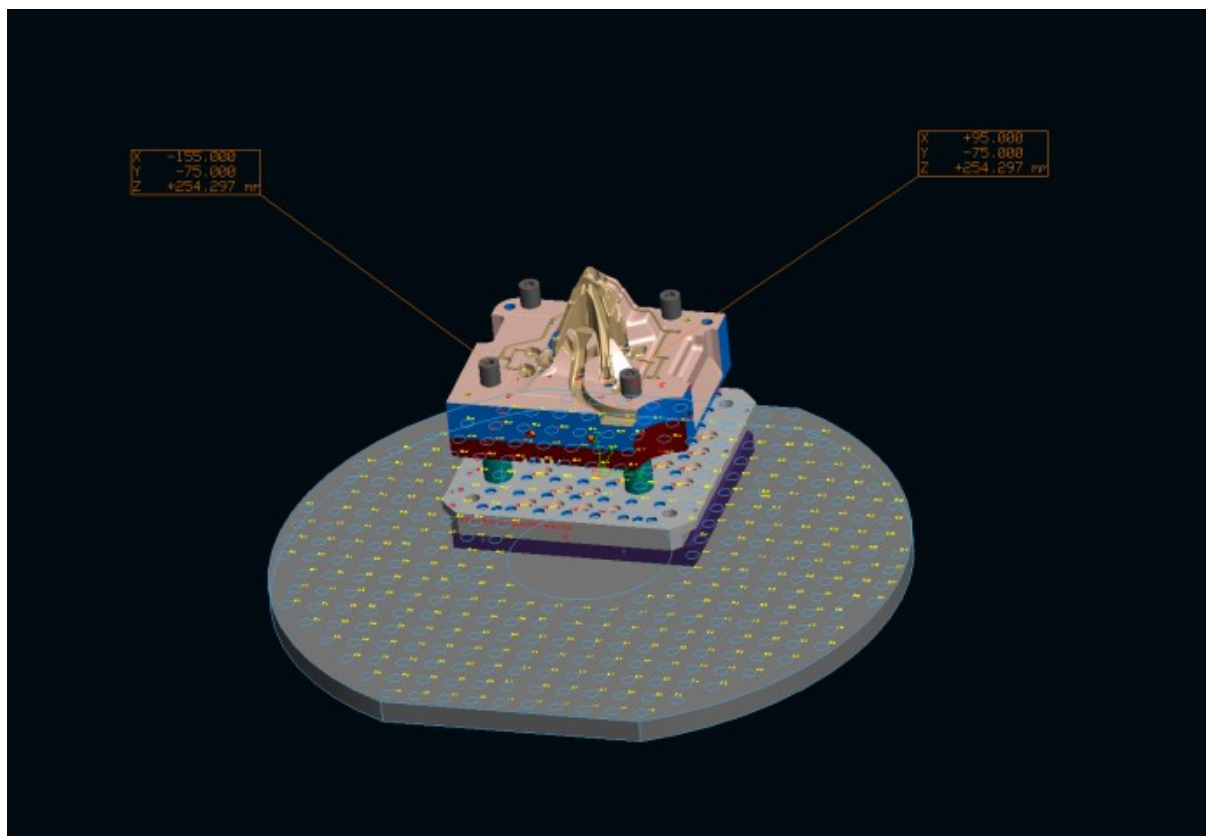
Slika 42. Stezanje obratka magnetom

Operacijom KST1-1 na DMG 105V Linear se radi fina obrada donje strane obratka i izrađuju se provrti na H toleranciju, slika 43.



Slika 43. Fina obrada donje strane obratka i izrada provrta na H toleranciju

Sljedeće operacije su KST2-1 do KST2-6 i sve se izvode na Mikron Mill P800UD. Tu se radi fina obrada gornje strane obratka na paleti koristeći se automatiziranim obradnim ćelijama. Sve tolerirane mjere stroj obrađuje sam, mjeri površinu i korigira alat kako bi dobio površinu u toleranciji. Fina obrada se radi kuglastim i torusnim glodalima koristeći 5-osne simultane operacije, slika 44.



