



Univerzitet u Novom Sadu
**FAKULTET TEHNIČKIH
NAUKA**

**Departman za proizvodno
mašinstvo**

*Katedra za mašine alatke, tehnološke
procese, fleksibilne tehnološke sisteme i
procese projektovanja*



(materijal sa predavanja)

Novi Sad, 2026.

AFTS
predavanje-01



Automatski fleksibilni tehnološki sistemi

Izvođači nastave

dr Aco Antić, red. prof.

antica@uns.ac.rs

tel: 021/4582312

(kancelarija 107a - zgrada Mašinskih instituta 1. sprat)

dr Cvijetin Mladenović, asistent sa doktoratom

dr Miloš Knežev, asistent sa doktoratom

Dejan Marinković, MsC - asistent

(svi saradnici sede u kancelariji 107 - zgrada Mašinskih instituta 1. sprat)

2

Obaveze na predmetu

Predispitne obaveze

Obavezni zadaci:

- 1/2 - programiranje rotacionih osa
- 1/2- programiranje primenom fiksnih ciklusa (Sinumerik ShopMill)
- 2 - programiranje manipulacionih sistema
- 3 - programiranje merno-kontrolnih sistema
- 4 - programiranje industrijskih robota (operacije pozicioniranja, kretanja u prostoru i prihvatanje delova)

Ispunjene predispitne obaveze uslov za izlazak na ispit (predati obavezni zadaci) do kraja semestra.

3

Obaveze na predmetu

Polaganje ispita

Pismeni deo ispita:

polaze se sadržaj iz obaveznih zadataka 2 i 3 (**programiranje manipulacionih i merno-kontrolnih sistema**)

Usmeni deo ispita:

odgovori na pitanja iz sadržaja sa predavanja i vežbi u okviru kursa

Struktura bodova u konačnoj oceni:

- 5 bod. - prisustvo na predavanju
- 5 bod. - prisustvo na vežbama
- 20 bod. - obavezni zadaci (zbir bodova 1, 2, 3, 4)

30 bod. - pismeni deo

40 bod. - usmeni deo

Za polaganje ispita neophodna pozitivna ocena (minimalno 50%) iz **pismenog i usmenog dela ispita.**

4

Uvodne napomene

Cilj predmeta

Sticanje osnovnih znanja iz oblasti Fleksibilnih tehnoloških struktura (FTs) različitog nivoa složenosti i principa njihovog: funkcionisanja, gradnje, izbora, upravljanja i programiranja.

U okviru sadržaja predmeta izučavaju se osnove Fleksibilnih tehnoloških struktura i osnovni pojmovi njihovog funkcionisanja, tehnološke podloge za njihovo projektovanje i uvođenje. Na osnovu tih podloga dolazimo do ključnih komponenti/podsistemi FTs.

U okviru kursa kroz predavanja i vežbe prezentovaće se teme iz sadržaja predmeta, a kroz obavezne zadatke stvoriti podloge da polaznici kursa mogu samostalno kreirati (pisati) upravljačke programe za upravljanje komponentama FTs (menrno-kontrolnim, manipulacionim i robotskim podsistemima).

5

Sadržaj kursa

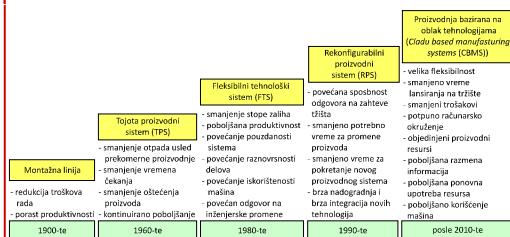
Sadržaj tema u okviru predmeta

- 1.0 **UVOD U PREDMET:** cilj i program predmeta, obaveze slušalaca u okviru predmeta, literatura
- 2.0 **FLEKSIBILNE TEHNOLOŠKE STRUKTURE (FTs):** osnovni pojmovi, podela i prikaz razvijenih rešenja
- 3.0 **PODLOGE ZA PROJEKTOVANJE I UVOĐENJE FLEKSIBILNIH TEHNOLOŠKIH STRUKTURA (FTs)**
- 4.0 **MANIPULACIONI SISTEMI, INDUSTRIJSKI ROBOTI - komponente FTs**
- 5.0 **MERNO KONTROLNI SISTEMI (MKS) - komponente FTs**
- 6.0 **SISTEMI ZA NADZOR I DIJAGNOSTIKU (SNiD) - komponente FTs**
- 7.0 **TRANSPORTNO SKLADIŠNI SISTEMI (TSS) – komponente FTs**
- 8.0 **PROGRAMIRANJE NUMERIČKI UPRAVLJANIH MAŠINA ALATKI (NUMA) - komponenti FTs**
- 9.0 **RAČUNARSKI I SOFTVERSKI SISTEMI ZA UPRAVLJANJE FTs**
- 10.0 **KOMPONOVANJE FTs RAZLIČITOG NIVOA SLOŽENOSTI**

6

Sadržaj tema kursa

FLEKSIBILNE TEHNOLOŠKE STRUKTURE (FTs)



7

Sadržaj tema kursa

PODLOGE ZA PROJEKTOVANJE I UVOĐENJE FLEKSIBILNIH TEHNOLOŠKIH STRUKTURA (FTs)

Proizvodna oprema koja se koristi u FTs u zavisi od proizvoda za koji je projektovan:

FTS za obradu materijala rezanjem: Ovaj tip FTs-a obično ima veliki broj obradnih centara za obradu glodanjem i/ili centara za obradu struganjem koji obezbeđuju mogućnost mašinske obrade opšte namene. Obradni centri nude najveću fleksibilnost, jer mogu da izvode različite operacije obrade. (npr. glodanje, bušenje, bušenje i brušenje).

FTS za obradu deformisanjem: Obradni sistemi koji se koriste u FTs-u za obradu deformisanjem uključuju prese sa i bez alata, laserske obradne centre, mašine za savijanje, makaze za sečenje itd.

8

MANIPULACIONI SISTEMI, INDUSTRIJSKI ROBOTI - kao komponente FTs

Rukovanje elementima procesa obrade podrazumeva: kretanje, zaštitu, skladištenje i rukovanje materijalom i obradcima tokom procesa proizvodnje distribucije i skladištenja.

Rukovanje materijalom mora biti izvedeno bezbedno, efikasno, sa niskim troškovima, blagovremeno, tačno (podrazumeva dostavljanje pravih materijala u pravim količinama na pravim lokacijama) i bez oštećenja materijala.

Rukovanje materijalom je važno, ali često zanemareno pitanje u proizvodnji. Procenjuje se da troškovi rukovanja materijalom čine značajan deo ukupnih troškova proizvodnje u proseku oko 20–25% ukupne cene radne snage u proizvodnji.

9

MERNO KONTROLNI SISTEMI (MKS) - kao komponente FTs

Potreba za merno-kontrolnim operacijama je izraženija kod operacija završne obrade s obzirom da se nakon tih operacija postiže finalni kvalitet izradka koji se želi ostvariti. Sve to podrazumeva visok nivo ujednačenosti obrađene površine i tačnosti obradka.

Treba napomenuti da ukoliko se govori o merno-kontrolnoj operaciji priprema izvedenoj izvan mašine to može biti merno-kontrolna operacija na nekoj drugoj mašini prethodne obrade ili specijalizovanoj mašini za merenje.

Ako se vrši na samoj mašini za obradu, osnovno vreme se povećava, ali se time povećava kvalitet informacija o izradku s obzirom da te informacije sadrže i uticaje pojedinih grešaka nastale u procesu obrade.

10

SISTEMI ZA NADZOR I DIJAGNOSTIKU (SNIĐ) - kao komponente FTs

Njihova primena treba da osigura realizaciju, stalno prisutnih i sve mnogobrojnih, zahteva za povećanjem stepena pouzdanosti, univerzalnosti i fleksibilnosti obradnog sistema. Sve to obezbeđuje traženi kvalitet proizvoda i dodatnu racionalizaciju troškova proizvodnje.

U tom smislu se, kao jedan od najvažnijih zadataka, nameće razvoj sistema za nadzor procesa obrade koji će u realnom vremenu moći identifikovati stanje obradnog sistema, alata i obratka. Razvoj sistema za nadzor, koji rade u realnom vremenu, čini osnovu za praćenje stanja alata i procesa obrade u savremenoj automatizovanoj proizvodnji.

11

TRANSPORTNO SKLADIŠNI SISTEMI (TSS) - kao komponente FTs

TSS predstavljaju automatizovane sisteme različite konfiguracije koji se koriste za: transport i rukovanje materijalom, obratcima, pod-sklopovima (predmetima obrade) i alatima između obradnih sistema u okviru FTs.

Takođe, uključuju praćenje tokova predmeta obrade i formiranje privremenih skladišta između dva obradna sistema (NUMA) kako bi se povećali kapaciteti obrade u posmatranoj FTs.

12

PROGRAMIRANJE NUMERIČKI UPRAVLJANIH MAŠINA ALATKI (NUMA) - kao komponenti FTs

Programski jezik NUMA za opisivanje konfiguracije obrade dela, i upravljanje komponentama se sastoji od softverskih sistema (računarskih programa) i skupa posebnih pravila, konvencija, reči i rečenica za korišćenje tih softvera.

Njegova svrha je da omogući programeru da prenese potrebnu geometriju dela i informacije o kretanju alata upravljačkoj jedinici, na osnovu tih informacija o definisanoj geometriji dela i kretanju alata UJ može kreirati željeni program dela (reč je o *automatizovanom programiranju*). Reči iz rečnika su obično mnemoničke i odgovaraju engleskim, kako bi CNC jezik bio lak (univerzalan) za korišćenje.

13

RAČUNARSKI I SOFTVERSKI SISTEMI ZA UPRAVLJANJE FTs

Računarske komponente FTs predstavljaju hardverske elemente instaliranog sistema. Obuhvataju centralni kompjuter FTs, povezan perifernom opremom, programabilnim logičkim kontrolerima (PLK) i dodatnim računarskim sistemima, u nekim slučajevima, za transport i/ili upravljanje materijalom. Računar FTs je funkcionalna komponenta kao i bilo koji drugi element u fleksibilnom tehnološkom sistemu. Način na koji softverske aplikacije FTs iniciraju aktivnosti sistema, u suštini, predstavljaju "srce" FTs.

14

KOMPONOVANJE FTs RAZLIČITOG NIVOVA SLOŽENOSTI

U težnji da se sve aktivnosti u okviru tehnološkog procesa obuhvate automatizacijom razvijeni su sistemi sa manjim ili većim stepenom integracije – tzv. (automatizovane) Fleksibilne tehnološke strukture (FTs).

Ovi sistemi podrazumevaju centralizovano upravljanje putem posebnog računarskog sistema, a čine ga sledeće komponente :

- obradni sistem,
- manipulacioni sistem,
- merno-kontrolni sistem,
- transportni i
- skladišni sistem.

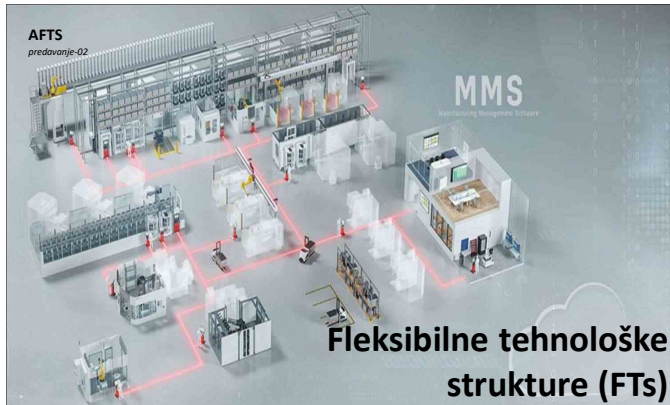
Pri tome ceo sistem služi za kompletnu obradu određene familije delova, i omogućuje optimizaciju celog tehnološkog sistema, a princip upravljanja odgovara distributvnom nimeričkom upravljanju (DNU).

15

Literatura

1. Antić, A.: Fleksibilni tehnološki sistemi, Autorizovani materijal sa predavanja i vežbi, 2023.
- Šira dostupna literatura
2. Shivanand, H.K., Benal, M.M, Koti V.: Flexible manufacturing System, Published by New Age International (P) Ltd. 2006.
3. Dostupni sadržaji na internetu iz oblasti kursa...
4. Rekecki, J., Gatalo, R., Zeljković, M., Borojev, Lj., Hodolić, J.: Fleksibilni tehnološki sistemi za obradu rotacionih izradaka, knjiga I, Stanje, tendencije i podloge za razvoj, FTN – IPM, Novi Sad, 1989.
5. Gatalo, R., Rekecki, J., Zeljković, M., Borojev, Lj., Hodolić, J.: Fleksibilni tehnološki sistemi za obradu rotacionih izradaka, knjiga II, Osnovne komponente za obradu i njihovo komponovanje u strukture višeg nivoa, FTN – IPM, Novi Sad, 1989.
4. Hodolić, J., Borojev, Lj., Rekecki, J., Gatalo, R., Zeljković, M.: Fleksibilni tehnološki sistemi za obradu rotacionih izradaka, knjiga III, Manipulacioni i merno-kontrolni sistemi, FTN – IPM, Novi Sad, 1989.
5. Arsovski, S., Perović, M.: Fleksibilna automatizacija, CIM centar, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1994.

16



Sadržaj predavanja

- uvod u obradne sistrema
- modeli obradnih sistema
- automatizacija obradnih sistema
- fleksibilne tehnološke strukture (FTs)
- specifičnosti pojedinih nivoa FTs
- primena FTs

2

Uvod u obradne sisteme

Tokom 1960-tih do početka 1970-tih troškovi proizvodnje su bili primarni faktor u organizaciji. Međutim, kako se tržište razvijalo kvalitet proizvoda je postao glavni prioritet. Definisana je nova strategija (*Customizability*) prilagođavanje kupcu.

Inovacija u organizaciji proizvodnje na bazi Fleksibilnog tehnološkog Sistema (FTS) postala je povezana sa nastojanjem da se stekne konkurentska prednost na tržištu.

FTS je filozofija proizvodnje "*sistem*" je ključna reč koja ga definiše. Reč koja definiše današnje proizvođače je "*agilnost*". Agilan proizvođač je onaj koji najbrže izlazi na tržište, posluje sa najnižim ukupnim troškovima i ima najveću mogućnost da zadovolji zahteve "*ispuni sve zahteve*" svojih kupaca.

3

Uvod u obradne sisteme

Detaljni zahtevi koje savremeno proizvodno okruženje mora da ispuni su:

- Visoka produktivnost za sve veličine serija, velike ili male
- Kraće vreme protoka delova u proizvodnji
- Niži troškovi skladištenja
- Smanjen ljudski rad, ako ne i potpuno izbegavanje rada operatera u proizvodnji
- Smanjenje rukovanja i manipulacije delovima
- Fleksibilan tehnološki sistem koji omogućava promene proizvoda u kratkom roku na osnovu specifičnih zahteva kupaca
- Predviđanje i brzo rešavanje iznenadnih neželjenih pojava u proizvodnji kao što je lom alata.

4

Uvod u obradne sisteme

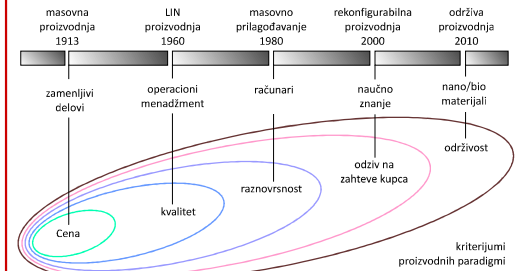
Kod mašina alatke funkcije većine proizvodne opreme su automatizovane upotrebom računara i programabilnih logičkih kontrolera (PLK). Faze automatizacije šireg proizvodnog okruženja sastoje se od sledećih aktivnosti:

- Upravljanje proizvodnim resursima
- Skladištenje, priprema i transport obradaka i gotovih komponenti delova u procesu proizvodnje
- Inspekcija radnih komada i kontinuirano praćenje performansi proizvodne opreme
- Prikupljanje, obrada i evaluacija proizvodnih podataka
- Ispitivanje i praćenje proizvoda tokom životnog veka

5

Organizacija proizvodne paradigme obradnih sistema

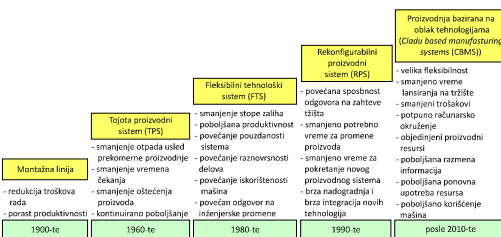
Uopšteno govoreći, tehnološki sistemi u proizvodnji postaju sve kompleksniji zbog proširenih aktivnosti i dinamike proizvodnog okruženja. Kako je prikazano na slici kriterijumi proizvodnih paradigmi postepeno su se menjali tokom vremena.



6

Organizacija proizvodne paradigme obradnih sistema

Zbog promene zahteva tržišta i primene novih tehnologija, obradni tehnološki sistemi su prošli nekoliko velikih tranzicija. Ovi prelazi sa svim svojim karakteristikama i fazama se mogu predstaviti na sledeći način.



7

Fleksibilnost obradnih sistema

Različiti pristupi fleksibilnosti i njihova značenja

Pristup	Njegovo značenje
Proizvodni	<ul style="list-style-type: none"> • Sposobnost proizvodnje različitog oblika i konfiguracije delova bez značajnijeg rekonfigurisanja sistema proizvodnje • Vreme koliko brzo kompanija može da rekonfiguriše proces postojeće proizvodne linije za proizvodnju novog proizvoda • Mogućnost promene rasporeda proizvodnje, modifikacije dela ili rukovanja sa više delova istovremeno
Opercijski	<ul style="list-style-type: none"> • Sposobnost efikasne proizvodnje tehnološki visoko zahtevnih i složenih proizvoda
Kupcu	<ul style="list-style-type: none"> • Mogućnost brzog prilagođavanja različitim količinama i brzinama isporuke delova
Strateški	<ul style="list-style-type: none"> • Sposobnost kompanije da ponudi širok spektar proizvoda svojim kupaca
Kapacitet	<ul style="list-style-type: none"> • Sposobnost brzog povećanja ili smanjenja nivoa proizvodnje ili brzog prebacivanja kapaciteta sa jednog proizvoda ili usluge na drugi

8

Osnovna fleksibilnost

- **Fleksibilnost mašine:** Lakoća sa kojom mašina može da izvršava različite operacije obrade
- **Fleksibilnost rukovanja materijalom:** Lakoće sa kojom se različiti tipovi delova mogu transportovati i pravilno postaviti na različite mašine alatke u sistemu
- **Fleksibilnost operacija:** Lakoće sa kojom se alternativne operacija obrade mogu koristiti za obradu tipa dela

9

Fleksibilnost sistema

- **Fleksibilnost zapremine:** Sposobnost sistema da radi profitabilno pri različitim zapreminama (količinama) postojećih tipova delova
- **Fleksibilnost proširenja:** Sposobnost da se izgradi sistem i da se postepeno širi
- **Fleksibilnost putanja obrade:** Broj alternativnih putanja koje deo može efikasno da prati kroz sistem za dati plan procesa obrade
- **Fleksibilnost procesa:** Veličina skupa različitih tipova delova koje sistem može da proizvede bez bilo kakvog podešavanja
- **Fleksibilnost proizvoda:** Obim skupa tipova delova koji se mogu proizvesti u sistemu sa manjim podešavanjem

10

Ukupna fleksibilnost

- **Fleksibilnost programa:** Sposobnost sistema da radi nesmetano duge periode bez spoljne intervencije
- **Fleksibilnost proizvodnje:** Veličina skupa različitih tipova delova koje sistem može proizvesti bez velikih ulaganja u kapitalnu opremu
- **Fleksibilnost tržišta:** Sposobnost sistema da se efikasno prilagođava promenljivim tržišnim uslovima

11

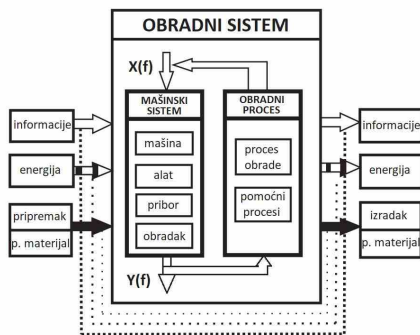
Klasifikacija obradnih sistema

Obradni sistem se definiše kao mašinski sistem koji izvršava obradni proces kao osnovnu funkciju.

Mašinski sistem čine:

- mašina alatka
- alat
- pribor
- obradak

12



13

Klasifikacija obradnih sistema

Većina delatnosti u savremenim proizvodnim sistema vrši se mašinski, primenom različitih obradnih sistema. Obradni sistemi se mogu klasifikovati prema učešću i zadatku operatera u procesu proizvodnje, kao:

- ručno upravljani,
- polu-automatski, i
- potpuno automatizovani sistemi.

14

Klasifikacija obradnih sistema

Ručno upravljani obradni sistem je kontrolisan ili pod nadzorom radnika ili operatera. Postoji jasna podela rada. Mašina daje snagu za rad a radnik obezbeđuje kontrolu. Konvencionalne mašine (kao što su strugovi, glodalice, bušilice prese itd.) uklapaju se u ovu kategoriju. Radnik mora da prisustvuje i vrši kontinuirano nadzor tokom celog radnog ciklusa mašine.



15

Klasifikacija obradnih sistema

polu-automatsko upravljanje

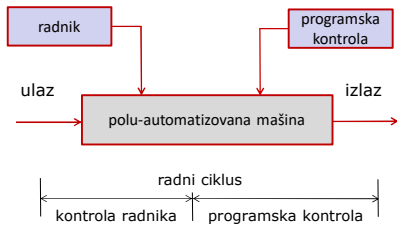
Kod ovog tipa obradnog sistema deo radnog ciklusa se obavlja pod kontrolom programa a zatim radnik preuzima kontrolu za ostatak ciklusa.

Primer obradnih sistema u ovom svojstvu su CNC mašine, gde CNC mašina obavlja operacije obrade dela po programu, a zatim radnik iznosi i unosi predmete obrade u radni prostor mašine i priprema mašinu za naredni radni ciklus. Radnik mora da prisustvuje uz mašinu na početku i završetku svakog ciklusa, ali ne mora da bude stalno prisutan.