Slika 44. Fina obrada gornje strane obratka

Zadnje dvije operacije su elektroerozijska obrada žicom (erodiranje žicom) na EDM Wire Fanuc Alfa 1i E stroju i elektroerozijska obrada žigom (erodiranje žigom) na EDM Form P900 stroju. Erodiranje žicom se koristi za izradu nedostupnih toleriranih provrta konvencionalnim obradnim metodama. Priprema reznog alata u tehnološkom postupku označava pripremno vrijeme alata tako da ne bi bilo praznog hoda u procesu proizvodnje. Zadnja operacija u tehnološkom postupku je odvođenje izratka na kontrolu kvalitete skeniranjem na GOM uređaju.

Na slici 45 se može vidjeti 5D vertikalna glodalica Mikron HPM 1350U na kojoj se obavlja veliki dio operacija u tehnološkom planu.

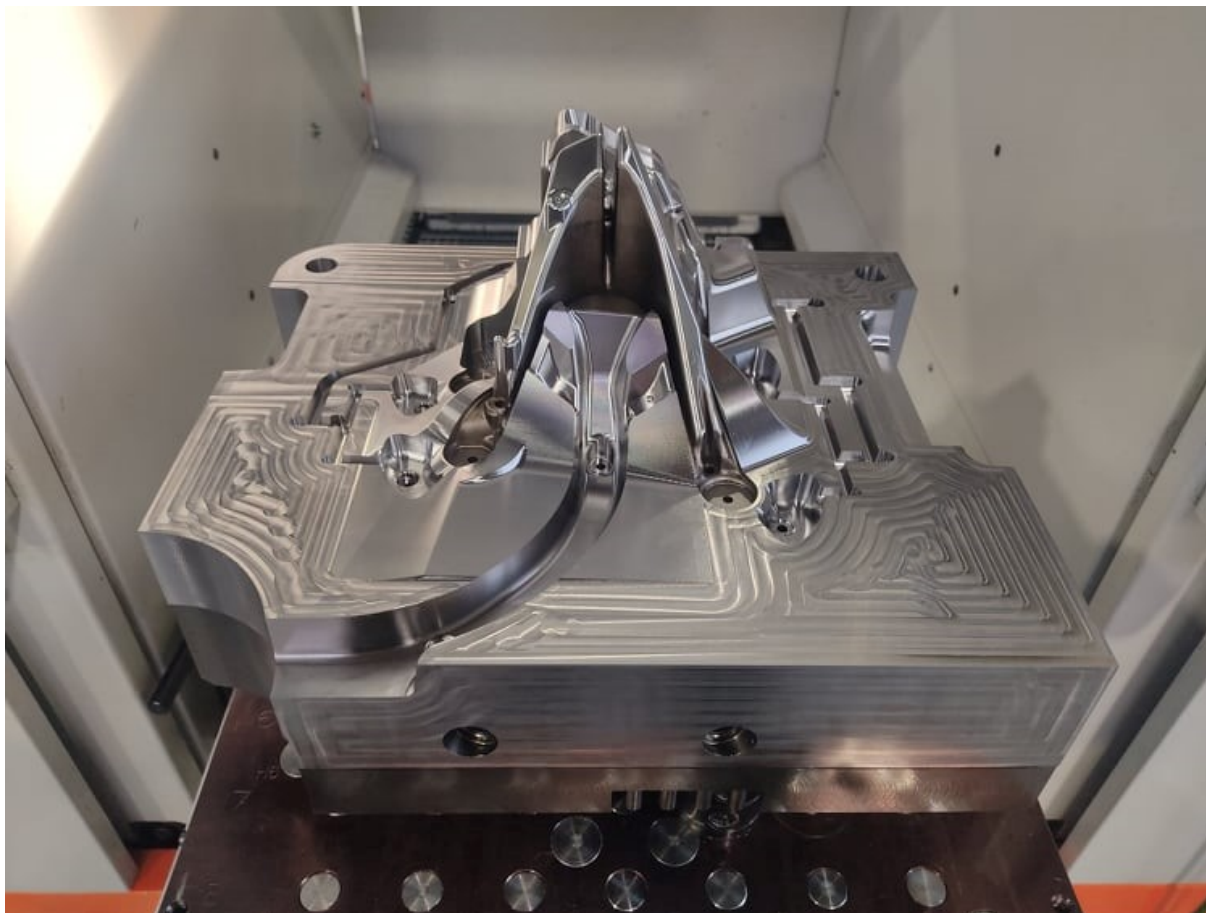


Slika 45. 5D vertikalna glodalica Mikron HPM 1350U

Fina obrada odvajanjem čestica se radi na 5D vertikalnom obradnom centru Mikron Mill P800 UD i procesom se upravlja pomoću Soflex sustava za fleksibilnu proizvodnju. Slika 46 prikazuje Mikron Mill P 800 UD stroj za strojnu obradu i unutar njega kalupni uložak koji je završio sa obradom dok slika 47 prikazuje kalupni uložak nakon završetka strojne obrade.



Slika 46. Mikron Mill P 800 UD stroj za strojnu obradu



Slika 47. Kalupni uložak nakon strojne obrade

Slika 48. prikazuje izgled kalupnog uložka pričvršćenog na paletu na stanici za punjenje i pražnjenje (*set up station*) i SOFLEC-PCS sustav na monitoru.



Slika 48. Kalupni uložak na set up stationu

Operateru u pripremi alata i u procesu proizvodnje pomaže TDM softver. U TDM softveru se nalazi baza podataka alata koji se koriste u poduzeću. Tehnolozi se koriste tom bazom alata pri programiranju procesa obrade u programu Tebis. Također TDM baza podataka olakšava operaterima pripremu alata za obradu. TDM Global Line obavlja proces montaže 3D alatnih

sklopova zbog čega se operateru skraćuje pripremno vrijeme alata i smanjuje mogućnost pogreške. Sa TDM softverom je povezan i Kardex skladišni sustav koji organizira i upravlja radnim stanicama i raspodjelom alata u pogonu, Slika 49. Na taj način operater ima uvid koji alati su mu na raspolaganju u skladištu i brzo im može pristupiti.



Slika 49. Vertikalni podizni modul Kardex

Za početak strojne obrade potrebno je provjeriti odgovaraju li stvarne dimenzije alata nominalnim koje su zapisane u TDM softveru. Za to se koristi uređaj za prednamještanje alata od tvrtke Zoller, Slika 50.



Slika 50. Uređaj za prednamještanje alata Zoller

Operater pričvrsti alat s HSK držačem u odgovarajući konus uređaja za prednamještanje alata, Slika 50. Zatim namjesti dvije ruke sa sensorima da dođu u ravninu s vrhom reznih oštrica alata. Zbog toga se taj vrh alata i njegov izgled se prikaže na bijelom ekranu iza njih. Uređaj izmjeri stvarne dimenzije alata i isprinta 2D barkod koji se zalijepi na držač alata, Slika 51. Time je taj rezni alat prednamješten.



Slika 51. 2D barkod alata

Barkod sadrži informacije o nominalnim i stvarnim dimenzijama alata i potrebno ga je skenirati na magazinu alata stroja Mikron Mill P800 UD, Slika 52. Operater se koristi sučeljem za sve operacije na magazinu alata ali prethodno mora otključati vrata magazina alata i tek ih onda ručno otvoriti. Stavlja unutra u magazin prednamještene alate, zatvara ih i onda stroj očitava 2D barkod, prikazan na slici 51, i tako dobiva sve potrebne informacije o tom alatu.



Slika 52. Magazin alata stroja Mikron Mill P800 UD

Slika 53 prikazuje hibridni uređaj FPC 700/1400 koji manipulira obratkom, odnosno pomoću gripera koji drži obradak, kroz stražnja vrata stroja Mikron Mill P 800 UD, puni stroj obratcima.