16

Klasifikacija obradnih sistema

polu-automatsko upravljanje

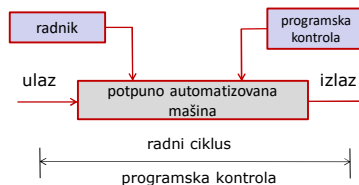


17

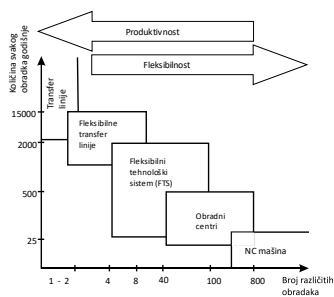
Klasifikacija obradnih sistema

automatsko upravljanje

Obradni sistem ima mogućnost da radi bez ljudskog nadzora u vremenskom periodu koji je duži od jednog radnog ciklusa. Međutim, neki obradni sistemi će povremeno imati potrebu za dopunom magazina sa obradcima, otklanjanju zastoja u procesu itd.



18



Upotreba numerički upravljanih mašina (NUMA) pre svega omogućava veću fleksibilnost. Omogućavajući izradu kompleksnih delova i istovremeno zahtevajući veliki broj različitih alata i pokreta. Programabilna NC mašina pokazala se mnogo efikasnije od ručnog upravljanja i vođenja alat ručno od strane radnika.

19

Automatizacija obradnog sistema

Ulaz u obradni sistem čine:

- informacije,
- energija,
- materijal.

Ulazne informacije predstavljaju više različitih skupova informacija:

- skup informacija o glavnim (tehničkim) karakteristikama mašine,
- skup informacija o alatu,
- skup informacija o priborima,
- skup informacija o pripremu,
- skup informacija o režimima obrade,
- skup upravljačkih informacija o obradnom procesu.

20

Automatizacija obradnog sistema

Ulazna energija služi za savladavanje otpora u obradnom sistemu i obezbeđuje potrebna kretanja elemenata obradnog sistema pri ostvarivanju obradnog procesa.

Ulazni materijal se sastoji od:

- materijala priprema i
- pomoćnog materijala.

Pomoćni materijal predstavlja sve ono što nije vezano direktno materijal od koga se izrađuje proizvod i tu spadaju sredstva za hlađenje i podmazivanje, ulje u prenosnicima, itd.

21

Automatizacija obradnog sistema

Izlaz iz obradnog sistem čine:

- informacije;
- energija;
- izradak i gubici materijala.

Izlazne informacije predstavljaju transformisane ulazne informacije, a odnose se na skup informacija koje definišu:

- kvalitet obrade u smislu tačnosti ostvarenih mera,
- položaja i oblika površina i kvaliteta obrađenih površina,
- proizvodnost i
- ekonomičnost obradnog sistema.

22

Automatizacija obradnog sistema

Izlazna energija predstavlja transformisanu ulaznu energiju.

Najveći deo ulazne energije se transformiše u toplotnu tokom procesa obrade, a znatno manje u kinetičku i zvučnu.

Izlazni materijal je transformisani ulazni materijal.

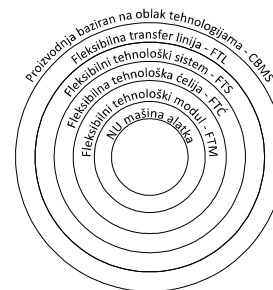
Sastoji se od:

- izradka i
- otpadnog materijala.

U otpadni materijal spadaju: strugotina utrošeno sredstvo za hlađenje i podmazivanje, utrošeno ulje itd.

23

Neke od ovih klasifikacija su univerzalno važeće, ali ovde će fokus biti ograničen na šest trenutno definisanih osnovnih tipova. Sama podela FTs se menjala kroz istoriju u zavisnosti od razvoja i primene novih tehnologija u proizvodnji.



24

Fleksibilne tehnološke strukture (FTs)

NU mašina alatka

Pojedinačne (samostalne) CNC mašine alatke karakteriše ograničeno skladištenje obradaka, automatski uređaj za zamenu alata i tradicionalni rad operater - mašina u odnosu jedan prema jedan. U mnogim slučajevima, samostalne CNC mašine alatke su grupisane u konvencionalne proizvodne celine za obradu familije delova, ali i dalje rade u odnosu jedan prema jedan mašina - operater.



25

Fleksibilne tehnološke strukture (FTs)

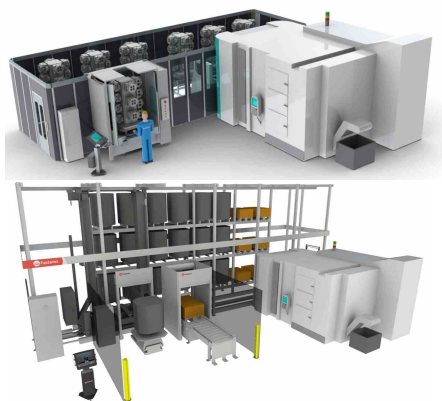
Fleksibilni tehnološki modul - FTM

Baziran je na jednoj CNC mašini za obradu sa automatskim uređajem za zamenu obradaka sa trajno dodeljenim sistemskim i tehnološkim paletama ili transporterima materijala, robotskom rukom montiranom u okviru ili izvan mašine alatke, i sa različitim načinima dostupnosti skladištenja alata. Postoji mnogo različitih opcija FTM sa kombinacijom dodatnih uređaja, kao što su automatsko merenje u radnom prostoru, detekcija stanja pohabanosti alata, kombinovanje rashladne tečnosti pod visokim pritiskom itd.

26

Fleksibilne tehnološke strukture (FTs)

Fleksibilni tehnološki modul - FTM



27

Fleksibilne tehnološke strukture (FTs)

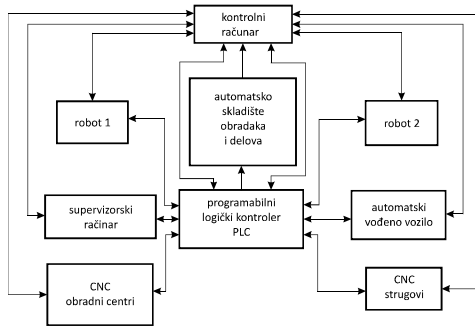
Fleksibilna tehnološka ćelija - FTĆ

Sastoji se od više CNC mašina alatki, opšte namene ili specijalnog dizajna povezane sa automatizovanim rukovanjem materijalom i uređajem za zamenu alata. FTĆ su sposobne za automatsku obradu širokog spektra različitih obradaka. Obično se koriste u jednokratnoj i maloserijskoj proizvodnji kao nezavisne obradne celine, često su polazna osnova za komponovanje FTS.

Takođe, opremljene su automatskim sistemima zamene alata, magacina alata, blokova alata, automatskim merenjem korekcije alata, automatskom zamenom glava za stezanje i čeljusti stezne glave itd. Svi ovi sistemi doprinose produktivnosti FTĆ.

28

Fleksibilna tehnološka ćelija - FTĆ



Fleksibilna tehnološka ćelija - FTĆ



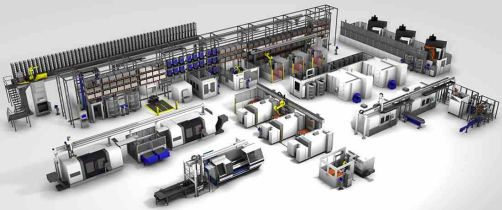
Fleksibilni tehnološki sistem - FTS

Sredinom 1960-tih tržišna konkurencija je postala intenzivnija i zahtevnija sa značajno skraćenim životnim ciklusom proizvoda. Proizvođači su ustanovili da više ne mogu osvojiti veći tržišni udeo i ostvariti veći profit proizvodnjom velikih količina unificiranih proizvoda za masovno tržište. Uspeh u proizvodnji zahtevao je usvajanje metoda proizvodnje koje mogu pružiti brz i fleksibilan odgovor na zahteve tržišta i nepredviđene promene. Mnoge kompanije su se suočile sa izazovom promene svoje proizvodne orijentacije kako bi zadovoljile zahteve trenutnog tržišta. Kao rešenje za ovaj izazov, predložena je ideja fleksibilnog sistema u proizvodnji

Fleksibilni tehnološki sistem - FTS

Fleksibilni tehnološki sistem (FTS) je grupa numerički upravljanih mašina alatki, međusobno povezanih centralnim računaskim sistemom. Različiti obradni sistemi (mašine alateke) su međusobno povezane, preko automatizovanog transportnog sistema na pozicijama za unos i izuzimanje delova u radni prostor mašina. Operativna fleksibilnost je poboljšana mogućnošću izvršavanja svih proizvodnih zadataka na velikom broju dizajniranih proizvoda u malim količinama uz bržu isporuku kupcima.

Fleksibilni tehnološki sistem - FTS



33

Fleksibilni tehnološki sistem - FTS

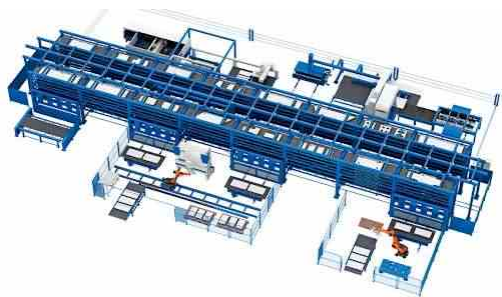
Fleksibilni tehnološki sistemi su dizajnirani kao skup integrisanih podsistema da bi ispunili tri specifična cilja:

- Sposobnost proizvodnje velikog broja komponenti, praktično nasumično.
- Sposobnost automatske dostave i izuzimanje alata i izradka na svakom obradnom sistemu.
- Sposobnost rada, praktično bez nadzora čoveka, tokom dugog vremenskog perioda.

Investicije za nabavku FTS-a je veoma visoka i značajno utiče na cenu proizvodnje dela, često je i previsoka za potrebe proizvođača delova. Visoki finansijski i organizacioni troškovi FTS-a smanjili su njihovu primenu u prošlosti. Početni izdaci su toliko visoki da ozbiljno opterećuju finansijske resurse preduzeća.

34

Fleksibilni tehnološki sistem - FTS



35

Fleksibilni tehnološki sistem - FTS



36

Fleksibilne tehnološke strukture (FTs)

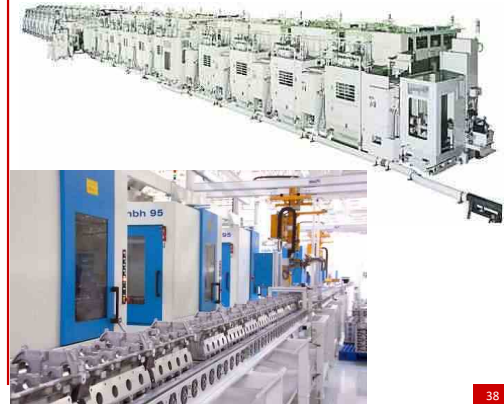
Fleksibilne transfer linije - FTL

Fleksibilne transfer (tehnološke) linije, namenjene su veliko seriskoj proizvodnji jednog ili više delova istog oblika. Obrađivani deo u velikoj seriskoj proizvodnji, primenom ovog sistema obrade, može da prođe veliki broj operacija. Svaka pojedinačna operacija obrade dodeljena je samo jednoj mašini u sistem. Ovo rezultira fiksnom konfiguracijom linije za svaku vrstu dela koja prolazi kroz sistem. Sistem za rukovanje materijalom je obično tehnološka paleta, nosač ili transporter delova. Pored mašina opšte namene, može se sastojati od specijalnih mašina, robota i specifične namenske opreme.

37

Fleksibilne tehnološke strukture (FTs)

Fleksibilne transfer linije - FTL



38

Fleksibilne tehnološke strukture (FTs)

Fleksibilne transfer linije - FTL



39

Fleksibilne tehnološke strukture (FTs)

Proizvodnja bazirana na oblak tehnologijama (CBM)

Prethodno navedeni tehnološki sistemi spadaju u kategoriju centralizovane proizvodnje sa dominantnom primenom instalisanih mašina alatki sa primenjenim rasporedom u proizvodnom pogonu i modela poslovanja. Razvojem Interneta, distributivni proizvodni sistemi su sve više usvajani od strane industrije kako koncept proizvodnje. Dva glavna pristupa distributivnoj proizvodnji su proizvodni sistemi zasnovani na Web-u i na agentima. Na osnovu toga razvijen je koncept proizvodnje bazirane na oblak tehnologijama koja je postala obećavajuća proizvodna paradigma koja će pokretati nove proizvodne poslovne modele.

40

Proizvodnja bazirana na oblak tehnologijama (CBM) - definicija

Web bazirani sistemi koriste arhitekturu klijent-server i pomoću interneta obezbeđuju jednostavnu platformu za geografski dispergovane timove za pristup i deljenje informacija u vezi sa proizvodnjom putem internet pretraživača.

Proizvodni sistemi zasnovani na agentima se sastoje od web agenata (npr. obradnih sistema - mašina alatki i robota) koji pokazuju autonomno i inteligentno ponašanje kao što je pretraživanje, rasuđivanje i učenje. Na primer, agent nezavisno rešava probleme sposoban je da donosi odluke u interakciji sa drugim agentima i njihovim okruženjem.

41

Proizvodnja bazirana na oblak tehnologijama (CBM) - definicija

Definicije proizvodnje bazirane na oblak tehnologijama:

"Proizvodnja bazirana na oblak tehnologijama je računarski i servisno orijentisan model proizvodnje kreiran od postojećih naprednih proizvodnih modela (npr. aplikacija usluga dobavljača, agilne proizvodnje, umrežene proizvodnje, proizvodnih mreža) i informacionih tehnologija preduzeća uz podršku računarstva u oblaku, Industrijskih Interneta stvari (IIoT), servisa virtuelnih tehnologija i naprednih računarskih tehnologija".

42

Proizvodnja bazirana na oblak tehnologijama (CBM) - definicija

"Proizvodnja bazirana na oblak tehnologijama je model koji omogućava sveopštu dostupnost resursa, pristup mreži na zahtev zajedničkom skupu proizvodnih resursa koji se mogu konfigurisati (npr. softverski alati, proizvodna oprema i proizvodne mogućnosti), tj. koji se mogu brzo obezbediti i pustiti u proizvodnju uz minimalan napor upravljanja ili interakcije sa dobavljačem usluga".

43

Proizvodnja bazirana na oblak tehnologijama (CBM)

"Dizajn i proizvodnja bazirana na oblak tehnologijama (CBDM) se odnosi na model razvoja proizvoda, orijentisan na usluge, u kojem korisnici usluga mogu da konfigurisu proizvode ili usluge kao i da rekonfigurisu proizvodne sisteme putem Infrastrukture kao usluge (*Infrastructure as a service - IaaS*), Platforme kao usluga (*Platform as a service - PaaS*), Hardver kao usluga (*Hardware as a service - HaaS*) i Softver kao usluga (*Software as a service - SaaS*) kao odgovor na potrebe korisnika koji se brzo menjaju. CBDM karakteriše samousluga na zahtev, pristup umreženim podacima, brza skalabilnost, udruživanje resursa i virtuelizacija".

44

Specifičnosti pojedinih nivo FTs

Potreba za korišćenje centralizovanih računarskih sistemima višeg nivoa

- Samostalnoj CNC mašini alatki nedostaje centralni računar sa rutiranjem u realnom vremenu, uravnoteženjem opterećenja i logikom planiranja proizvodnje. Prevažodno ih kontrolišu ćelijski kontroleri ili sopstveni nezavisni računari, ali mogu biti povezane i umrežene i na druge kontrolere.
- FTS će skoro uvek biti povezan sa računarom višeg nivoa u okviru proizvodnih operacija. U mnogim slučajevima je direktno vezan za korporativni računarski sistem, koji pokreće ERP sistem (Enterprise Resource Planning), sistem kontrole zaliha a ponekad i CAD sistem za projektovanje na nivou fabrike.

45

Specifičnosti pojedinih nivo FTs

Potrebe i ograničenja u smislu kapaciteta alata koji se koriste

- Pojedinačne CNC mašine alateke, FTM i FTĆ su obično ograničeni kapacitetom alata. Ukupan broj jedinica i pozicija alata ograničava pojedinačne i kombinovane obradne sisteme a redundantni alati za obradu su rezervisani kao dostupni i slobodni alati. Ovo ograničava raznovrsnost delova koji se mogu proizvoditi na obradnom sistemu.
- FTS sa automatizovanom dostavom alata i upravljanjem alatima može automatski da prenosi, razmenjuje i migrira alate putem centralizovane računarske kontrole i softvera nezavisno od aktivnosti opreme.

46

Specifičnosti pojedinih nivo FTs

Prednosti FTS u odnosu na ostale nivoe FTs

Fleksibilni tehnološki sistemi su osmišljeni da pruže brojne prednosti u odnosu na ostale tipove i konfiguracije organizacije proizvodnje. Naznačene su sledeće prednosti:

- Smanjeno vreme ciklusa izrade
- Manji broj angažovane opreme u toku obrade
- Niski direktni troškovi rada
- Mogućnost brzog prelaska na različite vrste delova
- Poboljšan kvalitet proizvoda (zbog konzistentnosti obrade)
- Veća iskorišćenost opreme i resursa (bolja iskorišćenost nego kod pojedinačnih CNC mašina)
- Brži odgovor na zahteve i promene tržišta
- Smanjeni zahtevi za prostorom

47

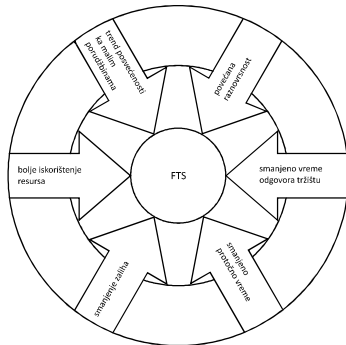
Specifičnosti pojedinih nivo FTs

Prednosti FTS u odnosu na ostale nivoe FTs

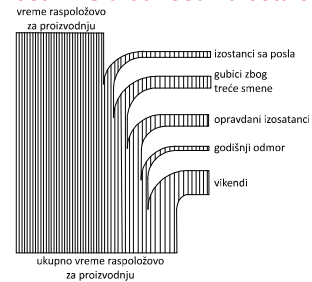
- Sposobnost optimizacije opterećenja mašina i toka proizvodnje
- Mogućnost proširenja za dodatne procese ili dodatni kapacitet
- Smanjen broj potrebnih alata i mašina
- Mogućnost varijacije oblika i karakteristike delova kako bi se izašlo u susret zahtevima kupca.
- Kompatibilan sa CIM sistemima.

48

Prednosti FTs u odnosu na ostale nivoe FTs



Prednosti FTs u odnosu na ostale nivoe FTs



U slučaju konvencionalnih ručno upravljanih mašina za obradu, stvarno vrijeme korišteno za dobijanje konačnog oblika dela je oko 30-35% radnog vremena.

Prednosti FTs u odnosu na ostale nivoe FTs

U slučaju efikasnog rada CNC mašina ovaj procenat se povećava na 80 do 85%. Korišćenjem FTs se može postići čak 90-95% efikasnosti.

Još jedna važna karakteristika FTs -a je da FTs može proizvesti delove čak i ako je operater odsutan ili u vreme praznika. Značaj primene FTs-a je očigledan uz ove činjenice.

Automatizovani sistem za rukovanje materijalom i kompjuterski baziran sistem za planiranje proizvodnje su potrebni da bi mašine bile snabdevane delovima.

FTs koristi tehnike računarske automatizacije kako bi smanjili ukupne troškove proizvodnih operacija

Globalno posmatrano osnovne karakteristike savremenih fleksibilnih tehnoloških struktura su:

- ekonomična, optimalna, proizvodnja različitih predmeta obrade uz visoku fleksibilnost i proizvodnost,
- tehnološka "karakteristika" transfer linija a fleksibilnost CNC-a,
- potpuna (totalna) integracija procesa pripreme proizvodnje, kontrole i montaže.



Sadržaj predavanja

- Potreba analize tipa, oblika i količina delova za projektovanje i primenu FTs
- Tipovi analiza
- Primeri primene analiza i rešenja u projektovanju FTs

2

Potrebe analiza tipa, oblika i količina delova

Serijska proizvodnja se procenjuje da je najčešći oblik proizvodnje u razvijenim ekonomijama. Takav način proizvodnje čini više od 50% ukupne proizvodne aktivnosti. Važno je da proizvodnja srednjeg obima, koja se tradicionalno odvija u serijama, bude što efikasnija i produktivnija.

Pored toga, postojao je trend u kompanijama da se funkcije razvoja, dizajna i proizvodnje integrišu. Pristup proizvodnji usmeren ka postizanju ovih ciljeva naziva se grupna tehnologija (GT). Grupna tehnologija je proizvodna filozofija u kojoj se slični delovi identifikuju i grupišu zajedno kako bi se iskoristile njihove sličnosti u dizajnu i proizvodnji. Slični delovi se raspoređuju u porodice delova, gde svaka porodica delova poseduje slične karakteristike dizajna i/ili proizvodnje.

3

Potrebe analiza tipa, oblika i količina delova

Proces projektovanja FTs podrazumeva višestruko poznavanje, s jedne strane, procesa, a sa druge strane principa projektovanja i stvarnih finansijskih mogućnosti kompanije. Pojedinačni koraci i procedure se mogu optimizovati, ali osnovna prostorna struktura treba biti u skladu sa trenutnim i budućim ciljevima proizvodnje. Specifični zahtevi se mogu odnositi na buduću integraciju mašina u adaptivne sisteme, a prostorna struktura treba da omogući sledeće:

- Otvorenost i modularnost tehničko-tehnoloških rešenja,
- Otvorenost sistema kontrole,
- Modularnost i proširivost softverskih rešenja.

4

Potrebe analiza tipa, oblika i količina delova

U procesu projektovanja fleksibilnih tehnoloških struktura donose se različite odluke koje određuju konfiguraciju sistema i stepen automatizacije (autonomije sistema). **Proces kreiranja namenske Fleksibilne tehnološke strukture se zasniva na nizu ulaznih parametara kao što su:**

- asortiman proizvoda (prizmasti, rotacioni), godišnja količina, kvalitet,
- tehnološka složenost obradaka, geometrijska složenost,
- vrste obrade,
- dimenzije i težina delova
- oblici i materijal izradaka,
- mogućnosti formiranja grupa sličnih delova (grupisanje delova),

5

Potrebe analiza tipa, oblika i količina delova

Zahtevi tržišta za sve relevantne karakteristike koji su neophodni za uspešno plasiranje proizvoda:

- životni vek proizvoda,
- rentabilnost proizvodnje

Kao prvi i neophodan korak u formiranju FTs je detaljna tehnološka analiza proizvoda i analiza uslova obrade, zatim projektovanje fleksibilnog proizvodnog sistema koji se sastoji od sledećih koraka:

- Izbor tipa mašine
- Izbor broja mašina
- Izbor sistema za rukovanje materijalom
- Izbor sistema za skladištenje i skladišta
- Izbor tipa i konfiguracije FTs

6

Potrebe analiza tipa, oblika i količina delova

Izbor tipa mašine

- Kinematička struktura mašine,
- radni prostor,
- dimenzije,
- nosivost,
- tačnost pozicioniranja,
- snaga i brzina vretena,
- tip alata,
- kapacitet magacinu alata,
- broj upravljanih osa,
- sistem zamene paleta,

7

Potrebe analiza tipa, oblika i količina delova

Izbor broja mašina

- Određivanje broja mašina koje obezbeđuju proizvodni kapacitet za traženu vrstu i količinu proizvoda.