Slika 53. Hibridni uređaj FPC 700/1400 i stražnja vrata stroja Mikron Mill P800 UD

Kada su zadovoljeni svi uvjeti kao što su popunjenost magazina alata odgovarajućim alatima, manipulator je stavio obradak u stroj i postojanost CAM programa, onda je stroj spreman za obradu kalupnog uloška. Operater je odvojen od proizvodnog procesa i omogućen je neprekidan rad u tri smjene. Soflex upravljački sustav upravlja sa obradnom ćelijom i kontrolira proces obrade. On omogućava automatizaciju proizvodnog pogona i neprekidnu proizvodnju s velikom produktivnošću. Središnja je spona između organizacijskih sustava kao što su ERP, CAD i CAM i sustava za proizvodnju kao što su strojevi za elektroeroziju i glodači obradni centar. Nakon što obrada završi, Soflex upravljački sustav daje naredbu hibridnom uređaju da transportira obradak na paletu unutar obradne ćelije.

Zadnje dvije operacije u tehnološkom postupku su erodiranje sa žicom i žigom nakon kojih je izradak spreman za kontrolu kvalitete. Na slici 54 se vidi stroj EDM Wire Fanuc Alpha 1i E na kojem se odvija elektroerozijski proces obrade žicom. Na njemu se erodiranjem izrađuju tolerancije provrta.



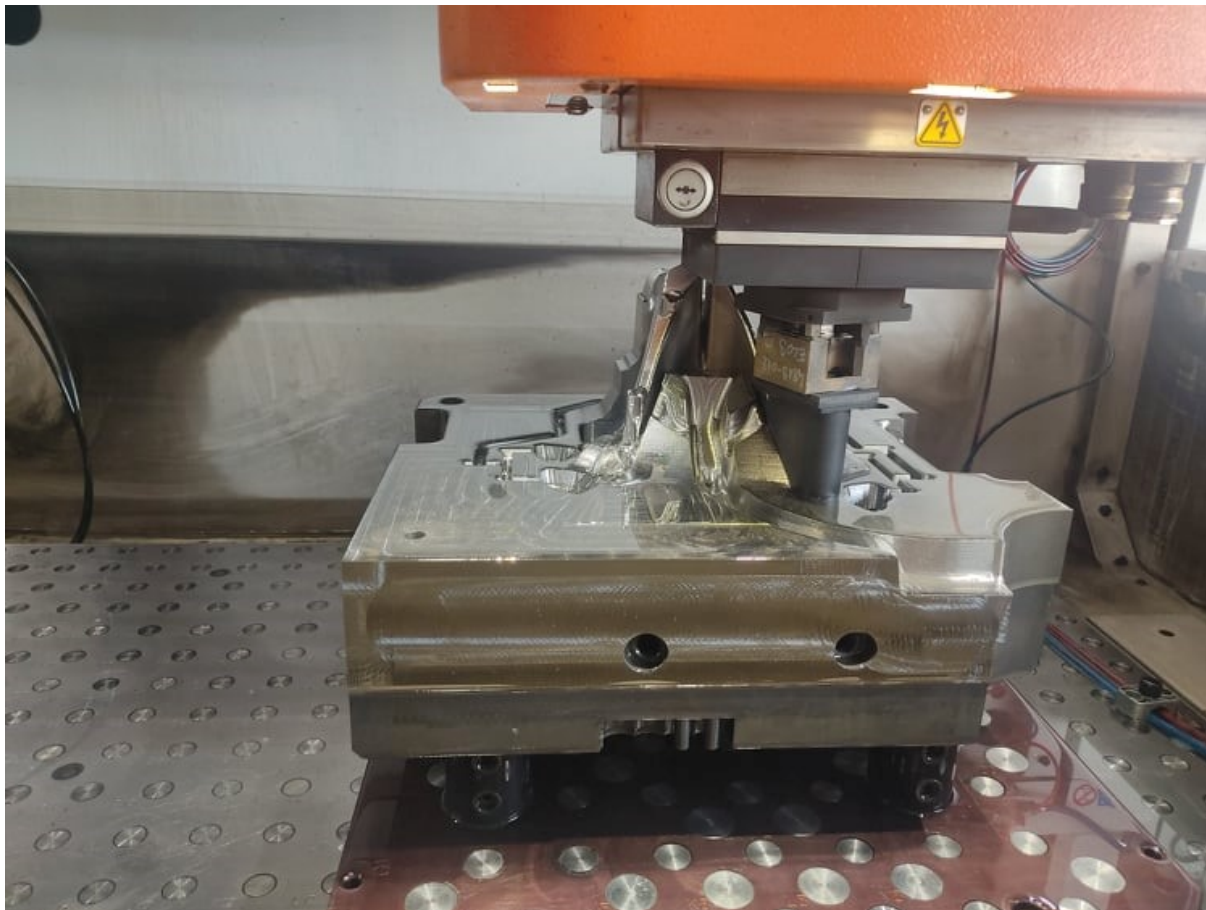
Slika 54. EDM Wire Fanuc Alpha 1i E

Sljedeća operacija je erodiranje žigom. Slika 55 prikazuje taj postupak dok je obradak potpuno uronjen u dielektrik.



Slika 55. Proces obrade kalupnog uložka

Na slici 56 su prikazani obradak i alat dok ne traje obrada. Na njoj se može jasno vidjeti položaj obratka i alata s definiranim razmakom tijekom procesa elektroerozije. Razmak se uobičajeno kreće od 0,2 za finu obradu do 0,35 mm za grubu obradu.



Slika 56. Izgled kalupnog uloška bez dielektrične tekućine

Slika 57 prikazuje kalupni uložak iz drugog kuta gledanja u odnosu na sliku 56. Na njoj se vidi kako dielektrična tekućina istječe iz stroja i obrada prestaje. Kada se želi nastaviti s obradom, ta tekućina se vrati nazad u prostor za obradu stroj i proces se može nastaviti.



Slika 57. Izgled kalupnog uložka dok dielektrična tekućina istječe

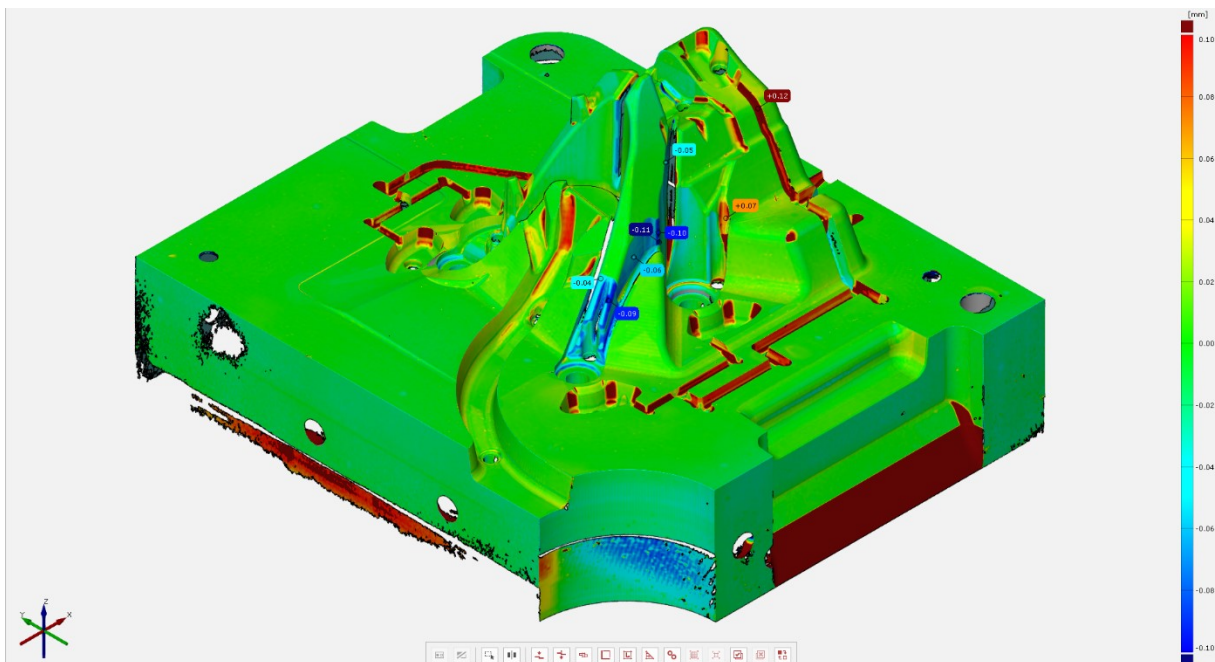
Na slici 58 se vidi cijeli EDM Form P900 stroj na kojem se obavljao proces elektroerozije prikazan na slikama 55, 56 i 57.