Izbor sistema za rukovanje materijalom

- tip sistema sa raspodelom protoka materijala,
- tip sistema za automatsku promenu obradaka i tačnost pozicioniranja,
- dimenzije i broj sistemskih i tehnoloških paleta,
- uređaji za stezanje,
- principi i metode stezanja proizvoda,
- broj stezanih pozicija,
- broj uređaja stezanje,
- transportni sistemi - manipulatori, roboti, AVV vozila.

8

Potrebe analiza tipa, oblika i količina delova

Izbor sistema za skladištenje i skladišta

- Sistem za skladištenje obradaka,
- Broj skladišta, međuskladišta,
- Sistem za skladištenje paleta,
- Broj ulaznih i izlaznih stanica,

Izbor tipa i konfiguracije FTs

- Konfiguracija mašine alatke,
- Konfiguracija transportnog sistema,
- Konfiguracija sistema za skladištenje podataka,

9

Potrebe analiza tipa, oblika i količina delova

Već u ranoj fazi projektovanja potrebno je poznavati niz ulaznih-izlaznih parametara koji određuju strukturu i oblik FTs. Potreban je integrisani pristup analizi opreme i procesa u ranoj fazi definisanja sistema. Opšte karakteristike koje definišu osnovnu strukturu budućeg FTs su:

- karakteristike delova, tehnologije i alata,
- karakteristike mašina za tehnološke zadatke,
- broj mašina u sistemu, zavisi od potrebnog kapaciteta, broja obradaka u jedinici vremena,
- sistem za rukovanje materijalom zavisi od dimenzija i težine radnog predmeta, vrste pribora i sistema skladištenja,
- sistem skladištenja zavisi od vrste sistema za rukovanje materijalom, dimenzija radnih komada, broja uređaja.

10

Potrebe analiza tipa, oblika i količina delova

- veličina sistema skladištenja koja mora da obezbedi autonomnu proizvodnju u datom vremenu,
- prostorna struktura FTs. Izgled i oblik fleksibilne tehnološke strukture zavisi od vrste sistema za rukovanje materijalom, sistema za skladištenje obradaka, sistema upravljanja
- struktura sistema upravljanja.

Ovi podaci se koriste u bazi podataka za analizu uticaja različitih parametara na strukturu sistema, odnosno za odabir najpogodnije i optimalne strukture.

Svaka FTs je jedinstvena i prilagođena grupi proizvoda za koju je namenjena. Ali u isto vreme, svi sistemi su zasnovani na osnovnim principima. Svaki uređaj ima autonomni sistem upravljanja (CNC, PLC.), komunikacija između njih zahteva različite tipove kompatibilnih interfejsa i protokola kako bi se nesmetano razmenjivali podaci, prenosile i primale informacije o statusu, aktivnostima i radu na koordinisan način sa ciljem optimalnog korišćenja opreme i planirane proizvodnje.

11

Potrebe analiza tipa, oblika i količina delova

Faze projektovanja FTs:

- Izbor odgovarajućeg skupa (grupe) delova za obradu,
- Analiza skupa delova,
- Definisane tehnološkog procesa obrade delova,
- Projektovanje (komponovanje) pojedinih alternativnih rešenja FTs,
- Izbor "optimalne" varijante FTs.

Kod prve dve faze:

- Izbor odgovarajućeg skupa delova i
 - Analiza skupa delova,
- neophodna je analiza geometrijsko-tehnoloških parametara, tj. karakteristika delova koji čine dati skup.

12

Potrebe analiza tipa, oblika i količina delova

Tehnološko projektovanje i inženjering savremenih obradnih procesa zahteva analizu svih tehničko-tehnoloških parametara procesa u cilju modelovanja i definisanja optimalnih uslova za procese obrade i sistema koji će obezbediti jeftinija, ali u isto vreme kvalitetnija i isplativija proizvodnja.

Planiranje procesa, kao osnovna delatnost tehnološke pripreme proizvodnje, počinje proučavanjem projektne dokumentacije, odnosno proučavanjem načina izvođenja proizvoda i njegovih delova. Sadrži određene faze, kao i metode i uslove za izvođenje svake faze u izradi delova. Glavne karakteristike pri izboru strategije obrade su:

- materijal radnog predmeta,
- konfiguracija radnog predmeta,

13

Potrebe analiza tipa, oblika i količina delova

- tolerancije oblika,
- tolerancije položaja,
- kvalitet obrađenih površina.

FTs se projektuje tako da obrađuje ne jedan deo, već familiju sličnih delova. To podrazumeva korišćenje principa grupne tehnologije, gde mnoge tehnološke faze sadrže određene sličnosti. Grupisanjem sličnih problema mogu se pronaći zajednička rešenja.

Dakle, jedna tehnološka grupa obuhvata sve delove koji se mogu obrađivati na jednoj mašini sa istim priborom i alatima, što znači da imaju zajedničku tehnološku osnovu. Primenom grupne tehnologije postiže se izvesna standardizacija tehnoloških postupaka, što omogućava bržu pripremu za proizvodnju novih proizvoda.

14

Potrebe analiza tipa, oblika i količina delova

Svrha i cilj analize:

- Definisanje glavnih (tehničko tehnoloških) karakteristika obradnih, manipulacionih i merno-kontrolnih sistema,
- Definisanje podloga za razvoj programskih sistema za upravljanje Fleksibilnom tehnološkom strukturom,
- Definisanje podloga za razvoj programskih sistema za planiranje i upravljanje proizvodnjom,
- Definisanje podloga za razvoj programskih sistema za automatizovano projektovanje proizvoda i tehnologije izrade.

15

Potrebe analiza tipa, oblika i količina delova

Organizovanje proizvodne opreme u mašinske grupe, gde je svaka grupa specijalizovana za proizvodnju jedne familije delova, naziva se i čelijska (grupna) proizvodnja.

Poreklo grupne tehnologije u proizvodnji može se pratiti još od pojave proizvodnih linija a grupna proizvodnja je primenljiva na širok spektar proizvodnih situacija. Za primenu grupne tehnologije najprikladniji su sledeći uslovi:

- Fabrika trenutno koristi tradicionalnu serijsku proizvodnju i raspored procesa, što rezultira velikim obimom rukovanja materijalom i visokim zalihama.
- Moguće je grupisati delove u porodice delova. Ovo je neophodan uslov. Svaka grupa mašina za proizvodnju u grupnoj tehnologiji je dizajnirana da proizvodi datu porodicu delova.

16

Potrebe analiza tipa, oblika i količina delova

Postoje dva glavna zadatka koje kompanija mora preduzeti kada primenjuje grupnu tehnologiju. Ovi zadaci predstavljaju značajne prepreke za primene grupne tehnologije.

- **Identifikovanje familije delova.** Ako fabrika proizvodi veliku količinu različitih (10.000) delova, pregled svih crteža delova i grupisanje delova u porodice je značajan i dugotrajan zadatak.
- **Preuređenje mašina alatki u mašinske grupe.** Planiranje i izvršenje ovog preuređivanja je dugotrajno i skupo, a mašine ne proizvode tokom grupisanja.

17

Potrebe analiza tipa, oblika i količina delova

Grupna tehnologija i mašinske grupe nude značajne prednosti kompanijama koje imaju mogućnost da ih primenjuju i organizuju proizvodnju:

- GT promoviše standardizaciju alata, postavljanja i podešavanja.
- Rukovanje materijalom je smanjeno jer su rastojanja unutar mašinskih grupa mnogo kraća nego unutar cele fabrike.
- Planiranje procesa proizvodnje su pojednostavljena.
- Vreme podešavanja se smanjuje, što rezultira kraćim vremenom proizvodnje.
- Smanjen je rad u procesu proizvodnje dela.
- Zadovoljstvo radnika se obično poboljšava kada radnici sarađuju u GT.
- Obavlja se kvalitetnije posao.

18

Potrebe analiza tipa, oblika i količina delova

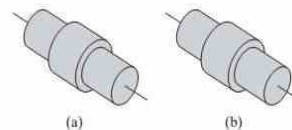
Familija delova je grupa delova koji su slični po geometrijskom obliku i veličini ili u zahvatima obrade potrebnim za njihovu proizvodnju. Delovi unutar porodice su različiti, ali su njihove sličnosti dovoljno bliske da zaslužuju njihovo uključivanje kao članova porodice delova. Prikazane su dve različite porodice delova.

Dva dela na slici su veoma slična (identična) u pogledu geometrijskog dizajna, ali prilično različita u smislu proizvodnje zbog razlika u tolerancijama, količinama proizvodnje i materijalima.

Delovi prikazani na drugoj slici čine familiju delova u proizvodnji, ali zbog njihove različite geometrije sa stanovišta dizajna izgledaju sasvim drugačije, ali primenjuje se sličan (isti) tehnološki postupak.

19

Potrebe analiza tipa, oblika i količina delova

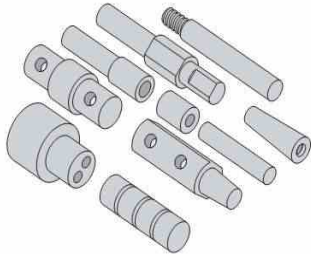


Dva dela identičnog oblika i veličine, ali različitih proizvodnih zahteva:

- 1,000,000 kom/god, tolerancija= 0, 10mm., materijal =1015CR čelik, valjana ploča; i
- 100 kom/god, tolerancija = 0,001mm, materijal = 18-8 nerđajući čelik.

20

Potrebe analiza tipa, oblika i količina delova



Familija delova sa sličnim zahtevima proizvodnog procesa, ali različitim geometrijskim (dizajnerskim) atributima. Svi delovi su mašinski obrađuju od materijala cilindričnog oblika obradom struganjem; neki delovi zahtevaju glodanje i/ili bušenje

21

Tipovi analiza

Metode analize delova:

Najveća pojedinačna prepreka u prelasku na grupnu tehnologiju sa konvencionalnog načina proizvodnje je problem grupisanja delova u porodice. Postoje tri opšte metode za rešavanje ovog problema. Sve tri su dugotrajne i uključuju analizu velikog broja podataka od strane odgovarajuće obučenog osoblja. Tri metode koje se koriste su:

- **intuitivno grupisanje,**
- **klasifikacija i kodiranje delova i**
- **analiza toka proizvodnje.**

22

Tipovi analiza

Intuitivno grupisanje delova:

Ova metoda, poznata i kao metoda vizuelne inspekcije, najmanje je sofisticirana i najjeftinija metoda. Tvrdi se da je to najčešći metod koji kompanije koriste za identifikaciju porodica delova. Intuitivno grupisanje uključuje klasifikaciju delova u porodice od strane iskusnog tehničkog osoblja u fabrici koje pregleda fizičke delove ili njihovu tehničku dokumentaciju i raspoređuje ih u grupe sa sličnim karakteristikama.

Mogu se razlikovati dve kategorije sličnosti delova:

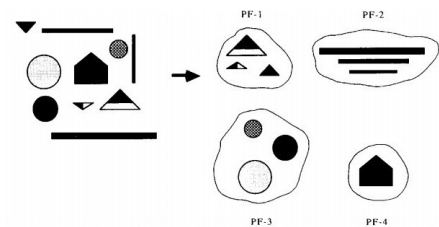
- **atributi dizajna**, koji se tiču karakteristika dela kao što su geometrija, veličina i materijal, i
- **proizvodni atributi**, koji razmatraju korake (zahvate) obrade koji su potrebni za izradu dela.

23

Tipovi analiza

Intuitivno grupisanje delova:

Delovi se grupišu prema sličnosti geometrijskog oblika. Grupisani su u 4 porodice. Grupisanje delova pomoću vizuelne metode zavisi od ličnih preferencija, iskustva tehnologa. Stoga je ovaj metod primenljiv u slučajevima kada je broj delova prilično ograničen. Na slici imamo 10 delova, grupisani su u 4 grupe.



24

Tipovi analiza

Atributi dizajna i proizvodnje koji su obično uključeni u sistem grupe klasifikacije i tehnologije kodiranja.

Atributi dizajna delova	Atributi proizvodnje delova
Osnovna spoljašnja konfiguracija	Glavni zahvati obrade
Osnovna unutrašnja konfiguracija	Minimalan broj operacije
Rotacioni ili pravougaoni oblik	Redosled operacija
Odnos dužine i prečnika (rotacioni delovi)	Gabaritne dimenzije
Razmera (pravougaoni delovi) AxBxH	Završna obrada
Vrsta materijala	Potrebne mašine za obradu
Funkcija dela	Vreme ciklusa proizvodnje
Gabaritne dimenzije	Veličina serije
Minimalne dimenzije	Godišnja proizvodnja
Tolerancije	Potrebna oprema
Završna obrada	Potrebni alati za obradu

25

Tipovi analiza

Klasifikacija i kodiranje delova:

Ova metoda je najčešće u upotrebi od ponuđenih. Kod ove metode identifikuju se sličnosti među delovima i te sličnosti su povezane u sistemu kodiranja koji obično uključuje i attribute dizajna i proizvodnje dela. Razlozi za korišćenje šeme kodiranja uključuju:

- **Definisanje dizajna.** Dizajner koji razvija novi deo može da koristi sistem za pronalaženje dizajna da utvrdi da li sličan deo već postoji. Prosto menjanje postojećeg dela zahteva mnogo manje vremena od dizajniranja potpuno novog dela od početka.

26

Tipovi analiza

Klasifikacija i kodiranje delova:

- **Automatsko planiranje procesa.** Dodeljena šifra dela za novi deo se može koristiti za traženje planova procesa za postojeće delove sa identičnim ili sličnim kodovima.
- **Dizajn mašinske grupe.** Šifre delova se mogu koristiti za projektovanje mašinskih grupa (kreiranje grupe mašina) koje mogu da proizvedu sve članove određene porodice delova, koristeći koncept kompozitnih delova.

27

Tipovi analiza

Klasifikacija i kodiranje delova:

Da bi izvršilo klasifikaciju delova kodiranjem, tehnolog mora da ispita karakteristike dizajna i/ili proizvodnje svakog dela. Ovo se ponekad radi upoređivanjem sa tabelama koje definišu operacije i zahvate obrada za familije delova kako bi se posmatrani deo podudara sa karakteristikama opisanim i dijagramima u tabelama. Primenom metoda kodiranja, delovi se mogu klasifikovati na osnovu sledećih karakteristika:

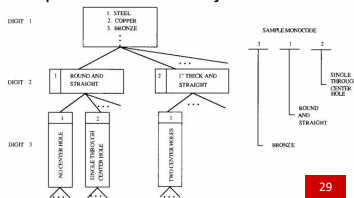
1. Geometrijski oblik i složenost
2. Dimenzije
3. Vrsta materijala
4. Oblik sirovine
5. Potrebna tačnost gotovog dela

28

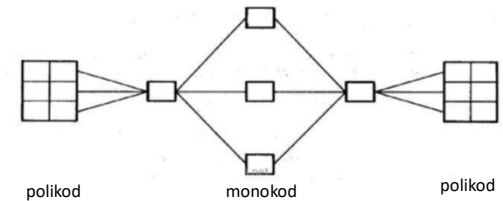
Klasifikacija i kodiranje delova:

Koristeći sistem kodiranja, svakom delu se dodeljuje numerički i/ili abecedni kod. Svaka cifra ovog koda predstavlja obeležje dela. Trenutno dostupni sistemi kodiranja razlikuju se u pogledu dubine pokrivenosti prethodnih pet karakteristika. Na primer, sistem kodiranja može da pruži više informacija o obliku i dimenziji dela, dok drugi može da naglasi tačnost dela. Postoje tri osnovna tipa sistema kodiranja:

- monokodni,
- polikodni i
- hibridni.



29

Klasifikacija i kodiranje delova:**Hibridni način označavanja delova**

30

Klasifikacija i kodiranje delova:

Jedan od sistema klasifikacije predstavlja "Opitz sistem klasifikacije" i kodiranja, koristi tabele za klasifikaciju ove vrste. Savremeniji i produktivniji pristup uključuje korišćenje kompjuterizovanog sistema klasifikacije i kodiranja, u kome korisnik odgovara na pitanja koja postavlja primenjena klasifikatoru u obliku softverskog sistema. Na osnovu odgovora i postavljenih pravila, računar dodeljuje kodni broj delu.

Shodno tome, sistemi za klasifikaciju i kodiranje delova spadaju u jednu od tri kategorije:

1. sistemi zasnovani na atributima dizajna delova,
2. sistemi zasnovani na proizvodnim atributima delova, i
3. sistemi zasnovani na karakteristikama dizajna i proizvodnje.

31

Klasifikacija i kodiranje delova:

Tipične karakteristike dizajna i izrade delova su prethodno navedene u tabeli (slajd 24). U smislu značenja simbola u kodu, koriste tri strukture u šemama klasifikacije i kodiranja:

- **Hijerarhijska struktura**, poznata i kao *mono kod*, u kojoj interpretacija svakog uzastopnog simbola zavisi od vrednosti prethodnih simbola
- **Struktura lančanog tipa**, takođe poznata kao *poli kod*, u kojoj je interpretacija svakog simbola u nizu uvek ista; ne zavisi od vrednosti prethodnih simbola
- **Mešovita struktura**, hibrid dve prethodne šeme kodiranja.

32

Analiza toka proizvodnje delova:

Predstavlja metodu za identifikaciju familije delova i grupa mašina za proizvodnju koja koristi informacije sadržane na tehnološkim kartama, a ne na crteu dela. Ove familije delova se zatim mogu koristiti za formiranje logičkih mašinskih grupa u rasporedu grupne tehnologije. Analiza toka proizvodnje koristi proizvodne podatke, a ne podatke o dizajnu za identifikaciju familija delova.

Prvo, delovi čije su osnovne geometrije prilično različite mogu ipak zahtevati slične ili čak identične operacije procesa obrade.

Drugo, delovi čija je geometrija prilično slična mogu ipak zahtevati operacije procesa obrade koji su sasvim drugačije.

33

Analiza toka proizvodnje delova:

Postupak analize toka proizvodnje mora započeti definisanjem obima, što znači odlučivanje o populaciji delova koji će se analizirati. Da li svi delovi proizvodnje treba da budu uključeni u studiju ili da se za analizu odabere reprezentativni deo? Kada se ova odluka donese onda se postupak analize operacija, toka proizvodnje, sastoji od sledećih koraka:

- **Prikupljanje podataka.** Minimalni podaci potrebni u analizi su broj dela i redosled obrade, koji je sadržan u dokumentima koji se nazivaju operacijski listovi. Svaka operacija je obično povezana sa određenom mašinom, tako da određivanje sekvence operacija takođe određuje sekvencu mašine.

34

Analiza toka proizvodnje delova:

- **Sortiranje operacija procesa.** U ovom koraku, delovi su raspoređeni u grupe prema sličnosti njihovih procesnih operacija. Da bi se olakšao ovaj korak, sve operacije ili mašine uključene u proces su svedene na kodne brojeve. Za svaki deo, kodovi operacija su navedeni redosledom kojim se izvode. Procedura sortiranja se zatim koristi da bi se delovi rasporedili u grupe, koje su grupe delova sa identičnim operacijama. Neke grupe mogu da sadrže samo jedan broj dela, što ukazuje na jedinstvenost obrade tog dela. Druge grupe će sadržati mnogo delova, a oni će činiti porodicu delova.

35

Analiza toka proizvodnje delova:

Mogući kodni brojevi koji predstavljaju Operacije i/ili mašine za sortiranje u analizi toka proizvodnje (veoma pojednostavljena tabela)

Operacija ili mašina	kod
odsecanje	01
strug	02
revolver strug	03
glodalica	04
ručno bušenje	05
CNC bušenje	06
brušenje	07

36

Analiza toka proizvodnje delova:

Grafikoni analize toka proizvodnje. Procesi koji se koriste za svaki klaster se zatim prikazuju u grafikonu analizi toka proizvodnje, čiji je pojednostavljeni primer ilustrovan u tabeli. Grafikon je tabela brojeva procesa ili mašinskih kodova za sve klasterse delova. U literaturi GT grafikon analiza toka proizvodnje se pominje terminom incidencija delova matrica mašine. U ovoj matrici, unosi imaju vrednost $k_{ij}=1$ ili 0: vrednost $k_{ij}=1$ ukazuje na to da odgovarajući deo zahteva obradu na mašini j , a $k_{ij}=0$ označava da se nikakva obrada komponente ni ne vrši na mašini j . Radi jasnoće u predstavljanju matrice, nule se često označavaju kao prazni (prazni) unosi.

37

Analiza toka proizvodnje delova:

Grafikon analize toka proizvodnje, takođe poznat kao matrica učestalosti delova i mašina

Mašina (j)	Deo (i)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1			1				1
2		1			1			
3		1		1			1	
4			1		1	1		
5	1	1				1		
6	1				1			1
7			1	1			1	
8						1		1
9			1				1	

38

Analiza toka proizvodnje delova:

Analiza klastera. Iz obrasca podataka u grafikonu analiza toka proizvodnje, povezane grupe se identifikuju i preuređuju u novi obrazac koji spaja klasterse sa sličnim sekvencama mašina. Prikazano je jedno moguće preuređenje originalnog grafikona analiza toka proizvodnje, gde su različite grupe mašina naznačene unutar blokova. Često je slučaj da se neki klasteri ne uklapaju u logičke grupe. Ovi delovi se mogu analizirati da bi se videlo da li se može razviti revidirani procesni niz koji se uklapa u jednu od grupa. U suprotnom, ovi delovi moraju i dalje da se izrađuju konvencionalnim rasporedom procesa.

39

Analiza toka proizvodnje delova:

Grafikon analize toka proizvodnje, takođe poznat kao matrica učestalosti delova i mašina

Mašina (j)	Deo (i)							
	E	H	C	B	D	F	A	F
3	1	1	1					
6		1	1					
2	1		1					
7				1	1	1		
5				1		1		
1					1	1		
4							1	1
8								1
9							1	1

40

Tipovi analiza

FTs su složeni sistemi koji zahtevaju pažljivo planiranje i temeljno projektovanje.

Neki od glavnih zadataka pri odabiru i projektovanju FTs, koji su u prethodnom delu razmatrani, su:

- Odabir familije delova koja je po dizajnu i po primeni kompatibilna. U tu svrhu se može koristiti klasifikacioni koncept grupe tehnologije.
- Specificiranje zahteva i sposobnosti sa performansama pod sistema i celokupnog sistema.
- Merenje performansi alternativnih rešenja.
- Ekonomska opravdanost sistema.
- Određivanje veličine sistema.
- Simulacija sistema i optimizacija.
- Izbor opreme za FTs.
- Projektovanje sistema upravljanja.
- Odabir osoblja i obuka za upravljanje sistemom

41

Tipovi analiza

Izboru, projektovanju nove konfiguracije, FTs treba da prethodi temeljno planiranje i analiza jer bi FTs trebalo da bude osmišljena tako da obezbedi efikasan rad kompanije.

Faktori koje treba uzeti u obzir da bi ukupna efikasnost i efektivnost FTs bila optimalna:

1. **Minimiziranje vremena procesa:** Proces mora biti dizajniran da minimizira obradu i rukovanje delovima.
2. **Maksimalno korištenje svake mašine:** Postiže se balansiranjem radnog opterećenja u sistemu i planiranjem u realnom vremenu.
3. **Korištenje automatizovanih sistema za skladištenje:** Neobrađeni delovi moraju se dopunjavati kada je to potrebno kako bi se izbegla neiskorištenost obradnih centara.

42

Tipovi analiza

4. **Obezbeđivanje adekvatnih senzora za otkrivanje grešaka:** Ovo uključuje detekciju prisustva i odsustva delova, nepravilnog postavljanja, nadzor habanja alata, greške mašine, itd. Može se uraditi korišćenjem različitih sistema, kontaktnih senzora, induktivnih senzora itd.
5. **Mogućnosti rezervne kopije:** Ponovljivost je važna za obezbeđivanje nesmetanog rada FTs. Sistem treba da bude u stanju da radi čak i kada dođe do kvara (npr. korišćenje rezervnih alata, obezbeđenje izolovanja neispravnih mašina, snabdevanje alternativnim materijalom i transportnim putevima, dodatni kapacitet mašine).

43

Tipovi analiza

6. **Uključivanje tehnika merenja i kontrole u tokom procesa ili nakon procesa obrade:** Ovo obezbeđuje kvalitet proizvoda i smanjuje škarta i doradu.
7. **Upotreba tehnika identifikacionog obeležavanja:** Bar kodovi i RFID oznake su sada veoma dostupni za identifikaciju proizvoda kao i komponenti. Ovo omogućava automatsko praćenje radnih predmeta i alata.

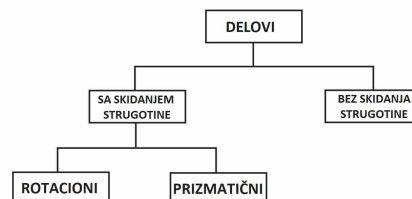
44

Svaku FTs možemo posmatrati kroz tri glavna podsistema:

- 1. Računarom upravljana proizvodna oprema** (npr. numerički kontrolisane mašine alatke, roboti, portalni manipulatori, sistemi za paletizaciju, stanice za pranje i odmašćivanje delova, uređaji za prethodno podešavanje alata, sistemi za merenje u procesu, posebne merno kontrolne mašine itd.)
- 2. Automatizovani sistem skladištenja, preuzimanja i transporta delova**
- 3. Sistem kontrole proizvodnje** (uključujući kontrolu mašina alatki, alata i celokupne logistike). Neke FTs imaju dodatne podsisteme.

45

Definisanje sistema prema vrsti mehaničke obrade delova:



- Delovi u grupi “bez skidanja strugotine” ne sadrže ni jednu operaciju obrade skidanjem materijala,
- Delovi u grupi “skidanjem strugotine” sadrže bar jednu operaciju obrade skidanjem materijala.

46

Definisanje sistema prema vrsti mehaničke obrade delova:

Prethodnim analizama videli smo da instalisana proizvodna oprema koja se koristi u oviru FTs direktno zavisi od proizvoda za koji je projektovan:

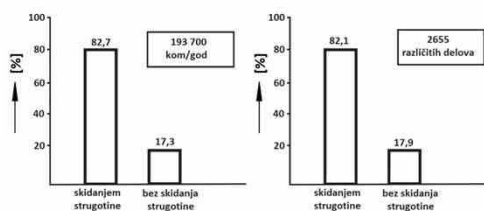
- 1. FTs bez skidanja materijala:** Obradni sistemi koji se koriste u FTs za obradu deformisanjem uključuju prese sa i bez alata, laserske obradne centre, Mašine za savijanje, makaze za sečenje itd. Tipični FTs sastoji se od sistema za dostavljanje materijala (lima), uređaja za izuzimanje materijala, transportnog uređaja sa uređajem za sortiranje, različite vrste presa, ravnih makaza, uređaj za manipulaciju i automatsko skladištenje.

47

- 2. FTs za obradu skidanjem materijala:** Ovaj tip FTs obično ima različit broj obradnih sistema za obradu prizmatičnih i/ili sistema za obradu rotacionih delova. Obradni centri nude najveću fleksibilnost, jer mogu da izvedu mnogo različitih operacija obrade. (npr. glodanje, struganje, bušenje i bušenje). Ovo je omogućeno sistemom za promenu alata koji je ili ugrađen u obradni centar ili ga podržava. Mašine specijalne namene takođe mogu biti uključene u FTs za obavljanje operacija koje su jedinstvene ili zahtevaju veću efikasnost. Mašine za pranje delova i mašine za merenje i inspekciju čine takođe opremu FTs. Familija delova za koju je FTs projektovan određuje mogućnosti koje se zahtevaju od mašina alatki (npr. tačnost, veličina, snaga itd.).

48

Definisanje sistema prema vrsti mehaničke obrade delova:

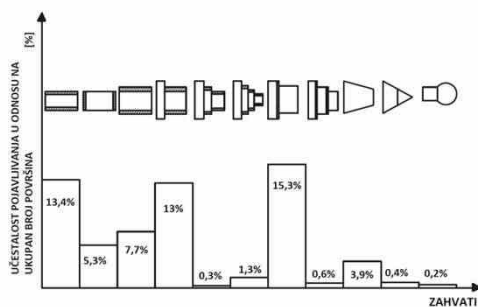


Vrste analiza:

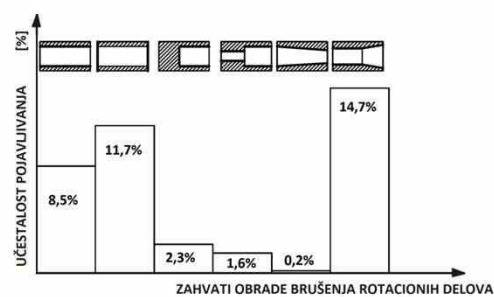
Analize tehnoloških parametara koje se najčešće posmatraju pri projektovanju FTs.

- vrste priprema,
- vrste materijala radnih predmeta,
- vreme obrade struganjem,
- kvalitet obrade (stepen površinske hrapavosti);
- učestanost obrade brušenjem,
- vrsta termičke obrade,

Učestanost obrade delova brušenjem, spoljašnjih površina:



Učestanost obrade delova brušenjem, unutrašnjih površina:



Primena rezultata analiza i rešenja u projektovanju FTs

Grupisanje delova prema osnovnim geometrijskim karakteristikama

- **rotacioni delovi** - spoljna konfiguracija se najbolje može opisati cilindrom prečnika "D" i dužine "L" (*obradni sistem* – obradni centar za struganje);
- **prizmatični delovi** - spoljna konfiguracija se najbolje može opisati paralopipedom dimenzija $a \times b \times c$ (*obradni sistem* – obradni centar za glodanje, bušenje- obradni centar);

Neke od karakteristika grupisanja po ovoj kategoriji delova su:

- Maksimalni prečnik dela
- Složenost konture
- Vitkost dela

53

Primena rezultata analiza i rešenja u projektovanju FTs

Konfiguracija FTs za obradu delova tipa **vrtila**:

- **vrsta priprema**:
 - šipka
- **operacije obrade koje se primenjuju**:
 - odsecanje
 - obrada krajeva
 - struganje jedne strane
 - struganje druge strane
 - termička obrada
 - brušenje

54

Primena rezultata analiza i rešenja u projektovanju FTs

konfiguracija FTs za obradu delova tipa **diska**:

- **Vrsta priprema**:
 - komadni (šipka, odkivak, odlivak, ...);
- **potrebne operacije obrade**:
 - struganje jedne strane
 - struganje druge strane
 - termička obrada
 - brušenje

55

Primena rezultata analiza i rešenja u projektovanju FTs

Izbor ili razvoj namenske FTs

Tehnološka analiza i izbor alata za rezanje je osnova za izbor ili razvoj tipa mašine alatke, uređaja za stezanje i pomoćne opreme koji su direktno uključeni u realizaciju tehnološkog procesa izrade delova. Mašine alatke kao osnovni elementi FTs suštinski određuju njenu prostornu strukturu. Glavne karakteristike mašina alatki su:

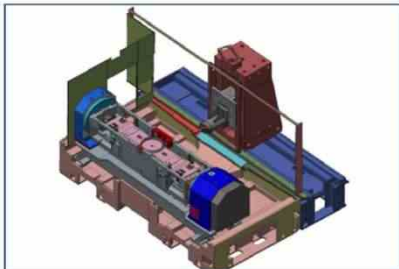
- **Geometrijske karakteristike** (kinematičke karakteristike mašine, radni prostor, maksimalne dimenzije, položaj obradaka itd.),
- **Tehnološke karakteristike** (sabilnost konstrukcije mašine, maksimalna brzina rotacije glavnog vretena, snaga glavnog vretena, brzine pomaka i ubrzanja po osi, broj alata, vreme promene alata itd.),
- **Karakteristike performansi** (tačnost i ponovljivost mašine, produktivnost, fleksibilnost, složenost obrade, pouzdanost rada mašine, održavanje itd.).

56

Primena rezultata analiza i rešenja u projektovanju FTs

Izbor ili razvoj namenske FTs

Za grupu proizvoda predstavljenu u analizama, kinematska struktura mašine je izabrana na osnovu tehnološke analize. Pošto ovaj tip mašine nije bio dostupan na tržištu, konfiguracija mašina je izabrana u skladu sa familijom delova obrade za koju je FTs dizajnirana.



57

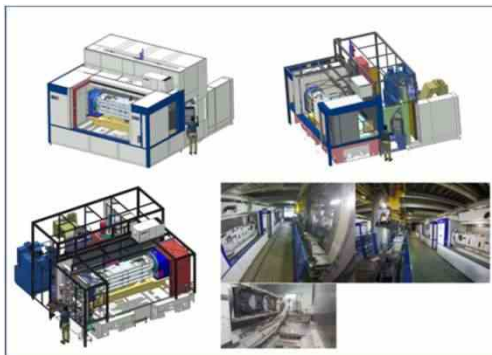
Primena rezultata analiza i rešenja u projektovanju FTs

Karakteristike obradnog sistema koji može da obavlja tehnološke zadatke zavise od izabrane kinematske strukture. Prilikom projektovanja obradnog centra posebno je analizirano i utvrđeno:

- Radna površina mašine (zavisi od dimenzija radnog predmeta i načina pričvršćivanja radnog predmeta),
- Tačnost pozicioniranja mašine (zavisi od tolerancije radnog predmeta),
- Snaga i brzina vretena (zavisi od parametara obrade),
- Tip alata (zavisi od radnog predmeta i vrste obrade),
- Kapacitet magacina alata (zavisi od broja radnih komada, veka trajanja alata i procenjenog vremena rada mašine),
- Broj kontrolisanih osa (zavisi od vrste obrade, od načina i vrste pričvršćivanja radnog predmeta),
- Prihvatanje radnog predmeta (zavisi od njegove težine, pričvršćivanja i težine palete),
- Tip, veličina i broj tehnoloških paleta (u zavisnosti od radnog komada i načina protoka materijala).

58

Primena rezultata analiza i rešenja u projektovanju FTs



59

Primena rezultata analiza i rešenja u projektovanju FTs

Stoga možemo da zaključimo, glavna karakteristika obradnih sistema je prilagodljivost, odnosno fleksibilnost, na svim nivoima, što je osnovni zahtev koji proizilazi iz potreba tržišta.

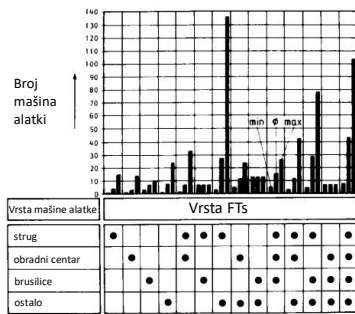
To znači sistemsko razmišljanje od pojedinačnog procesa na, mašini alatki preko fleksibilnih ćelija, do fleksibilnih tehnoloških sistema. Fleksibilnost svakog od njih zahteva integrisani pristup koji uključuje sagledavanje problema na više nivoa:

- **Proizvod** - personalizacija, lokalna proizvodnja, fleksibilnost po niskoj ceni,
- **Proces** – umrežena proizvodnja, modularna struktura,
- **Poslovni modeli** – fragmentacija lanca vrednosti,
- **Veštine** – interdisciplinarno razmišljanje (inženjersko znanje) je ključno.

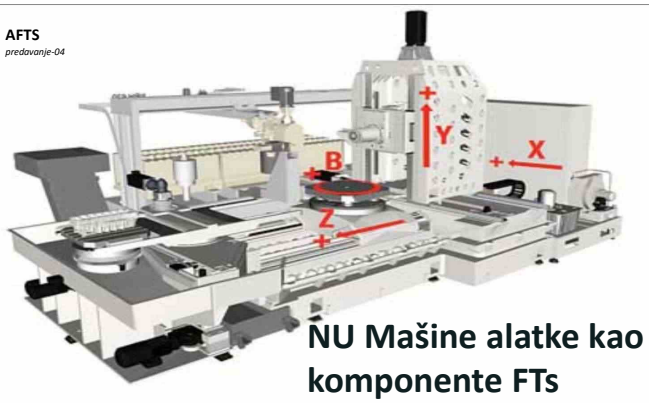
60

Primena rezultata analiza i rešenja u projektovanju FTs

Istraživanje koje je sproveo Institut za proizvodno inženjerstvo i automatizaciju Fraunhofer o FTs-*ma* koji su već delimično instalisani, detaljno planirani ili konceptualno dizajnirani krajem 1990-tih, pokazalo je da se u Nemačkoj u narednim godinama planira veliki asortiman svih vrsta i veličina FTs-a.



61



NU Mašine alatke kao komponente FTs

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Veliki napredak koji se desio i transformisao sposobnost mašina alatki je primena tehnologije kompjuterskog numeričkog upravljanja (KNU) koja omogućava automatsko upravljanje alatom prema unapred napisanom računarskom programu, razvoj nekonvencionalnih tehnologija obrade dovela je do sve veće automatizacija od 1960-ih.

Automatizacija u oblasti pojedinačne i maloserijske proizvodnje mogla se ekonomski primeniti i ostvariti pojavom i primenom fleksibilnijih načina upravljanja, tj. pojavom *numerički upravljanih mašina alatki (NU, CNC)* tj. obradnih tehnoloških sistema baziranih na primeni računarskog numeričkog upravljanja.

3

Sadržaj predavanja

- Put od pojedinačne NU mašine do FTs
- Tendencija razvoja NU Mašina i njihovih podсистема
- Potrebe i zahtevi od pojedinačnih NU mašina do FTs
- Automatizovano programiranje NUMA

2

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Razvoj NU upravljanja

- NC (Numerical Control)
 - Upravljačka kontrola bazirana na primeni papirnih i drugih traka kao nosiocu upravljačkih informacija
- DNC (Direct Numerical Control)
 - Pojedinačni računar, brz glavni računar
 - Centralizovana kontrola svake NC mašine (vremensko deljenje pristupa memoriji)
 - Svaka NC mašina povezana je direktno sa CPJ
- CNC (Computer Numerical Control)
 - Svaka CNC ima sopstvenu CPJ
 - Proizvodnja je moguća i ako CPJ obavlja druge zadatke

4

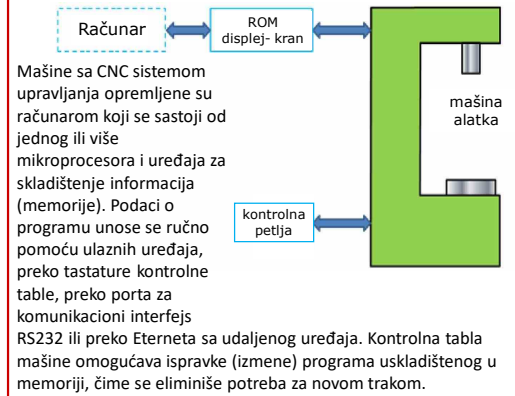
Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Numerička kontrola (NC) je oblik programabilne automatizacije u kojoj se mehaničke akcije mašine alatke ili druge opreme odvijaju pod kontrolom programa koji sadrži kodirane instrukcije (alfanumerički podaci) na nosiocu informacija. NC sistem koristi fiksne logičke funkcije, koji su trajno ugrađene u okviru upravljačke jedinice i isčitavaju se sa bušene trake.

U NC sistemu ne postoji memorija i nemoguće je memorisati upravljački program. Da bi se bušena traka ponovo koristila za obradu drugog dela, mora se premotati i pročitati od početka. Ova rutina se ponavlja svaki put kada se program izvrši. Ako postoje greške u programu i potrebne su promjene, traka će morati biti odbačena i probušena nova.

5

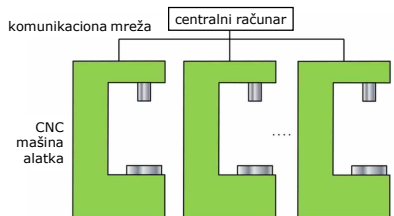
Put od pojedinačne NU mašine do FTs



7

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Sastoji se od centralnog računara na koji je preko komunikacione mreže povezana grupa CNC mašina. Komunikacija se obično obavlja korišćenjem standardnog protokola kao što je TCP/IP ili MAP. DNC sistem se može centralno nadzirati što je od pomoći kada se radi sa različitim operaterima, u različitim smenama i na različitim mašinama.

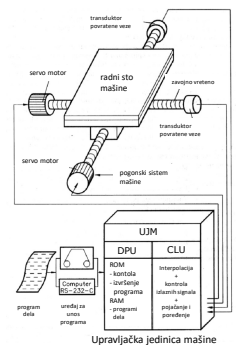


6

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Upravljačka jedinica mašine (UJM) čita i tumači kodirane instrukcije za obradu i generiše električne izlazne signale za upravljanje izvršnim uređajima. Takođe, radi kao kontroler povratne sprege za precizno pozicioniranje stola mašine ili radnog vretena. UJM se sastoji od dve glavne jedinice.

- Data processing unit (DPU)
- Control lup unit (CLU)



8

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Upravljačka jedinica mašine (UJM) sastoji se od dve glavne jedinice:

Data processing unit (DPU) Jedinica za obradu podataka

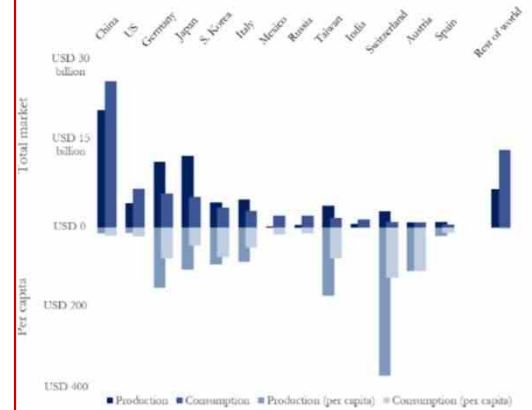
- čita kodirane podatke
- obrađuje kodirane instrukcije (komende)
- prenosi podatke koji se odnose na položaj svake ose u CLU

Control lup unit (CLU) Jedinica za kontrolu položaja

- izvršava linearnu ili kružnu interpolaciju na osnovu signala zadatog položaja i brzine iz DPU-a i generiše kontrolne signale
- prima povratni signal sa osa
- implementira pomoćne funkcije kontrole

9

Put od pojedinačne NU mašine do FTs



11

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Zbog ključne uloge koju imaju u industrijskoj proizvodnji, i u ukupnoj ekonomskoj snazi jedne zemlje, vojnim sposobnostima i njenoj geopolitičkoj sigurnosti, važan je način na koji zemlje dolaze do instaliranih i primenjenih mašina alatki i FTs u svojoj industriji.

Mnogo se može naučiti iz analize istorije proizvodnje mašina alatki na nacionalnom nivou u širem kontekstu industrijalizacije, prioritarnih politika zemlje, koje su primenom savrenog načina proizvodnje dale mašinama alatkama i njihova primena unutar industrije. Analiza dostupnih podataka prikazuje kako je potrošnja i proizvodnja mašina alatki raspoređena u svetu prema zvaničnim brojkama.

10

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Automatizacija obradnih sistema (mašina alatki) u početnim fazama primene je bila opravdana samo kod primene u velikoserijskoj i masovnoj proizvodnji, zbog dugotrajne i skupe pripreme za obradu narednog obradka (potreba za smanjenjem velikog pripremnog završnog vremena Tpz).

Glavni uzrok tih ograničenja je što su na početku razvoja obradnih sistema glavni nosioci upravljačkih informacija bili kruti sistemi za automatizovano upravljanje sa mehaničkim nosiocima programskih informacija (bregaste ploče, upravljački doboši, kuliseni mehanizmi, šabloni itd.).

12

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Grubo posmatrano, uvođenjem fleksibilnih tehnoloških sistema, efektivni kapacitet se može povećati za oko 10 puta u odnosu na efektivni kapacitet konvencionalnih mašina alatki (od 6 % kod konvencionalnih mašina alatki pa do 60-70 % kod CNC mašina).



13

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

U cilju dobijanja informacija o kvalitetu postavljenog zadatka obrade celokupni proces obrade na mašinama alatkama možemo direktno prati određenim merenjima.