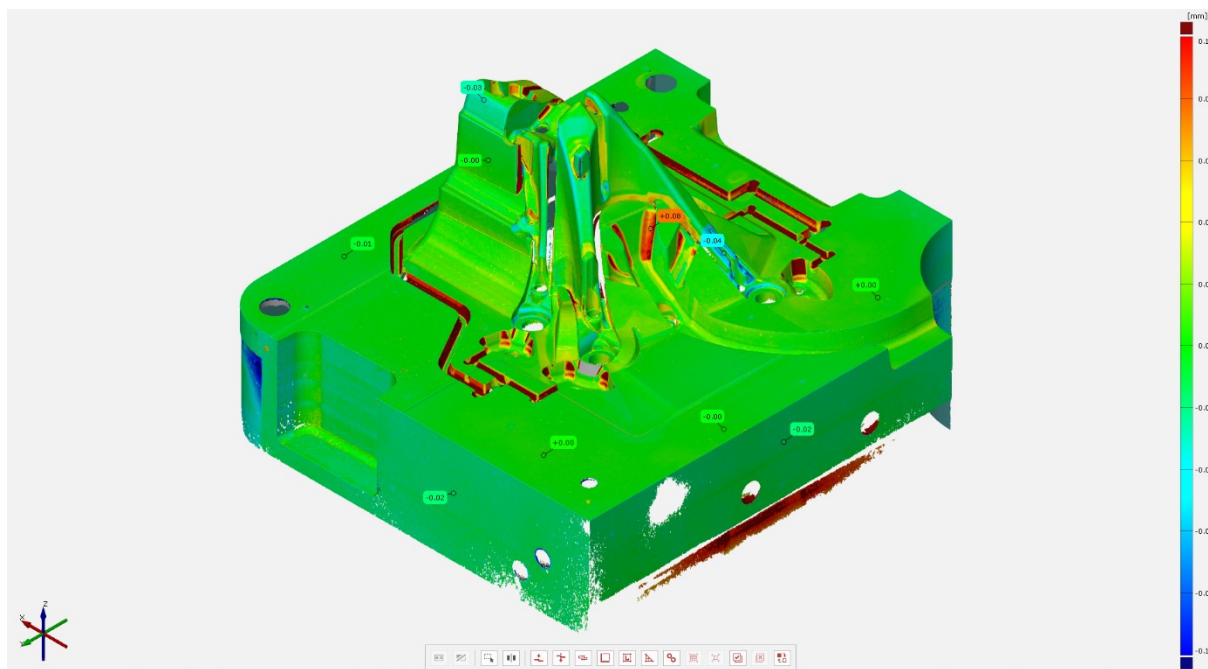
Slika 58. EDM Form P900 stroj

Kontrolom kvalitetom poduzeće nastoji održati ili poboljšati kvalitetu proizvoda. Kontrola kvalitete testira izradak i odlučuje na temelju tehničkih zahtjeva ispunjava li propisane zahtjeve kvalitete. Koordinatnim mjernim uređajem i GOM skenerom se provodi kontrola kvaliteta proizvoda.

Slike 59 i 60 prikazuju 3D sken izratka i usporedbu s 3D modelom. Zelenom bojom je označen dio izratka koji je napravljen u odgovarajućim tolerancijama, plavom bojom je označen dio izratka gdje postoji manjak materijala a crvenom bojom je označen dio izratka gdje se nalazi višak materijala. Kada postoji višak materijala na izratku potrebno ga je odnijeti na dodatnu obradu. U ovom slučaju višak materijala je samo u kanalima za odzračivanje koji nisu najbitniji dio uljevka te ih ne treba dodatno obrađivati. Do manjka materijala dolazi kada se pretjerano erodira ili gloda. S obzirom da odstupanje nije preveliko za konačnu upotrebu izratka ne treba ga se slati na dodatne operacije i može se reći da je prošao kontrolu kvalitete.



Slika 59. Usporedba 3D skena s 3D modelom



Slika 60. Drugi pogled na usporedbu 3D skena s 3D modelom

9. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu se opisalo projektiranje tehnološkog postupka izrade kalupnog uloška u okruženju industrije 4.0. Objasnili se važnost CAD i CAM sustava na proces projektiranja, konstrukcije i izrade proizvoda te njihova povezanost u tom procesu. Planiranje i organizacija proizvodnje je također jako bitna za optimalan proces proizvodnje. Najčešće se provodi pomoću ERP sustava koji radi u sinergiji s CAM i CAD programima. ERP je sustav koji omogućava evidentiranje i analizu svih poslovnih događaja u poduzeću. Kupci imaju sve veće zahtjeve za proizvode koje kupuju i proizvođači se tome prilagođavaju primjenom novih i modernih tehnologija za postizanje učinkovitije proizvodnje. Fleksibilni proizvodni sustav je proizvodna metoda koja je dizajnirana da se što lakše prilagodi na tip i količinu proizvoda koji se proizvodi. Soflex upravljački sustav je softver koji omogućava visoko produktivan rad i služi za kontrolu i organizaciju automatiziranih proizvodnih pogona u tom sustavu. Eliminira se operatera iz proizvodnog procesa i omogućava rad u tri smjene. On je središnja točka između strojeva i sustava različitih proizvođača.

Učinkovito upravljanje i organizacija reznih alata je veoma zahtjevan proces jer svi potrebni alati moraju biti na pravom stroju u pravo vrijeme. Svi uključeni sustavi moraju međusobno komunicirati i za to je potrebna jedinstvena baza podataka. TDM je program za upravljanje alatima i on ispunjava tu funkciju. Može se koristiti s puno različitih modula i na ovaj način se može prilagoditi potrebama različitih proizvođača. TDM je povezan s dinamičnim skladišnim sustavom Kardex, čime se omogućava upravljanje alatima s visokom dostupnošću i uštedom prostora. Veliki udio vremena u izradi se troši na pripremu alata, a uređaji za prednamještanje alata znatno skraćuju to vrijeme. Uređaj za prednamještanje alata je povezan s TDM sustavom i sve upute dobija od njega. Zadnji korak u procesu proizvodnje je kontrola kvalitete. Kontrola kvalitete je proces u kojem tvrtka održava ili poboljšava kvalitetu izratka. Provodi se testiranjem izradaka i odlučivanja ispunjavaju li propisane zahtjeve kvalitete.

Tehnološki postupak određuje redosljed i način obavljanja operacija za dobivanje proizvoda određenih svojstava. U ovom diplomskom radu se opisao tehnološki postupak i svi uvjeti koji se trebaju zadovoljiti za njegovo uspješno provođenje. Opisala su se potrebna stezanja i operacije koje se rade na strojevima da bi se dobio izradak. Za dobivanje kalupnog uloška obrada se radi na novim, modernim strojevima, a to su dva 5D vertikalna glodača obradna centra i dva stroja za elektroeroziju žigom i žicom.