Dobijene informacije, dobijene kao rezultat merenja, koje ne utiču na rad mašine nazivamo pasivnim merenjem, dok informacije, dobijene merenjem, kojima upravljamo procesom obrade nazivamo aktivnim merenjem.

Stalni zahtevi za povećanje proizvodnosti u direktnoj su vezi sa zahtevima za intenziviranje procesa obrade. Osim povećanja proizvodnosti nametnut je i zahtev zadovoljavanja tačnosti koje iziskuje potrebu čestog merenja i intervencije na bazi sprovedenih merenja. Sve ovo nameće potrebu automatizacije upravljanja na bazi merenja, tj. takozvanog aktivnog merenja.

15

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

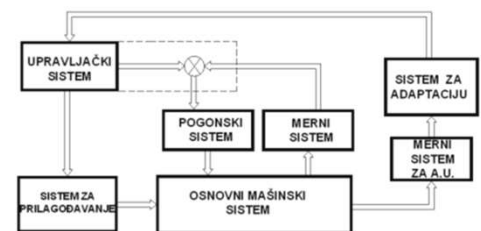
Razvoj kompjuterske opreme uveliko je doprineo nižoj nabavnoj ceni numeričkog upravljanja. Zahvaljujući obradi upravljačkih informacija pomoću računara stvorena je velika mogućnost i fleksibilnost primene obradnih sistema. Osnovne prednosti KNU (CNC) u odnosu na NU (NC) su:

- mogućnost direktnog programiranja na mašini,
- mogućnost korekcije programa direktnom komunikacijom (izmene na upravljačkom panelu upravljačke jedinice),
- memorisanje više programa u memoriji mašine,
- mnogo šire mogućnosti u pogledu automatskog definisanja upravljačkih informacija, mogućnost korišćenja karakterističnih ciklusa obrade,
- dijagnostika mašine

14

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Primena sistema NU upravljanja kojim se vrši upravljanje na osnovu izmerenih veličina (aktivno merenje), možemo da govorimo o numeričkom upravljanju na bazi aktivnog merenja, odnosno Adaptivnom Upravljanju (*Adaptiv Control - AC*)



16

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Osnovno upravljačko kolo obezbeđuje funkcionisanje sistema, dok se adaptivim postiže prilagođavanje stvarnih parametara obrade optimalnim prema postavljenoj funkciji cilja.

Imajući u vidu da se pri obradi svih vrsta delova primenjuju dve osnovne vrste obrade: gruba i završna, odatle se razlikuju i dve osnovne strategije adaptivnog upravljanja:

- upravljanje procesom obrade sa ciljem postizanja najveće zapreminske proizvodnosti, tj. maksimalne količine skinute strugotine – MARC sistemi (Material Removal Adaptive Control);
- upravljanje procesom obrade fokusiranim na geometrijsku tačnost obradka – GAC (Geometrical accuracy Adaptive Control);

17

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Klasifikacija adaptivnog upravljanja

Parametar identifikacije	Parametar modifikacije	Pricip upravljanja
T	T	Tehnološko adaptivno upravljanje
T	G	
G _M	T	Geometrijsko adaptivno upravljanje
G _M	G	
G _O	T	Dimenziono adaptivno upravljanje
G _O	G	

Parametri identifikacije mogu biti geometrijskog - **G** ili tehnološkog – **T** karaktera .

Merenje geometrijskih veličina može se vršiti na samoj **mašini** (pomeranje alata, promena dimenzije alata) - **G_M**, ili na **obradku** (prečnik, kvalitet obrade) – **G_O**.

Procesom modifikacije možemo upravljati pomoću **tehnoloških** ili **geometrijskih** parametara.

19

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Ostvarenje proces adaptivnog upravljanja zahteva aktivnosti:

- identifikacije procesa,
- odlučivanja i
- modifikacije parametara.

Identifikacija procesa se odnosi na praćenje jednog ili više parametara koji nastaju u procesu i karakterišu taj proces obrade.

Funkcija odlučivanja predstavlja aktivnost u kojoj se prema definisanim kriterijumima donosi odluka o potrebi modifikacije ulaza u proces na osnovu identifikovanih izlaznih parametara procesa.

Funkcija modifikacije predstavlja formiranje informacija u pogodanom obliku, na osnovu identifikovanog signala i donete odluke, za intervenciju u smislu promene nekog parametra.

18

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Geometrijsko adaptivno upravljanje

Identifikacija procesa (merenje geometrijskih ili kinematskih parametara):

- relativni položaj između alata i obradka,
- dimenzija, oblik i površinska hrapavost obradka,
- relativni položaj elemenata kinematske strukture prouzrokovan statičkim i dinamičkim opterećenjem,
- kinematske greške,
- sile rezanja.

20

Geometrijsko adaptivno upravljanje

Funkcija modifikacije predstavlja aktivnosti vezane za sledeće aktivnosti:

- korekciju položaja elemenata mašine alatke, alata ili obradka,
- upravljanje parametrima obrade kao što su: brzina, pomak, ...;
- poboljšanje reznih sposobnosti alata (promena geometrije, automatska zamena alata);

21

Upravljanje na bazi parametara procesa rezanja

Adaptivno upravljanje na bazi parametara procesa rezanja ostvaruje se na osnovu **identifikacije procesa** obrade merenjem sledećih parametara:

- obrtnog momenta
- sila rezanja
- opterećenja elektromotora
- struje elektromotora
- temperature
- habanja alata

23

Dimenziono adaptivno upravljanje

Upravljanje na bazi kombinacije parametara identifikacije i modifikacije, upravljanje geometrijskim veličinama ulaza u odnosu na geometrijske veličine vezane za obradak (u procesu obrade ili van njega) naziva se **dimenziono adaptivno upravljanje**.

22

Upravljanje na bazi parametara procesa rezanja

Funkcija modifikacije se odnosi na promenu ulaznih parametara i to:

- brzinu rezanja
- Brzinu pomaka
- dubinu rezanja
- geometriju alata
- poboljšanje reznih karakteristika alata
- promenu fizičkih osobina materijala (napr. povećanjem temperature)

24

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Najčešće se za ocenu toka i rezultata procesa obrade na mašini alatki primenjuju neko od, ili više njih istovremeno, sledećih kriterijuma:

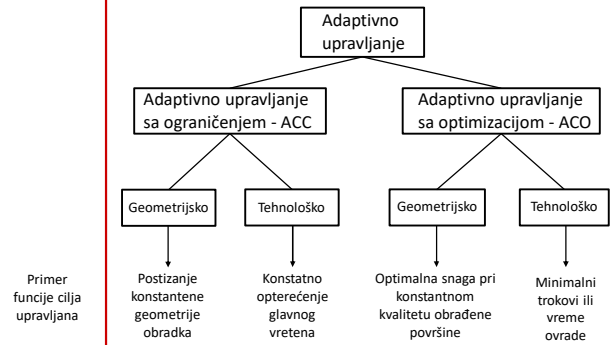
- troškova obrade,
- produktivnosti,
- kvaliteta obrade.

Ekstremi ovih kriterijuma: minimalni troškovi, maksimalna proizvodnost i kvalitet obrade, su funkcije koje međusobno divergiraju i ne mogu se postići istovremeno. Vrednovanjem pojedinih kriterijuma prema konkretnoj situaciji moguće je ostvariti određeni kompromis, lokalne minimume i maksimume, u obliku jedinstvenog modela vrednovanja koji zavisi od parametara proseca obrade.

25

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Klasifikacija AU sa stanovišta modela vrednovanja funkcije cilja



27

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Kada se upravljanje odvija na bazi stepena efektivnosti kao poznate veličine, onda je moguća regulacija istog. Na osnovu toga moguće je održavanje stalnog nivoa (u zadatim granicama) stepena efektivnosti.

Takav slučaj naziva se adaptivno upravljanje sa ograničenjem - **ACC (Adaptive Control Constrained)**.

Ako je umesto trenutne veličine stepena efektivnosti poznata i sama funkcija promene, moguće je ostvariti upravljanje na bazi modifikacije ulaznih parametara tako da funkcija stepena efektivnosti uvek ima maksimum.

Ovakovo upravljanje procesom obrade naziva se adaptivno upravljanje sa optimizacijom – **ACO (Adaptive Control Optimization)**.

Takvi sistemi vrše modifikaciju ulaznih parametara prema ugrađenom algoritmu modela procesa obrade

26

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Numerički upravljane mašine alatke (NUMA) (NC MA) predstavljaju osnovne komponente fleksibilnih tehnoloških struktura (FTs).

Razvojem novih materijala alata, računarske podrške, posebno mikroprocesora i informacionih tehnologija, u poslednjih nekoliko decenija došlo je i do vrlo intenzivnog razvoja i napredka samih NUMA.

Ovde će se pažnja zadržati, prvo na globalnim zahtevima koje savremene mašine alatke treba da ispuni i na globalnom pogledu na tendencije u pogledu njihovih karakteristika, a nakon toga na dostignućima i daljem razvoju NUMA i njihovih podsistema.

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Tendencije razvoja NUMA i njihovih komponenti posmatraće se kroz:

- mašinu alatku kao celinu
- karakteristične podsisteme mašine alatke

Mašina alatka kao celina

Razvoj mašine alatke kao celine može se posmatrati iz dva ugla i to:

- globalna konstrukcija mašine i
- koncepcija načina gradnje mašine

Karakteristični podsistemi mašine alatke

Od karakterističnih podsistema (sistema) mašine alatke fokus će biti na:

- mehaničkom podsistemu (sistem)
- pogonskom sistemu

29

Put od pojedinačne NU mašine do FTs



Prikaz horizontalnog obradnog centra sa karakterističnim komponentama koje obezbeđuju veći nivo automatizacije

31

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Ovakav razvoj tehnike doveo je do nove faze u razvoju NUMA, između ostalog, do razvoja obradnih centara. Obradni centar predstavlja mašinu alatku koja je omogućila više automatskih funkcija, među kojima je automatska zamena alata kao i posedovanje magacina alata.

Jedna od osnovnih karakteristika ovih sistema je položaj ose glavnog vretena obradnog centra, a na osnovu toga mogu biti:

- horizontalni i
- vertikalni.

Na bazi toga postoje obradni centri i sa više rdnih vretena.

30

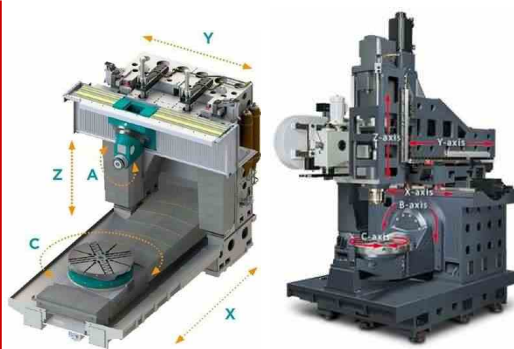
Put od pojedinačne NU mašine do FTs



Prikaz vertikalnog obradnog centra sa karakterističnim komponentama

32

Put od pojedinačne NU mašine do FTs



33

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Magacin alata je, po svojoj funkciji, konstruisan je da poseduje veći broj pozicija alata sa istim prihvatom (konusnog ili drugog standardzivonog oblika otvora) kakv poseduje i glavno vreteno mašine.

Satavni delovi magacina alata su:

- sopstveni pogonski sistem koji dovodi alat, najkraćim putem, u poziciju za zamenu
 - sistem za identifikaciju i određivanje pozicije alata u magacinu i
 - sistem zabavljanja (fiksiranja) alata u vretenu.
- Kompletno upravljanje i logiku kretanja magacina alata obezbeđuje PLC kontroler, što je omogućio razvoj primene računarske opreme u obradnim sistemima.

35

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Razvoj komponenti obrednih sistema, kroz razvoj sistema za automatsku zamenu i magacina alata, ima zadatak da obezbedi smeštaj većeg broja alata, koji su predviđeni tehnološkim postupkom obrade, u obradni sistem i izvršenje upravljačkog programa koji se realizuju u oviru istog.

Postojanje više različitih konceptivnih rešenja magacina alata zahteva i sistematizacija istih.

Razvijena konceptualana rešenja magacina alata mogu se predstaviti kroz sledeće oblike:

- doboša
- lančastog magacina
- korpe

Koristeći razvijene konceptijske forme prikazani su različiti položaji ose magacina koji može biti sa vertikalnom, horizontalnom ili osom pod uglom.

34

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Magacin alata konfiguracije doboša

Kod ove konfiguracije pozicije za prihvat i smeštaj alata su postavljene po obimu spoljašnjeg kruga doboša koji se obrće oko centralne ose. Doboš poseduje sopstveni pogon i obrće se u jednom ili u drugom smeru na osnovu čega najkraćim putem dovodi alat u poziciju za zamenu.



36

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Magazini alata Lančaste konfiguracije

Pozicije za prihvata i smeštaj alata su izvedene kao članci lanca koji ima pogonski i vođeni lančanik i čija je putanja, između ovih lančanika, pravolinijska ili krivolinijska. Cilj promene putanje je da bi se na manjem prostoru smestio veći broj alata. Ovakvi tipovi konfiguracije se još nazivaju magazini alata "zmijolikog" oblika.



37

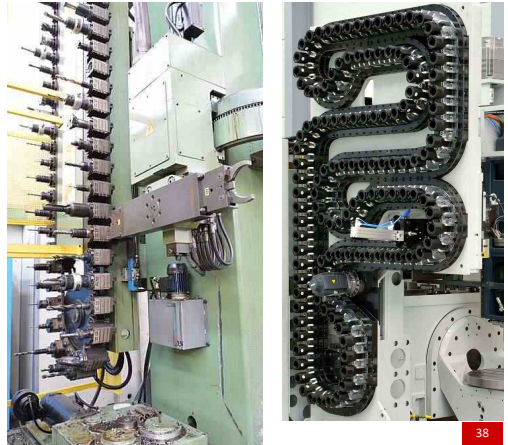
Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Postoje više tehnoloških rešenja sistema za zamenu alata neka od njih su primenom dvopozicionog izmenjivača alata. **Dvopozicioni sistem izmene se vrši**, najčešće, u četiri koraka:

- 1 Kada se alat dovede u poziciji za izmenu, izmenjivač iz svog neutralnog položaja, se zaokreće za ugao od 90° oko svoje obrtne ose i usmerava u pravcu glavnog vretena i pozicije za zamenu u magacinu alata. Izmenjivač istovremeno vrši prihvata alata u glavnom vretenu i alata u magacinu alata.
- 2 Oba prihvaćena alata izmenjivač povlači u prednji položaj. Ovakvim kretanjem izmenjivača oslobađaju se alati iz konusa glavnog vretena i gnezda magacina alata. Ovim kretanjem izmenjivač omogućava altima njihovu dalja manipulaciju.

39

Put od pojedinačne NU mašine do FTs



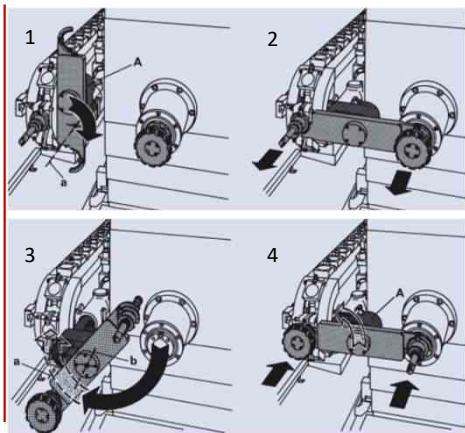
38

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

- 3 Izmenjivač se u prednjem, izvučenom, položaju dodatno rotira oko svoje centrane ose za ugao od 180° dovodeći alat koji se nalazio u glavnom vretenu u osu gnezda, pozicuje, u magacinu alata dok je alat koji je bio pozicioniran u magacinu dovodi se u osu glavnog vretena.
- 4 Kada je izmenjivač zauzeo odgovarajuću poziciju, ponovo pravolinijskim hodom u nazad, izmenjivač postavlja alate u sedište u gnezdu magacina i konus glavnog vretena mašine. Nakon toga izvodi se rotaciono kretanje izmenjivača za ugao od 90° i dovodi u prvobitni, neutralni, položaj.

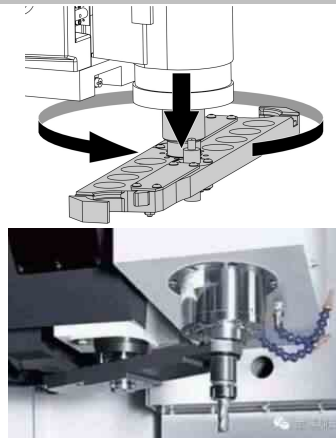
40

Put od pojedinačne NU mašine do FTs



41

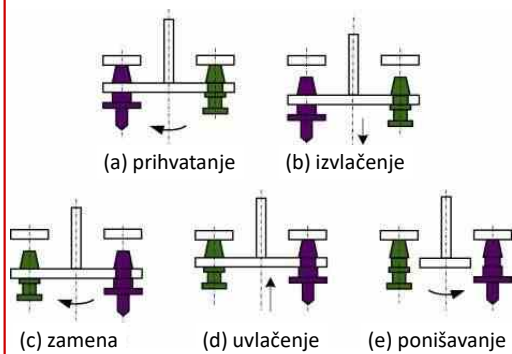
Put od pojedinačne NU mašine do FTs



43

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

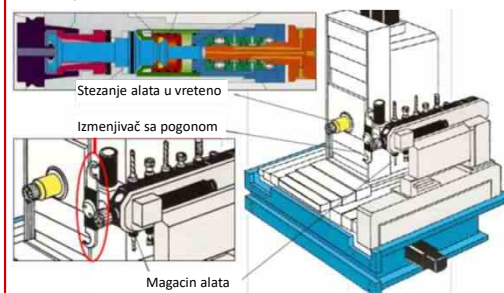
Šematski prikaz koraka izmene alata



42

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

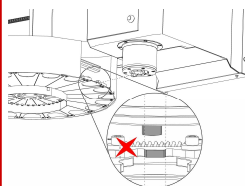
Sistem završavanja (fiksiranja) alata u vretenu sa prikazom pozicije magacina alata i dvostrukog izmenjivača.



44

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Direktna zamena bez upotrebe izmenjivača
Koristi se ciklus zamene alata i direktno pozicioniranje glavnog vretena i magacina alata.

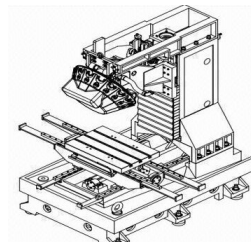


45

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Magacin alata konfiguracije korpe

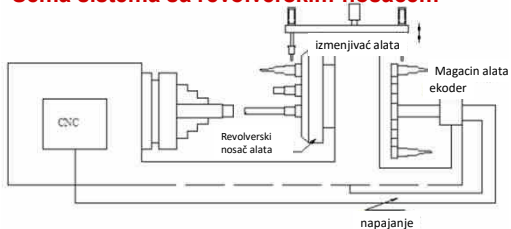
Pozicije za prihvatanje i smeštaj alata su postavljene po obimu korpe.



47

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Šema sistema sa revolverskim nosačem



Glavna prednost korišćenja ovog sistema za zamenu alata je ta što se može postaviti na mašinu sa vrlo malim modifikacijama. Izmenjivač alata ima potpuno slobodan pristup bilo kom alatu u magacinu koji omogućava veoma brzo preuzimanje iz nosača alata. Prednost korišćenja ovog univerzalnog sistema za izmenu alata je u tome što je dizajnirani na modularnom principu i može se uklopiti u bilo koju konfiguraciju i ima veliki stepen prilagodavanja.

46

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Primer izvededin rešenja specijalnih oblika



48

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

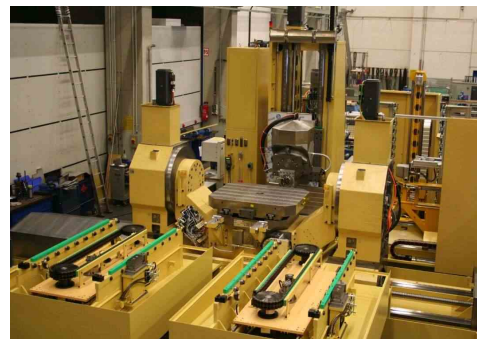
Sledeći segmen razvoj komponenti obrednih sistema (mašina alatki), je razvoj sistema za zamenu predmeta obrade, tj. zamena paleta predmeta obrade.



49

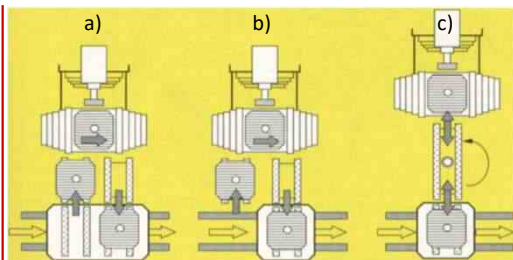
Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Primer izvedenog rešenja izmenjivača paleta sa dve pozicije



51

Put od pojedinačne NU mašine do FTs



- a) Izmenjivač paleta sa dve pozicije i dostavnim vozilom sa dva paletna mesta;
- b) Izmenjivač paleta sa dve pozicije i dostavnim vozilom sa jednim paletnim mestom;
- c) Obrtni izmenjivač paleta i dostavnim vozilo sa jednim paletnim mestom;

50

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

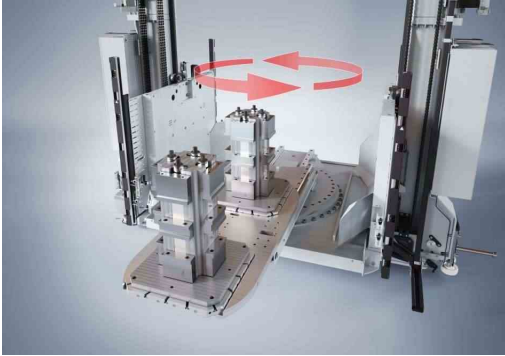
Izmenjivač paleta sa dve, više (šest), pozicije i dostavnim vozilom sa jednim paletnim mestom



52

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Primer izvedenog rešenja obrtnog izmenjivača paleta



53

Potrebe i zahtevi od pojedinačne NU mašine do FTs

Potrebne karakteristike koje treba da ispuni NUMA kao komponenta FTs mogu se svrstati u dve grupe:

- mehaničko-električni zahtevi
- informacioni (hardversko-sofverski)



55

Put od pojedinačne NU mašine do FTs

Konceptijsko rešenje karusel magacina paleta sa izmenjivačem paleta



54

Potrebe i zahtevi od pojedinačne NU mašine do FTs

Mehaničko - električne aktivnosti

- posluživanje (izmena-zamena):
 - radnog predmeta (pripremak, obradak)
 - alata
 - pribora (stezne glave, palete sa obradkom)
 - mernog senzora
 - hvataljki manipulacionog sistema
- merenje u radnom prostoru:
 - obradka
 - alata
- nadzor i praćenje:
 - alata
 - obradka
- dijagnostika mašine i procesa
- transport strugotine (sistem za ukljanjanje odstranjenog materijala iz radnog prostora)

56

Aktivnosti posluživanja (izmene-zamene)

Aktivnosti posluživanja mogu se sprovesti primenom robotskih sistemima koji mogu da se koriste na različitim nivoima FTs. Robotski sistemi se mogu klasifikovati prema mehaničkoj strukturi:

- Linearni roboti (uključujući kartezijanske i portalne robote)
- SCARA roboti
- Zglobni roboti
- Paralelni roboti (delta)
- Cilindrični roboti
- Drugi ne klasifikovani roboti

57

Aktivnosti posluživanja (izmene-zamene)



59

Aktivnosti posluživanja (izmene-zamene)



58

Aktivnosti merenja u radnom prostoru

Merenje se sprovodi da bi se obezbedio potreban kvalitet obradka i/ili da bi se indirektno pratio proizvodni proces.