LITERATURA

- [1] Computer-aided design - Wikipedia [Internet]. (pristupljeno: 10/19/2021). Dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_design
- [2] Berlak J. The JobDISPO Suite: Software for small and medium-sized enterprises.
- [3] JobDISPO - Solidsoft [Internet]. (pristupljeno: 10/19/2021). Dostupno na: <https://www.solidsoft.hr/programska-rjesenja/pracenje-proizvodnje/jobdispo/>
- [4] Automation - Wikipedia [Internet]. (pristupljeno: 10/19/2021). Dostupno na: <https://en.wikipedia.org/wiki/Automation>
- [5] Fourth Industrial Revolution - Wikipedia [Internet]. (pristupljeno: 10/19/2021). Dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Fourth_Industrial_Revolution
- [6] Industry 4.0 Technologies | Industry 40 Research [Internet]. (pristupljeno: 11/08/2021). Dostupno na: https://industry40marketresearch.com/blog/industry_4-0_technologies/
- [7] Udiljak T. Uvod u fleksibilne obradne sustave.
- [8] Flexible manufacturing system - Wikipedia [Internet]. (pristupljeno: 10/19/2021). Dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Flexible_manufacturing_system
- [9] Razvoj hibridnog uređaja FPC 700/1400. TEH-CUT.
- [10] FCS System [Internet]. 2019 (pristupljeno: 11/09/2021). Dostupno na: <https://www.fcssystem.com/en/>
- [11] SOFLEX - STEUERN UND ORGANISIEREN DER FERTIGUNG [Internet]. (pristupljeno: 11/10/2021). Dostupno na: <https://www.soflex.de/index.php>
- [12] optimizing manufacturing SOFLEX Operating instructions SOFLEX-PCS.
- [13] Coordinate-measuring machine - Wikipedia [Internet]. (pristupljeno: 10/19/2021). Dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Coordinate-measuring_machine
- [14] ATOS Triple Scan | TOPOMATIKA trodimenzionalno skeniranje, optički mjerni sustavi i računalna obrada d.o.o. [Internet]. (pristupljeno: 11/25/2021). Dostupno na: <https://topomatika.hr/proizvodi/3d-skeneri/atos-triple-scan/>
- [15] Ciglar D. C. Proizvodnja podržana računalom,FSB Zagreb 2021
- [16] User Manual TDM Basics [Internet]. Dostupno na: www.tdmsystems.com
- [17] Data M, Data M, Data M. TDM Base Module Tool master data up to date and structured TDM Base Module Tool master data up to date and structured. :1–2.

-
- [18] Corporate Profile [Internet]. (pristupljeno: 11/14/2021). Dostupno na: <https://www.kardex.com/en/company/corporate-profile?hsLang=en>
- [19] Functional Specification Project: Tool Data Management TEH-CUT d.o.o., Velika Gorica TDM Systems · www.tdmsystems.com Functional Specification • Project: Tool Data Management 2 Content [Internet]. Dostupno na: www.tdmsystems.com
- [20] Systems KC. Interface TDM to Kardex Crib Systems Interface TDM to Kardex Crib Systems. :1–2.
- [21] Vertikalni podizni moduli - Kardex dizalo - Primat Logistika [Internet]. (pristupljeno: 10/19/2021). Dostupno na: <https://www.primatlogistika.hr/hr/proizvodi/skladisni-uredaji-i-sustavi/automatizirani-skladisni-uredaji-kardex/vertikalni-podizni-moduli-kardex-shuttle>
- [22] Vertical Lift Modules (VLM) | Shuttle XP 250/500/1000 | Kardex [Internet]. (pristupljeno: 10/19/2021). Dostupno na: <https://www.kardex.com/en/products/shuttle-vertical-lift-modules>
- [23] Preset, Measure, Inspect and Manage Tools | ZOLLER [Internet]. (pristupljeno: 10/19/2021). Dostupno na: <https://www.zoller.info/en/home>
- [24] flyer_zoller_201402_en.

PRILOZI

- I. CD-R disk
- II. Tehnička dokumentacija