Predmet merenja može da bude obradak i/ili alat.

Pored obradka kao najčešće korišćenog mernog objekta u procesu, mogu se meriti i parametri alata ili mašine (termička širenja mašine itd.).

Obradak se meri u radnom prostoru stalno tokom obrade (kontinuirano) ili između zhvata/operacija (diskontinualno).

Kada govorimo o merenju u procesu ono je zavisno od same NC mašine, koristi merni sistem mašine za merenje položaja i merni senzor kao merni alat postavljen u nosač alata.

60

Aktivnosti merenja u radnom prostoru



Merenje alata, merni senzor u radnom prostoru mašine

Merenje obradka, merni senzor u revolverskom nosaču alata

61

Aktivnosti nadzora i praćenja

Nadzor habanja alata

Ako posmaprani parametri procesa, koji definišu proces nadzora alata, prekorače definisane granice sistem zaustavlja proces i signalizira neophodnost zamene alata. Kao parametri procesa nadzora alata mere se različite fizičke veličine direktno povezane sa procesom obrade kao što su: sila rezanja, komponente otpora rezanja, amplituda vibracija, ultrazvuk, akustična emisija i druge veličine. Sve ove vrednosti dobijaju se od senzora instalisanih u okviru mašine alatke. Osim primene fizičkih veličina, stanje pohabanosti se može utvrditi i direktnim merenjem rezne ivice alata ili posredno merenjem dimenzija i kvaliteta obrađene površine radnog predmeta.

63

Aktivnosti nadzora i praćenja

Kada govorimo o praćenju i nadzoru u okviru NU mašine alatke pre svega se misli na:

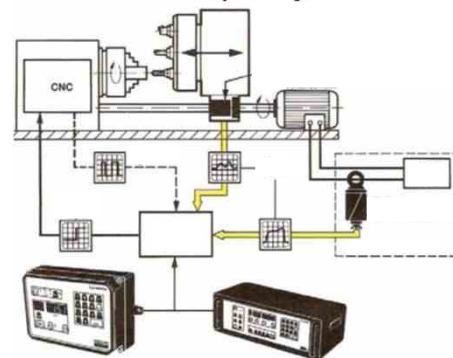
- praćenje radnog (životnog) veka alata
- nadzor habanja alata
- detekcija loma alata

Praćenje radnog (životnog) veka alata

Kod praćenja radnog veka meri se vreme rada alata. Kada se prekorači programirano vreme, prepoznaje se „kraj životnog veka alata“ i emituje se signal ili se poziva alat za zamenu. Posmatra se empirijski određena vrednost radnog veka, stvarno (u tom momentu) habanje alata se ne uzima u obzir.

62

Aktivnosti nadzora i praćenja



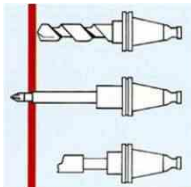
Sistem za nadzor habanja alata instalisan kako komponenta pojedinačne NU mašine alatke

64

Aktivnosti nadzora i praćenja

Detekcija loma alata

Senzori sistema za nadzor teško mogu detektovati habanje malih alata sa veoma malim silama rezanja. Detekcija loma alata indirektnim metodama može se izvršiti otkrivanjem velikih skokova mernih vrednosti senzora kod odgovarajućih „velikih“ alata. Kod manjih alata detekcija loma se vrši direktnom kontrolom, skeniranjem alata ili indirektnim skeniranjem radnog predmeta.



65

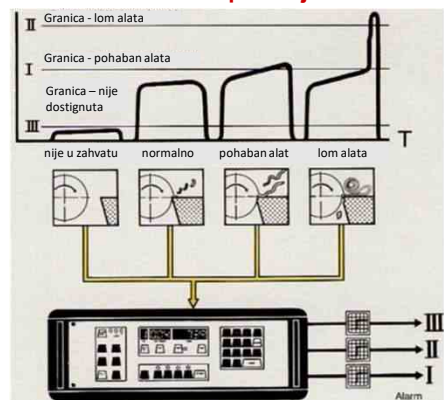
Aktivnosti dijagnostike mašine i procesa

Sistem za dijagnozu odgovoran je za ukupno stanje mašine i procesa obrade. Interakcija sa sistemima za merenje obradka, praćenje i nadzor alata mora biti uključeno u celokupni procesa dijagnostike. Za razliku od dijagnoze uzroka već nastale greške, primena rane dijagnoze greške podrazumeva predikciju iste pre pojave.

Primer rane dijagnoze je pokušaj da se predvidi momenat gubitka kvaliteta i tačnosti obradka, na osnovu ponašanja karakterističnih vrednosti tokom posmatranog vremena proizvodnje, pre nego se desi poremećaj u kvalitetu obradka ili kvar mašine.

67

Aktivnosti nadzora i praćenja



66

Aktivnosti dijagnostike mašine i procesa

Dijagnostika mšine alatke:

1. Detekcija oštećenja na delovima mašine koji se pomeraju jedan u odnosu na drugi
2. Detekcija promena u funkcionalnosti mašine
3. Detkcija promena tokom procesa
4. Detekcija promena u rezultatu procesa obrade (stanje obradaka)

68

Aktivnosti dijagnostike mašine i procesa

Sistem dijagnoze kod Inteligentnog vretena CNC obradnog centra



69

Upravljački sistemi otvorene arhitekture imaju sledeće karakteristike:

- Upravljačke jedinice osposobljene za upravljanje i sinhronizaciju velikog broja podsistema i korisničkih pristupnih tačaka
- Mogućnost integracije "velikog" broja numerički upravljanih osa (vretena i nosača alata u okviru radnog prostora jedne mašine alatke)
- Mogućnost komunikacije sa korisnikom i komponentama sistema pomoću velikog broja komunikacionih protokola koji se nameće zbog složenosti strukture

71

Informacione aktivnosti (softverske komponente)

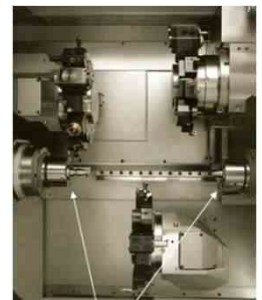
- sinhronizacija rada podsistema mašine alatke sa manipulacionim i sistemom za merenje kroz upravljački sistem otvorene arhitekture
- upravljanje obrdanim, manipulacionim, mernim i transportnim sistemima kroz odgovarajuću podršku softverskih sistema koji su kompatibilni sa upravljačim sistemom FTs

70



paralelna vretena

Koaksialna vretena



Vreteno I i II

72

Obrada više delova istovremeno

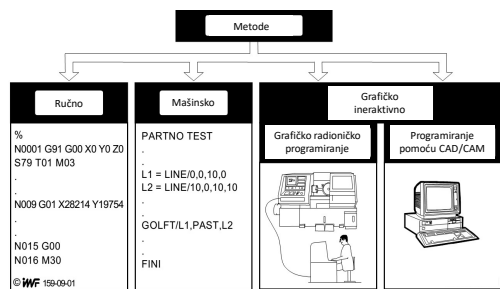
Obrada više delova se definiše kao istovremena obrada više obradaka. Mašina koja vrši obradu je opremljena sa dva ili više radnih vretena (pozicija za stezanje obradka).

- Paralelna (sinhrona) obrada: Isti radni procesi se odvijaju na svim radnim predmetima u isto vreme.
- Serijska (transferna) obrada: Različiti radni procesi se odvijaju istovremeno na pojedinačnim obradcima.

Seijsku obradu karakteriše nezavisno kretanje i:

- a) obradka
- b) alata

Automatizovano programiranje NUMA





Uvodne napomene

Objekti manipulacije i rukovanja

Manipulacija i rukovanje objektima predstavlja funkciju sistema koja primenom automatizovanog procesa vrši izmenu i promenu položaja tog objekta u okviru komponenti FTs.

Objekat rukovanja i manipulacije tokom tog procesa, u okviru komponenti, FTs može biti:

- obradak
- alat
- pribor za stezanje
- merni senzor (uređaj za merenje)
- hvataljke (komponente manipulacionog sistema)
- strugotina

3

Sadržaj predavanja

- Uvodne napomene
- Prikaz osnovnih zadataka MS
- Karakteristike MS
- Konceptija gradnje MS

2

Uvodne napomene

Promena položaja nekog objekta u okviru komponenti FTs je važna sa stanovišta:

- pozicije sa koje se izvršava
- putanje premeštanja
- pozicije na koju se premešta
- kada se izvršava i
- vreme za koje se to realizuje.

Slična pitanja se pojavljuju i kod procesa pod nazivom transport i skladištenje, međutim, zadaci takvih sistema kao komponenti FTs se suštini razlikuju.

4

Uvodne napomene

Jasno razgraničenje procesa manipulacije i rukovanja u okviru komponenti FTs i procesa u sistemima za transport i skladištenje moguće je na bazi ukupnog proizvodnog i komadnog vremena.

Struktura vremena pri obradi na komponentama sistemima konvencionalne konfiguracije pokazuje da u ukupnom vremenu proizvodnje obradak se 6% vreme nalazi u procesu promene geometrije (30% obrada, 70% pomoćno vreme), a 94% je manipulacija između operacija, transport, čekanje u međuskadištima, ...

Automatizacijom i primenom MS značajno je moguće skratiti vreme, a time povećati proizvodnost, pre svega:

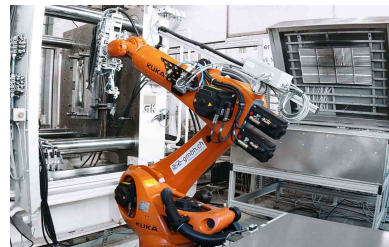
- automatizacijom transporta unutar same komponente FTs na kojoj se vrši obrada,
- automatizacijom operacione manipulacije i
- rukovanja na samom obradnom sistemu.

5

Uvodne napomene

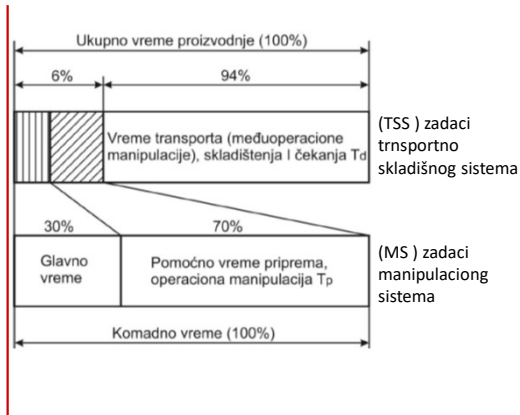
Skraćivanje pomoćnog vremena prvenstveno postižemo automatizacijom manipulacije i rukovanja objektima manipulacije u okviru radnog prostora mašina alatki. Ovaj proces se prvenstveno posmatra kao manipulacija u užem smislu.

Manipulacija koja se ovde posmatra odvija se u kontekstu manipulacionih sistema i industrijskih robota.



7

Uvodne napomene



6

Uvodne napomene

Razvoj komponenti FTs u pogledu mogućnosti primene manipulacionih sistema i industrijskih robota se usmeravao u sledećim pravcima:

- razvoj NUMA u smeru stvaranje preduslova za primenu MS u okviru istih
- primena inoviranih konstrukcija NUMA radi lakše integracije dodatnih komponenti (kao i MS);
- razvoj dopunske periferije manipulacionog sistema u okviru FTs kao što su upravljane i paletni sistem, što ga čini zaoruženim sistemom (FTM kao struktura najnižeg nivoa u kojoj se primenjuje MS).

U ovom slučaju MS postaje sastavni deo sistema (podsystem) kao npr. pogon pomoćnog ili glavnog kretanja. Ovo pogoduje odsustvu čoveka, npr. ne treba voditi računa o ergonomskim zahtevima (spuštanje ose mašine, veća statička i dinamička stabilnost, ...)

8

Osnovne definicije

Osnovni pojmovi koji se odnose na manipulaciju i rukovanje objektima unutar komponenti FTs su :

- zamena i
- izmena

Zamena: Predstavlja promenu objekta manipulacije drugim objektom istog geometrijskog oblika i karakteristika.

Izmena: Pretstavlja promenu objekta manipulacije potpuno novim objektom različitog oblika i karakteristika od prethodno korištenog.

9

Definicija Industrijskog robota prema ISO 8373:2012

Automatski kontrolisan, reprogramabilan, višenamenski manipulator, programabilan u pravcu tri ili više osa koji može biti fiksiran ili mobilan namenjen za upotrebu u aplikacijama industrijske automatizacije. Termini koji se koriste u gornjoj definiciji su detaljnije objašnjeni:

Reprogramabilan: dizajniran tako da se programirani pokreti ili pomoćne funkcije mogu menjati bez fizičkih promena sistema.

Višenamenski: može se prilagoditi različitim namenama uz fizičke izmene.

Fizička izmena: izmena mehaničkog sistema (mehanički sistem ne uključuje elektronske i softverske komponente)

11

Istorijski kontekst

Reč "robot" ušla je u engleski jezik kroz Čehoslovačku dramu pod nazivom "Rosumovi univerzalni roboti". Dramu je napisao Karel Čapek ranih 1920-ih. Češka reč "robota" znači prinudni radnik. U engleskom prevodu, reč je prevedena u "robot".

Industrijskoj robotici veliki doprinos dao je Cyril W. Kenvard, britanski pronalazač koji je osmislio manipulator koji se kretao po sistemu osa x-y-z. Kenvard je 1954. podneo zahtev za britanski patent za svoj robotski uređaj. Drugi pronalazač bio je Amerikanac po imenu George C. Devol. Devol je zaslužan za dva izuma vezana za robotiku.

10

Osnovna podela

Osnovna koncepciona rešenja manipulacionih sistema u okviru FTs možemo podeliti u sledeće grupe:

- portalni manipulatori (roboti)
- industrijski roboti (ostale konfiguracije)

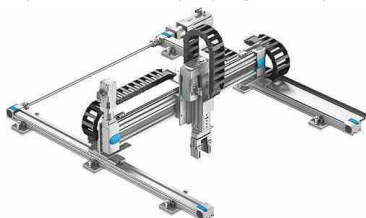
Rešenja manipulacionih sistema oblika portalnog maipulatora su uglavnom linearni roboti bazirani na kartezijskim strukturama i najčešće se primenjuju kao podsistem NUMA.

Manipulacioni sistemi sa Industrijskim robotima bazirani su na kombinaciji zglobnih, paralelnih, cilindričnih i SCARA robotskih konfiguracija koje se u većini slučajeva koriste nezavisno od NUMA kao komponente FTs.

12

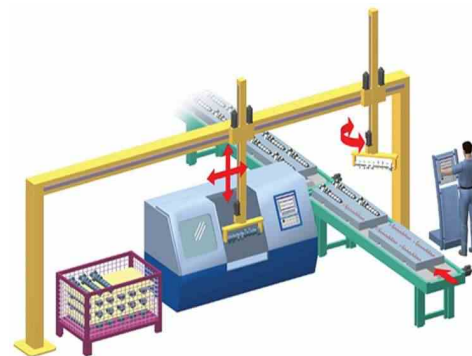
Uvodne napomene

Najčešće korišteni tip koncepcionog rešenja robota u industrijskim aplikacijama primenjenim u okviru FTs je **Kartezijanski ili Dekartov** (univerzalno nazvan Portalni manipulator - robot). Ovi tipovi robota imaju pravougaonu konfiguraciju. Dekartov industrijski robot ima tri prizmatična zgloba koji omogućavaju linearno kretanje klizanjem po tri upravne ose (X, Y i Z). Oaj tip robota je lak za korišćenje i programiranje.



13

Uvodne napomene

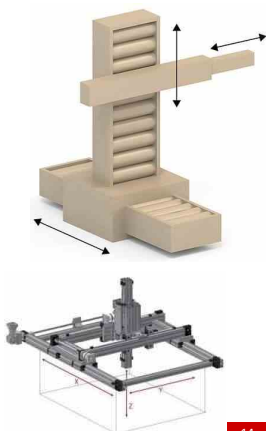


Primer instalacije i primene portalnog manipulatora u okviru komponente FTs

15

Uvodne napomene

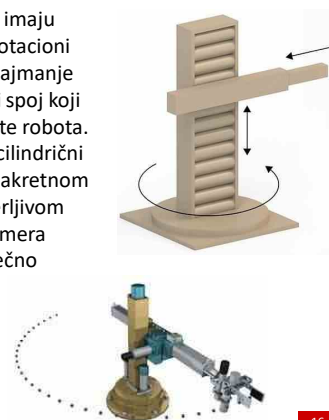
Linearni pokreti Dekartovih elemenata definišu robotu radni prostor u obliku „kocke“ koji se najbolje uklapa u aplikacije koje se primenjuju u okviru komponenti FTs. Dizajn ovog tipa robota se primenjuje zbog fleksibilnosti u njihove konfiguracije koja im omogućava da zadovolje specifične potrebe različitih aplikacija.



14

Uvodne napomene

Cilindrični roboti imaju najmanje jedan rotacioni zglob u osnovi i najmanje jedan prizmatični spoj koji povezuje elemente robota. Ovi roboti imaju cilindrični radni prostor sa zakretnom osovnom i pomerljivom rukom koja se pomera vertikalno i poprečno



16

Uvodne napomene

SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) roboti imaju radni prostor u obliku cilindra i sastoje se od dva paralelna rotaciona zgloba koji obezbeđuju usklađenost u jednoj odabranoj ravni. Rotacione ose su postavljene vertikalno, a izvršni organ je pričvršćena za ruku koja se pomera vertikalno. SCARA roboti mogu da se kreću brže, imaju lakšu integraciju od cilindričnih i kartezijanskih robota.



17

Uvodne napomene



Primer instalacije i primene industrijskog robota zglobne konfiguracije kao komponente FTs

19

Uvodne napomene

Zglobni roboti su jedan od najčešćih tipova industrijskih robota nezavisno od mesta primene. Po svojoj mehaničkoj konfiguraciji podsećaju na ljudsku ruku. Ruka je spojena sa bazom rotacionim zglobovima. Broj rotacionih zglobova koji povezuju članke u kraku može da se kreće od dva zgloba do deset i svaki zglob pruža dodatni stepen slobode.



18

Uvodne napomene

Delta roboti se još nazivaju i roboti sa paralelnom vezom (paralelni) jer se sastoje od veza paralelnih zglobnih povezanih sa zajedničkom bazom. Zahvaljujući direktnoj vezi svih ruku sa krajnjim zglobovima, pozicioniranje krajnjeg položaja može se lako kontrolisati zajedničkim kretanjem ruku, što rezultira velikom brzinom. Delta roboti imaju radni prostor u obliku kupole (kalote).



20

Uvodne napomene



Primer primene Delta robota u okviru FTs

21

Prikaz osnovnih zadataka MS

Manipulacija i rukovanje radnim predmetom

Analizirajući komponente FTs (FTM, FTĆ i FTS) mogu se uočiti postojanje dve grupe operacije vezanih za zadatak manipulaciji rukovanje radnim predmetima:

- **zamena radnog predmeta i**
- **premeštanje radnog predmeta**

Grupu operacija **zamena radnog predmeta** čine dve grupe zahvata:

1. grupa zahvata zamene: uzimanje priprema iz međuoperacionog skladišta i njegovo postavljanje u pribor za stezanje na mašini alatki
2. grupa zahvata zamen: uzimanje obradka iz radnog prostora mašine alatke i njegovo smeštanje u međuoperaciono skladište

23

Prikaz osnovnih zadataka MS

Zadaci manipulacije i rukovanja

Posmatrajući proces manipulacije i rukovanja objektima u okviru komponenti FTs, u zavisnosti od vrste objekta manipulacije, zadaci manipulacije i rukovanja se mogu podeliti na:

- manipulaciju i rukovanje predmetima obrade (priprema, obradka)
- manipulaciju i rukovanje alatima
- manipulaciju i rukovanje priborima za stezanje
- manipulaciju i rukovanje mernim senzorima, alatima (mernim instrumentima)
- Manipulaciju i rukovanje strugotinom

22

Prikaz osnovnih zadataka MS

Upravljačke cikluse koji upravljaju zamenom radnog predmeta karakteriše broj funkcionalnih položaja manipulacionog sistema tokom zamene (neophodnih tačaka putanje završnog člana manipulacionog sistema).

U FTs postoje dva ciklusa zamene radnog predmeta:

- ciklus zamene radnog predmeta sa 2 položaja
- ciklus zamene radnog predmeta sa 3 položaja

Kod ciklusa zamene radnog predmeta sa 2 položaja koordinate pozicije uzimanja sledećeg priprema i pozicije ostavljanja prethodnog izradka imaju iste koordinate.

Kod ciklusa zamene radnog predmeta sa 3 položaja koordinate položaja odlaganja izradka i koordinate položaja uzimanja priprema se razlikuju.

24

Prikaz osnovnih zadataka MS



Primer ciklusa zamene radnog predmeta sa 2 položaja zamene predmeta obrade u okviru komponenti FTs

25

Prikaz osnovnih zadataka MS



[zamena u 2-3 pozicije](#)

Primer ciklusa zamene radnog predmeta sa 3 položaja zamene predmeta obrade u okviru komponenti FTs

27

Prikaz osnovnih zadataka MS



Primer ciklusa zamene radnog predmeta sa 3 položaja zamene predmeta obrade u okviru komponenti FTs

26

Prikaz osnovnih zadataka MS

Grupa operacija vezana za **premeštanje radnog predmeta** se koristi kod:

- premeštanja iz jednog u drugo međuoperacijsko skladište
- premeštanja iz međuoperacijskog skladišta do uređaja za okretanje obradka (okretanje obradka za 180° u slučaju promene strane obrade)
- premeštanje sa jedne pale na drugu za potrebe obrade ili transporta unutar komponenti FTs, itd.

Upravljački ciklus koji izvršava manipulacioni sistem za potrebe premeštanja radnog predmeta u suštini se obavlja u dva položaja.

28

Prikaz osnovnih zadataka MS

Manipulacija i rukovanje alatom

Sistem za manipulaciju i rukovanje alatom čine iste ili slične, neophodne, prateće komponente samo je objekat manipulacije alat, u širem smislu. Kada pominjemo alat kao objekat manipulacije mislimo u širem smislu sve vezano za alat:

- alat
- držač alata
- nosač alata
- magacin alata

Posmatrajući alat kao objekat manipulacije možemo videti da alati mogu biti:

- monolitni (rezni deo je u kompaktnu u sklopu sa drškom pomoću koje se alat steže u držač alata),
- modularni (rezni deo je razdvojen od drške alata).

29

Prikaz osnovnih zadataka MS

Karakteristike držača alata sa HSK prihvatnim sistemom:

- konus držača ima karakteristike 1:10
- mala je masa i dužina konusa držača jer je šupalj
- kratak je hod pri izvlačenju iz glavnog vretena
- velika aksijalna i radijalna tačnost, zbog nasedanje držača na čelo glavnog vretena mašine alatke i u konus (dvostruko pozicioniranje)
- visoka statička i dinamička krutost
- sistem je pogodan za visoko brzinsku obradu
- Konus ne sme biti samokočiv

31

Prikaz osnovnih zadataka MS

S obzirom da postoji više konstrukcionih rešenja držača alata, standardizovanih prema određenim standardima ili rešenjima proizvođača alata i mašina alatki sistem za rukovanje i manipulaciju alatom treba da uzme u bzir i tu činjenicu. Najčešći tipovi u upotrebi su ISO i HSK držači alata. Osnovne karakteristike ISO držača alata možemo svrstati u sledeće:

- karakteristike konusa držača su 7:24
- Povećana masa i dužina držača konusa
- aksijalna tačnost sistema zavisi od aksijale sile stezanja držača
- Ima smanjenu tačnost sistema kod većih brojeva obrtanja (preko 8000 o/min)
- nije pogodan za visoko brzinsku obradu
- Koriste se: ISO 30, ISO 40, ISO 50, ..., ISO 80
- konus ne sme biti samokočiv

30

Prikaz osnovnih zadataka MS



Primer različitih tipova držača alata za monolitne alate koji se koriste u komponentama FTs

32

Prikaz osnovnih zadataka MS



Primer različitih tipova držača alata za monolitne alate koji se koriste na CNC strugovima kao komponentama FTs

33

Prikaz osnovnih zadataka MS

Pošto je sklop (alat + držač alata) relativno velikih dimenzija pa zahteva povećanje radnog i prostora za skladištenje to je jedan od razloga što su proizvođači alata razvili modularne alate, koji su sastavljeni od modula, počev od držača pa do reznog dela koji su promenljivi i menjaju poziciju (element za manipulaciju).

Rezni deo je standardnog oblika u delu njegovog prihvatanja i stezanja na adapter. Takođe, i ovde postoji više konstrukcionih rešenja zavisno od proizvođača.

Zbog tih karakteristika je moguća primena većeg broja ovih alata i u radnom prostoru i magacinu.

Modularni alati imaju i neke nedostatke: - smanjenu krutost, - tačnost, - povećana cena koštanja, ...

35

Prikaz osnovnih zadataka MS

Držači monolitnih alata zbog njihove složene geometrije zahtevaju i složene sisteme stezanje kako pri manipulaciji i skladištenju tako i pri radu. Zbog toga se ovi alati, primarano, postavljaju u držače alata koji su standardizovani i koji sa alatom predstavljaju celinu. Ta celina je podržana kako pri manipulaciji i rukovanju tako i pri stezanju (pri radu i skladištenju).

Zbog toga sklop (alat + držač alata) postaje relativno velikih dimenzija što zahteva povećanje ne samo radnog, nego i prostora za skladištenje.

34

Prikaz osnovnih zadataka MS



Primer različitih konstrukcionih rešenja načina stezanja modularnih alata koji se koriste na mašinama kao komponentama FTs

36

Prikaz osnovnih zadataka MS



Nosač alata je sklop na mašini koji prihvata i steže alate posredstvom njihovih držača. On nosi alat u radnom prostoru mašine. Zbog potrebe za više alata za obradu pri jednom stezanju obratka nosači alata su konstruisani kao višepozicioni. Broj pozicija je ograničen veličinom radnog prostora mašine alatke, nisač alata ne može biti jednopozicioni. Postoje mešine sa dva i više nosača alata.

37

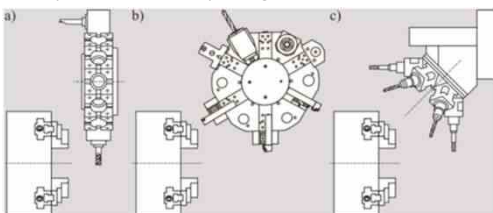
Prikaz osnovnih zadataka MS



39

Prikaz osnovnih zadataka MS

Konstrukciona rešenja višepozicionih nosača alata:
a, b) pločasti, c) kosi (pod uglom)



Magacin alata predstavlja skladište alata u okvirum ili pored mašine sa kojom je u sinhronizovanom radu. Primenjuje se kod mašina kod kojih je potreban veći broj alata od broja alata u višepozicionom nosaču i kada se alat sa držačem postavlja u glavno vreteno.

38

Prikaz osnovnih zadataka MS



40

Prikaz osnovnih zadataka MS

Magacin alata ima zadatak da obezbedi smeštaj većeg broja alata koji su predviđeni za izvođenje zahvata obrade u okviru tehnoloških operacija prema upravljačkim programima koji se realizuju na mašini alatki kao komponenti FTs.

Konstrukcione karakteristike magacina alata:

- veći broj prihvatata sa istim oblikom prihvatom alata kakav je u glavnom vretenu mašine,
- poseduje sistem zabavljanja alata u magacinu,
- sopstveni pogonski sistem koji dovodi alat u poziciju za izmenu najkraćim putem i
- sistem identifikacije pozicije alata u magacinu;
- (upravljanje kretanjem magacina alata je rešno pomoću PLC kontrolera).

41

Prikaz osnovnih zadataka MS

Zahvati manipulacije pribora za stezanje obradka

Rotacioni obradci:

- Šipkasti pripremljivači se kod automatske manipulacije dodaju primenom automatskih dodavača u glavno vreteno, automatski se stežu, tačno pozicioniraju i vode.
- Delovi tipa diska i kratka vratila se stežu u steznu glavu, čije se stezne čeljusti za stezanje mogu automatski menjati po sličnoj proceduri kao zamena radnog predmeta.
- Pri tome se može vršiti zamena samih čeljusti ili samo nastavka osnovnih čeljusti.
- Ciklusi su praktično isti kao kod zamene obradka

Prizmasti obradci:

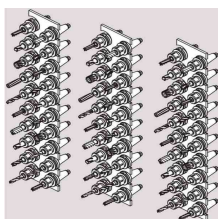
- Pribori – tehnološke palete, ceo slučaj se praktično svodi na manipulaciju radnim predmetima.

43

Prikaz osnovnih zadataka MS

Potreba za velikim brojem skladištenih alata na relativno malom prostoru u FTs rešava se Matričnim magacinima alata. Odlikuju se:

- jednosatvnom konstrukcijom
- nemaju sopstveni pogonski sistem za dovođenje alata u poziciju za izmenu (često se nazivaju i nepokretni magacini alata)
- izmenu alata obavlja poseban manipulator, robot



42

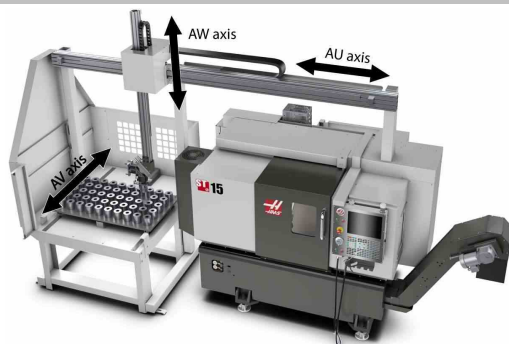
Prikaz osnovnih zadataka MS



Primer stezanja u glavno vreteno šipkastig pripremljivača kod automatske manipulacije primenom automatskih dodavača, robota.

44

Prikaz osnovnih zadataka MS



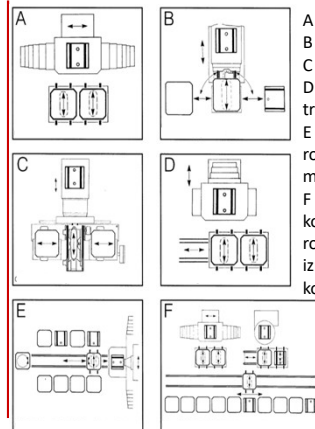
Delovi tipa diska i kratka vratila se stežu u steznu glavu, stezne čeljusti se mogu automatski menjati po sličnoj proceduri kao zamena radnog predmeta.

45

Prikaz osnovnih zadataka MS

[Zamena paleta u FTs](#)

[Višepozicioni izmenjivač paleta](#)



A - dvostruki izmenjivač
 B - rotacioni izmenjivač
 C - kompaktni izmenjivač
 D - dvostruki izmenjivač sa transaltonim kretanjem
 E - FTČ sa izmenjivačem i robotskim vozilom u međuskладиštu
 F - linearni raspored komponenti FTs sa robotskim vozilom i izmenjivačima na komponentama sistema

47

Prikaz osnovnih zadataka MS



Prizmastični delovi koji se stežu u steznu glavu, delovi se mogu automatski menjati po istoj proceduri kao rotacioni.

46

Prikaz osnovnih zadataka MS

Zahtevi manipulacije mernih uređaja (mernih senzora)

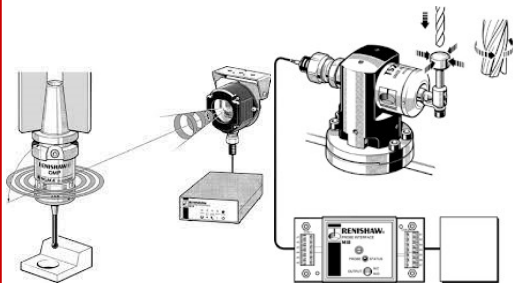
- I. U praksi se primenjuju dve varijante manipulacije u okviru FTM (kao komponenta FTs) poseduje (samo) obradni sistem (obavlja se kontrola obradka i alata)
- II. FTM sadrži i mernu stanicu (obradnu i mernu stanicu) manipulacija se obavlja manipulatorom ili industrijskim robotom.

sistemima:

U slučaju I (MKS integrisan u okviru mašine) pri kontroli obradka se merna glava postavlja u nosač alata, manipulacija je ista kao i manipulacija bilo kojim drugim alatom.

48

Prikaz osnovnih zadataka MS



Slučaj I (MKS integrisan u okviru mašine) pri kontroli obradka se merna glava postavlja u nosač alata, manipulacija je ista kao i manipulacija bilo kojim drugim alatom, dok se merenje alata odvija kao zahvat obrade.

49

Prikaz osnovnih zadataka MS



51

Karakteristike i koncepcija gradnje MS

U slučaju II merni senzor za merenje obradka sa autonomnim MKS mora imati poseban (relativno jednostavan) manipulator i ima nezavisan merni sistem.

U slučaju merenja alata postoji poseban manipulator sa mernom glavnom pa ovde treba imati u vidu da postoje zahvati ulaženja manipulatora u radni prostor mašine, provera alata i iznošenje iz radnog prostora. Najčešće se radi o zakretanju merne ruke kako bi alat mogao doći u poziciju za merenje

50

Karakteristike i koncepcija gradnje MS

Osnovne tehničke karakteristike MS su:

- kinematska struktura
- broj stepeni slobode kretanja završnog organa MS
- manipulacioni prostor
- nosivost MS
- tačnost pozicioniranja MS

Industrijski robot-manipulator se sastoji od dva sklopa:

- sklop "telo- ruka" služi za pozicioniranje objekata u radnoj zapremini robota
- sklop "ruke" namenjen za orijentaciju i pozicioniranje objekata na željenu poziciju

Manipulator se sastoji od zglobova i njihovih veza.

Zglobovi obezbeđuju relativno kretanje a veze su čvrsti elementi između zglobova. Zglobovi obezbeđuju različite tipove spojeva: translatorne i rotacione. Svaki zglob pruža "stepene slobode".

52

Karakteristike i koncepcija gradnje MS

Zglobovi koji obezbeđuju translacione pokrete su:

translatorni, tzv. linearni zglob (tip L)

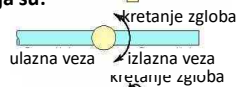


Ortogonalni zglob (tip O)



Zglobovi rotacionog kretanja su:

Rotacioni zglob (tip R)



Torzioni zglob (tip T)



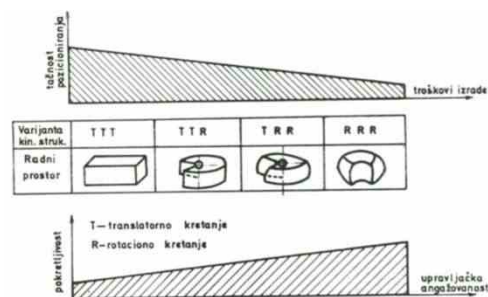
Okretni zglob (tip V)



53

Karakteristike i koncepcija gradnje MS

Uticaj kinematske strukture na geometrijske, tehnološke i eksploatacione karakteristike manipulacionog sistema



55

Karakteristike i koncepcija gradnje MS

Robot	Ose	Zglobovi (njihove veze)
principl gradnje	kinemat. lanac	Radni prostor
Portalni robot		
Cilindrični		
Sferni robot		
SCARA robot		
Zglobni robot		
Paralelni robot		

54

Karakteristike i koncepcija gradnje MS

Manipulacioni prostor robota i MS

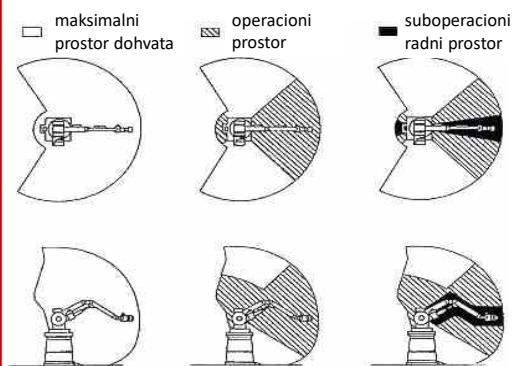
Manipulacioni prostor se definiše zapreminom prostora koji je dostupan završnom organu industrijskog robota ili maksimalnim translacionim i rotacionim pomeranjima pokretnog elementa.

Manipulacioni prostor se može podeliti na:

- **Prostor za manevrisanje** (maksimalni prostor u kojem se kreće robot premeštajući se za vreme procesa manipulacije)
- **Operacioni prostor** (prostor koji je dostupan završnom organu robota za vreme kretanja pokretnog elementa u radu - dohvata ruke sa objektom manipulacije)
- **Suboperacioni prostor** (prostor u kome se kreće objekat manipulacije prihvaćen u hvataljke pri kretanju manipulatora za zahvat manipulacije)

56

Karakteristike i koncepcija gradnje MS



57

Karakteristike i koncepcija gradnje MS

Tačnost pozicioniranja MS

Pod pojmom tačnosti pozicioniranja MS podrazumeva se tačnost ponavljanja postavljanja objekta manipulacije u radni ili bilo koji drugi zahtevani položaj.

Kod oko 50% industrijskih robota je netačnost (greška pri pozicioniranju) veća od ± 1 [mm], što ograničava primenu za preciznu obradu.

Tačnost pozicioniranja zavisi od broja stepeni slobode kretanja, brzine manipulacije i mase objekta manipulacije. Sa njihovim porastom netačnost se povećava.

Pri izboru manipulacionih sistema treba naći kompromisno rešenje vezano za tačnost i proizvodnost.

59

Karakteristike i koncepcija gradnje MS

Princip rada	Kinematska šema	Radni prostor
 Portalni robot		
 Cilindrić. robot		
 Sferni robot		
 SCARA robot		
 Zglobni robot		

Primeri operacionog (radnog) prostora pri pojedinim konfiguracijama robota i njihovih kinematskih struktura

58

Karakteristike i koncepcija gradnje MS

Brzina pokretnih elemenata MS

Brzina linearnih (pravolinijskih) pokreta industrijskih robota najčešće ne prelazi 1000 [mm/s], ugaona brzina 90 -180 [s⁻¹].

Brzina pokretnih elemenata utiče na ekonomičnost i proizvodnost kako pojedinačnih elemenata tako i FTs u celini.

U cilju povećanja proizvodnosti, a samim tim i ekonomičnosti manipulacionog sistema, nameće se zaključak, pogodnije je ići na skraćanje vremena ciklusa u pravcu optimizacije putanje kretanja nego na povećanjem brzine.

60

Koncepcija gradnje MS

Koncepcija gradnje MS zavisi od:

- Tipa i veličine samih komponenti FTs zbog mogućnosti uklapanja manipulacionog i sistema za rukovanje,
- Raspoloživog i potrebnog manipulacionog prostora (veličine i oblika),
- Objekata manipulacije imajući u vidu karakteristike MS.

Osnov za ovakav pristup, pre svega, je detaljna analiza zahvata manipulacije i osnovnih karakteristika MS. Naravno, pri tome treba imati u vidu moguća varijantna rešenja i primere različitih vrsta izvedenih rešenja. Razmatranje pojedinih primera MS za slučaj najčešćih objekata manipulacije:

- Radni predmet
- Alat

61

Koncepcija gradnje MS

Manipulator kao deo mašine (konstrukciona celine)

1. Minimalni zahtevi u vezi sa konstrukcijom mašine
2. Ograničana mogućnost pristupu radnom prostoru mašine



63

Koncepcija gradnje MS

MS za radne predmete

Ako se posmatra koncepcija i konstrukcija MS, oni se globalno mogu klasifikovati prema sledećem:

- Manipulator kao deo mašine
- Specijalni namenski industrijski robot koji je kao celina (poseban modul) integrisan sa mašinom
- Stacionarni namenski industrijski robot
- Stacionarni univerzalni industrijski robot
- Portalni namenski manipulator
- Portalni višenamenski manipulator

62

Koncepcija gradnje MS

Industrijski robot koji je kao celina integrisan sa mašinom (posebna konstrukciona celina - modul)

1. Veća fleksibilnost pristupa zoni radnog prostora
2. Mogućnost promene hvataljki i prihvatanje različitih oblika i dimenzija radnog predmeta



64

Koncepcija gradnje MS

Specijalni namenski manipulator koji je kao celina integrisan sa mašinom

1. Najčešća primena kod vertikalnih strugova
2. Radni predmeti su uglavnom manjih dimenzija



65

Koncepcija gradnje MS

Portalni namenski industrijski robot

Ovaj tip manipulatora namenjen je za određeni tip objekata manipulacije. Imaju prilagođene hvataljke za zahtevani tip objekta manipulacije za koje su projektovani.



67

Koncepcija gradnje MS

Stacionarni namenski industrijski robot



Namenjeni su za manipulaciju određene vrste objekta, u konkretnom slučaju za manipulaciju alata.



66

Koncepcija gradnje MS

Portalni višenamenski manipulator (robot)



68

Manipulacioni sistemi za alate

Kod sistema za manipulaciju alatima osnovni zahtev automatske izmene – zamena je što većeg broja alata.

Koncepciona rešenja zavise od:

- broja alata u magacinu i nosaču alata
- položaja osa alata u magacinu i (na mašini) u nosaču
- rastojanja alata u magacinu i nosaču
- načina stezanja/otpuštanja alata u magacinu i nosaču
- potrebnog vremena izmene alata

Tipovi MS za izmenu/zamenu alata su:

- MS kao deo mašine;
- MS integrisan sa mašinom;

Ređe se koriste: Stacionarni namenski industrijski robot, Portalni namenski MS i Univerzalni industrijski roboti.

Prema vezi sa manipulacionim sistemom:

- fiksne i
- izmenljive.

Prema pogonu (fizičkom principu rada pogona):

- mehaničke
- hidraulične
- pneumatske

Hvataljke moraju obezbediti da obradak u svakom trenutku mora biti u određenom položaju bez ijednog stepena slobode kretanja (mora imati oduzete svih 6 stepeni slobode kretanja).

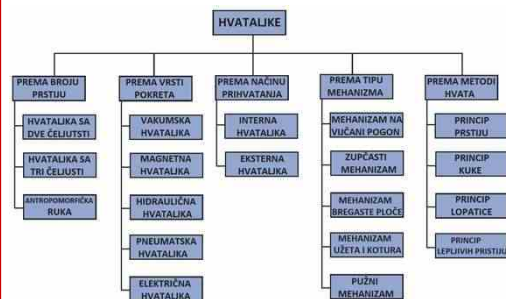
Hvataljke kao element manipulacionih sistema

Imajući u vidu da postoji neposredna interakcija hvataljke sa objektom manipulacije i okolinom manipulacionog sistema hvataljke su najvarijabilniji element konstrukcije manipulacionih sistema, koji mora odgovarati objektu manipulacije.

Samo optimalna konstrukcija hvataljki omogućava potpuno iskorišćenje karakteristika manipulatora kao što su nosivost, tačnost i drugo.

Hvataljke preme konstrukciji mogu biti:

- univerzalne (standardnog oblika za prihvatanje određene grupe delova);
- specijalne (prilagođene određenom tipu dela eventualno sa sopstvenim pogonom);



Koncepcija gradnje MS

Sistem različitih tipova hvataljki sa 2 i 3 prsta za različite tipove objekata manipulacije jednog proizvođača.



73

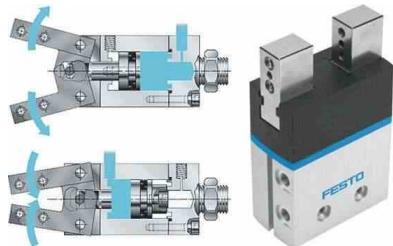
Koncepcija gradnje MS

Različiti tipovi prstiju hvataljki prilagođeni obliku objekta manipulacije



75

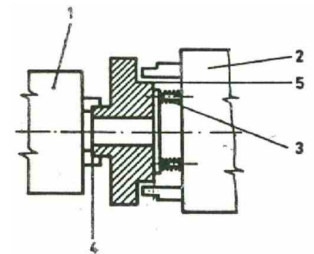
Koncepcija gradnje MS



Hvataljke sa 2 i 3 prsta sa pneumatskim pogonom

74

Koncepcija gradnje MS



1. pribora za stezanje obratka
2. hvataljka manipulatora
3. mehanizam za oslanjanje (potiskivanje obratka)
4. baza za stezanje (tehnološka baza)
5. baza za prihvat pri manipulaciji

76



Uvodne napomene

Sistemi kontrole manipulacionih sistema

Ograničena sekvencna kontrola – operacije prihvatanja i postavljanja objekata se obavljaju pomoću mehaničkih prekidača za programirane položaje.

Upravljanje kretanjem od tačke do tačke – radni ciklus je snmljen i programiran kao niz tačaka, a zatim se reprodukuju sekvence tokom izvršavanja programa.

Upravljanje kretanjem kontinualnom putanjom – zahteva veći kapacitet memorije i/ili mogućnost korištenja interpolacije za izvršavanje putanja (podrazumeva i kretanje od tačaka do tačke).

Inteligentna kontrola – ima funkcije ponašanja koje ga čini inteligentnim, reaguje na ulaze senzora, donosi odluke, komunicira sa operaterom.

3

Uvodne napomene

- Uvodne napomene
- Vrste i metode programiranja MS i robota
- Proces razvoja programa za MS i robota
- Primeri programiranja MS i robota

2

Uvodne napomene

Programiranje manipulacionog sistema (robota) je skup informacija koje na odgovarajući način definišu pokrete MS tako da ih manipulacioni sistem može izvoditi bez intervencija operatera.

Programiranje je identifikacija i specifikacija niza osnovnih radnji koje, kada se izvrše određenim redosledom, postižu određeni zadatak ili realizuju specifični proces.

Pre početka programiranja potrebno je identifikovanje i specifikovanje konfiguracije robota (tj. način kretanja u željeni krajni položaj u odnosu na osnovni položaj). Manipulacioni sistem mora biti programiran da radi željene pokrete i izvršava postavljene zadatke. To je uređaj koji dobija potrebne instrukcije za radi pomoću upravljačkih informacija u programu.

4

Uvodne napomene

Program manipulacionog sistema definiše putanju kretanja njegovog izvršnog organa u kombinaciji sa zahtevima kretanja periferne opreme koja podržava njegov radni ciklus.

Aktivnosti periferne opreme u kretanju MS uključuju:

- Rad izvršnog organa.
- Donošenje logičnih odluka.
- Komunikacija sa okruženjem.

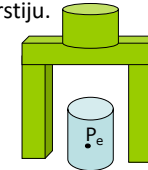
Programer manipulacionog sistema treba da razume ceo zadatak MS i da ima odgovarajuću vezu sa okruženjem pre nego što započne programiranje.

5

Uvodne napomene

Krajnji efekat: programirani položaj ruke robota, gde se nalazi hvataljka ili drugi alat koji robot koristi, definiše se kao krajnja, ciljna, tačka (P_e) robota.

Ako, na primer, robot ima hvataljke sa dva prsta, kojim može da prihvati objekat, obično se P_e definiše kao tačka između dva prsta, tako da kada je ova tačka geometrijski unutar nekog objekta koji treba da prihvati, robot treba da zatvori prste svoje hvataljke da bi uhvatio predmet. Tada se može udaljiti sa objektom stegnutim između prstiju.

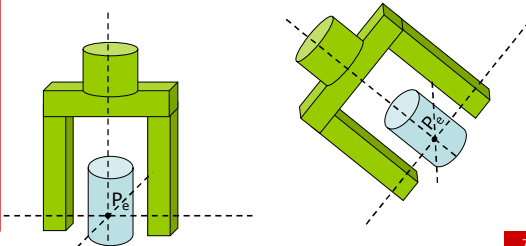


6

Uvodne napomene

“Poza”: ili položaj P_e u prostoru predstavlja orijentaciju objekta i manipulatora.

Nije dovoljno da se P_e samo definiše kao tačka, već treba da joj se priključi ili fiksira koordinatni sistem, tako da se možemo definisati i položaj P_e u prostoru. Takođe, treba odrediti i orijentaciju koordinatnog sistema (sve zajedno definiše položaj objekta).



7

Vrste i metode programiranja MS i robota

Mogu se razlikovati dve metode programiranja:

- On-line (direktno programiranje)
- Off-line (indirektno programiranje)

On-line direktno programiranje (*eng. Teach-in*) je proces “učenja” robota za izvršenje željenih zadataka. Ova metoda podrazumeva prolazak robota kroz željene pozicije, tačke, uz snimanje, tih tačaka tokom kretanja, u memoriju kontrolera kako bi se opisala željena putanja.

U direktno programiranje spada programiranje:

- vođenjem,
- primenom panela za obučavanje (*teach-in panela*).

[Robot Programming Methods](#)

8

Vrste i metode programiranja MS i robota

Programiranje vođenjem pokreta

Programer ima fizički kontakte sa robotskom rukom, vodi robotsku ruku kroz željene pozicije u budućem radnom ciklusu.

Svaki pokret se snima u memoriju za reprodukciju tokom radnog ciklusa, uključujući i nenamerne (neželjene) pokrete. Glavni problem je postizanje tačne pozicije u sekvenci. Vreme ciklusa i brzina se mogu promeniti naknadno ukoliko je potrebno.

Ne može se postići visoka preciznost u generisanju putanje (ručni rad). Potreban je visoko obučeni operater. Optimalna brzina putanje se ne može uvek postići. Pokreti MS se čuvaju u stvarnom vremenu obučavanja, potrebna je velika memorija sistema.

[On-line programiranje](#)

9

Vrste i metode programiranja MS i robota

Programiranje primenom panela za obučavanje

Svaka osa robota se pomera pritiskom na kontrolni prekidač na panelu za učenje. Vršni se serija pokreta do postizanja željene, krajnje, pozicije manipulatora.

Tipični komandni tasteri na panelu za učenje su:

JOG - HOME - TEACH - MOVE

Odgovarajuće sekvence pozicija zglobova ili kontrolnih tačaka se memoriše za kasniju reprodukciju u ciklusu proizvodnje.

Uglavnom se ovakav način primenjuje samo za programiranje "od tačke do tačke" jer putanja između dve uzastopne pozicije nije uvek predvidiva.

Uglavnom se koristi za radne aktivnosti kao što su: farbanje, elektro lučno zavarivanje, brušenje, obaranje ivica, poliranje i dr..

[Programiranje pick and place](#)

10

Vrste i metode programiranja MS i robota



11

Vrste i metode programiranja MS i robota

Prednosti i nedostaci programiranja vođenjem pokreta robota

Prednosti:

- Operater u pogonu lako obučava robot za izvršenje zadataka
- Obuka robota se obavlja po logici operatera
- Nema kompjuterskog programiranja

Nedostaci:

- Nije praktično za velike i teške robote
- Nije moguće ostvariti visoku preciznost pokreta
- Mogući zastoji tokom programiranja
- Ograničene mogućnosti programske logike
- Nema mogućnost komunikacije sa eksternim senzorima
- Potreban veliki kapacitet memorije

12

Vrste i metode programiranja MS i robota

Idirektna(Off-line) metoda programiranja industrijskih robota je metoda koja se izvršava na eksternom računaru. Ne zahteva isključivanje robota iz proizvodnog procesa, što je prednost u poređenju sa on-line programiranjem.

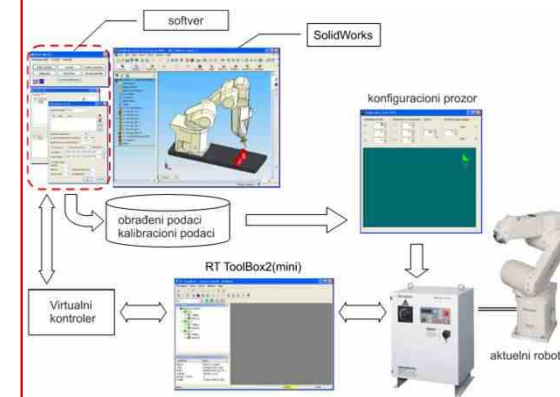
Ova metoda programiranja se zasniva na primeni programskih jezika, baza podataka koje sadrže robote, senzore pozicije i drugu opremu robotskih sistema kojom se upravlja.

Postupak off-line programiranja izvršava se softverskim alatima primenom programskih jezika. Manipulacioni sistem, primenom neke od metoda programiranja, se programira da radi željene pokrete i izvršava postavljene zadatke.

[Software robot programming](#)

13

Vrste i metode programiranja MS i robota



14

Vrste i metode programiranja MS i robota

Programiranje primenom programskih jezika

Pomoću ovog načina programiranja definišu se osnovni elementi programa sa izvršnim komandama.

Programom je potrebno definisati sledeće:

- Konstante i promenljive
- Komande kretanja (koordinatni sistemi)
- Komande izvršnog organa
- Senzorske komande
- Komande za kontrolu programa
- Komunikacione komande
- Komande režima nadzora

15

Vrste i metode programiranja MS i robota

Neki od programskih jezika koji su razvijeni i primenjuju se u radu za kontrolu pojedinih konfiguracija manipulacionih sistema i robota:

VAL

Popularni tekstualni jezik koji je razvio *Unimation Inc.* za PUMA seriju robota. Novija generacija ovog jezika je verzija VAL II. Omogućava kretanje ruke u koordinatama zglobova, u apsolutnom koordinatnom sistemu i koordinatnom sistemu alata. Takođe, upravlja hvatanjem i kontrolom brzine.

AML

Razvijen je od IBM-a. Kompatibilan je, moguće je povezivanje sa drugim programskim jezicima.

16

Vrste i metode programiranja MS i robota

WAVE

Razvijen na univerzitetu Stanford
Podržava programiranje koordinacije oka robota (kamere) i ruke robota kao robotske mašinske vizije.
Razvijeni algoritam je previše složen i nije prilagođen korisniku.

AL

Takođe razvijen na univerzitetu Stanford ali nešto novije generacije. Jezik podržava implementaciju različitih potprograma, uključujući i aktivnosti između robota i okoline.

17

Vrste i metode programiranja MS i robota

HELP

Razvijen od strane kompanije General Electric. Ima mogućnost da istovremeno kontroliše dve robotske ruke.

JARS

Razvijen od strane NASA JPL. Baziran je na programskom jeziku PASCAL. Može se povezati sa PUMA 6000 robotom.

RPL

Razvijen od kompanije SRI international.
Osnovne komande i princip programiranja zasnovan je na LISP jeziku koji ima sličnu strukturu i sintaksu FORTRAN programskog jezika. Može se povezati sa PUMA 500 robotom.

18

Vrste i metode programiranja MS i robota

Klasifikacija jezika za programiranje MS

– Jezici prve generacije

Omogućavaju off-line programiranje u kombinaciji sa programiranjem vođenjem.

Primer: VAL jezik. Sposobnosti jezika prve generacije su ograničene na rukovanje senzorskim podacima (osim binarnih signala ON/OFF) i komunikaciju sa drugim računarom

– Jezici druge generacije

Ovde spadaju AML, RAIL, MCL, VAL II jezici. To su strukturirani programski jezici koji obavljaju složene zadatke. Obrađuju podatke sa senzora: sile, obrtnog momenta, kretanja i druge senzore koji se mogu ugraditi u veze i zglobove MS (robota).

19

Vrste i metode programiranja MS i robota

– *Objektno orijentisani jezici usmereni na zadatke*
Zadatak se definiše preko komande, kao npr. "ZAVRNI NSVRTKU". Robot treba da bude sposoban da obavlja funkcije korak po korak da bi postigao cilj zavrtnja navrtke.

Opšte karakteristike programskih jezika su:

- Svi programski jezici su tekstualnog tipa
- Omogućavaju poboljšanje mogućnosti iskorištenja informacija sa senzora
- Poboljšanje izlaznih mogućnosti za kontrolu spoljne opreme
- Primenjuje se logika programa
- Obezbeđuju proračune i obradu podataka
- Omogućena komunikacija sa centralnim računarom

20

Vrste programiranja MS

Većina proizvođača manipulacionih sistema i robota razvijala je i svoj specifični jezik za programiranje. Novije generacija robota imaju standardizovane programske jezike i mogu da koriste nezavisne programe.

ARLA	ABB
AML	IBM
BAPS	Bosch
DOROB	AEG
HELP	DEA
KAREL	GMF
ROBOTSar	Feis
ROLF	Cloos
SIGLA	Olivetti
SRCL	Siemens
VAL II	Unimation
V+	Stäubli
V+	ADEPT

Nezavisni programski jezici od proizvođača

PasRo
SRL
C++

21

Vrste i metode programiranja MS i robota

Prednosti Off-line programiranja:

- Optimizovano, smanjeno, vreme rada robota
- Identifikacija opasnog područja rada robota
- Sistem za programiranje jednog robota
- Integracija CAD/CAM sistema
- Mogućnost pojednostavljenja složenih zadataka programiranja
- Optimizacija programa
- Kontrola pristupa
- Analiza vremena ciklusa
- Verifikacija programa robota pre upotrebe

22

Vrste i metode programiranja MS i robota

Osnovni razlozi za primenu indirektnog programiranja u industrijskoj praksi:

1. off-line programiranje značajno povećava produktivnosti manipulacionih i robotskih sistema u industriji.
2. Glavni argumenti za off-Line sistem su smanjenje ukupnog vremena korišćenja robota preklapanjem programiranja robota sa stvarnim radom robota.
3. Postoje univerzalni sistemi za programiranje van programskog sistema robota, koji omogućavaju generisanje programskog koda robota dostupnih skoro svim idustrijskih robota.

23

Vrste i metode programiranja MS i robota

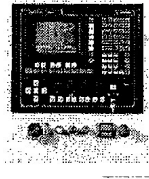
Osnovni zahvati u procesu manipulacije koje se izvršavaju primenom jednog objektno orijentisanog programskog jezika. Odnosi koji se moraju uspostaviti između pojedinih zahvata prikazani su sledećim segmentom programa:

```
pick-up part-A by side-A1 and side-A3
move part-A to location-2
pick-up part-B by side-B1 and side-B3
put part-B on-top-off part-A
with side-A5 in-plane-with side-B6 and
with side-A1 in-plane-with side-B1 and
with side-A2 in-plane-with side-B2
```

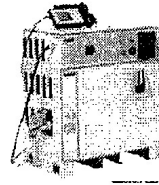
24

Vrste i metode programiranja MS i robota

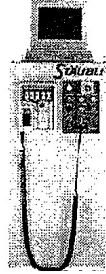
Kontrolna i oprema za upravljanje MS i robotima



Editovanje na displeju CNC mašine koja upravlja funkcijama robota



Editovanje na displeju panela i tastature za obučavanje i upravljanje robotom

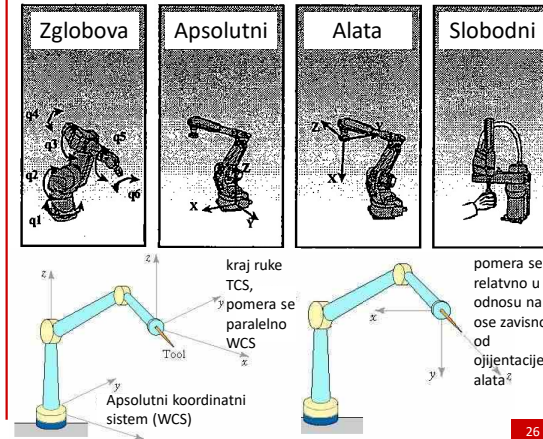


Editovanje na displeju LCD panela za upravljanje funkcijama robota

25

Vrste i metode programiranja MS i robota

Kordinatni sistemi za programiranje robota



26

Proces razvoja programa za MS i robota

Aktivnosti koje je neophodno sprovesti pri kreiranju programa za MS i robote:

1. Identifikacija svih pokreta u operaciji manipulacije, njihovog redosleda, za posmatrani objekt manipulacije.
2. Identifikacija potrebnih situacionih pokreta za programiranje svih kretanja i radnji robota.
3. Identifikacija svih radnji i pokreta koji se ponavljaju kao bi se grupisali u parametarske potprograme.
4. Dizajn i razvoj kompletanog program robota i njegove dokumentacije.
5. Testiranje programa, otklanjanje eventualnih grešaka u programu primenom simulatora robota i njegovog radnog prostora.
6. Testiranje program na samom robotu.

27

Proces razvoja programa za MS i robota

Komanda	Opis	Primer
MOV	Pomera robot u programiranu poziciju	MOV P1
MVS	Pomera robot u programiranu poziciju pravoliniski	MVS P1
	Pomera robot u programiranu poziciju pravoliniski iznad programirane tačke (razdaljina po Z osi u koordinatnom sistemu alazta)	MVS P1, -50
OVRD	Zaoblazi ograničenje brzine (0-100%) ne koristiti više od 30 radi sigurnosti	MVS 20
DLY	Kašnjenje u sekundama – čekanje	DLY 0.5
HOPEN	Otvaranje hvataljki	HOPEN 1
HCLOSE	Zatvaranje hvataljki	HCLOSE 1
GOSUB	Pozivanje podprograma	GOSUB *PICK
RETURN	otkazivanje podprograma	RETURN
DEF POS	Definisanje pozicije promenljive	DEF POS PTMP
END	End of program	END

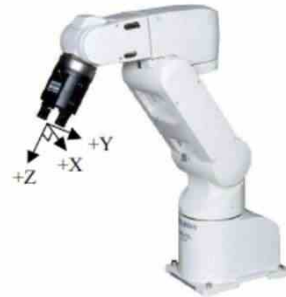
28

Primeri programiranja MS i robota

[Programming for-CAD](#)

[Robot Offline programming CAM](#)

Primer programiranja primenom programskog jezika indirektnom metodom za robot zglobnog tipa sa više stepeni slobode.

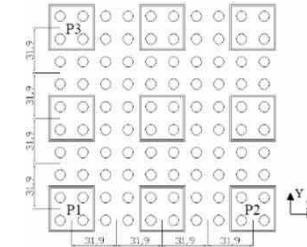


Mitsubishi Industrial Robot
CR750/CR751 Series

29

Primeri programiranja MS i robota

Primer programa Pr1 pokazuje kako napraviti matricu/mrežu ciljnih tačaka od 3 ugaone tačke. Ovo je veoma korisno ako robot mora da paletizira predmete. Takođe, može se koristiti za definisanje matrice delova. Kvadratni radni predmet je približnih dimenzija 31,9 x 31,9 mm. Primer programa pokazuje kako da definišemo matricu od 3x3 radna predmeta koristeći ugaone tačke P1, P2 i P3.



30

Primeri programiranja MS i robota

DEF POS P10	
P2 = P1	Kopira koordinate P1 u P2
P3 = P1	Kopira koordinate P1 u P3
$P2.X = P2.X + 31.9 * 4.0$	Modifikuj kopiju P2 proširi X komponentu
$P3.Y = P3.Y + 31.9 * 4.0$	Modifikuj kopiju P3 proširi Y komponentu
DEF PLT 1,P1,P2,P3, ,3,3,1	Definiši paletu pod nazivom P1, kreiranu od 9 tačaka (3x3), koristi P1, P2, P3 za određivanje krajnjih tačaka palete
M8 = 5	Postavi celobrojnu promenljivu M8=5
P10 = PLT 1,M8	Izaberi petu poziciju na paleti i kopirati je u P10
MOV P10	Idi u selektovanu poziciju

31

Primeri programiranja MS i robota

Primer programiranja indirektnom metodom u okviru upravljačke jedinice mašine alatke

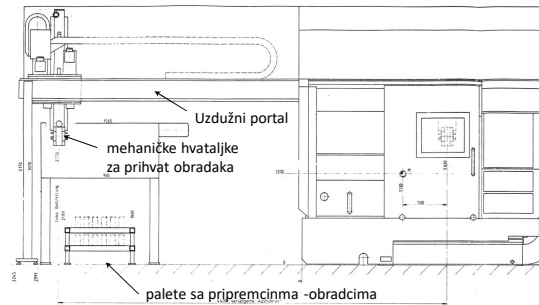
Ovaj metod programiranja koristi fiksne cikluse sa parametarskim načinom programiranja. U upravljačkoj jedinici su instalisani namenski potprogrami koji omogućavaju primenu manipulacije u procesu obrade. Postoji više ciklusa koji upravljaju manipulacijom za različite tipove delova koji se obrađuju u okviru glavnog programa obrade.

Zahvat manipulacije se poziva na početku glavnog upravljačkog programa obrade, pozivom potprograma. Pre pozivanja ciklusa za zahvat manipulacije potrebno je definisati određene parametre za izvršenje procesa manipulacije, svi neophodni parametri se upisuju u podprograme koji obezbeđuju nesmetano izvršenje zahvata manipulacije.

32

Primeri programiranja MS i robota

Primer programiranja manipulacionog sistema u okviru upravljačke jedinice mašine alatke prezentovače se na primeru FTM INDEX GU 600 + Portalni manipulacioni sistem WHU 160



33

Primeri programiranja MS i robota

Podprogrami za manipulaciju delovima tipa diska koje je neophodno definisati sa pripadajućim parametrima da bi sistem nesmetano funkcionisao.

L970 - sinhronizacija hvataljki za delove tipa diska. provera da li je hvataljka prazna i dovodi manipulator u startnu poziciju za prihvat delova

L973 - podaci vezani za zaspored delova na paleti

L974 - upravlja tokom manipulacije

L965 - startuje manipulaciju u upravljačkom programu za obradu dela

34

Primeri programiranja MS i robota

Primer parametara za **Ciklus L970**

Parametri:

R03xx R05yy R10zz R11ww L970

R03 - stezanje priprema, xx-hod hvataljki (mm)

R05 - stezanje obradka, yy – hod hvataljki (mm)

R10 - način stezanja priprema

zz= 01 stezanje spolja, zz=02 stezanje iznutra

R11 - način stezanja obradka:

ww=01 stezanje spolja, ww= 02 stezanje iznutra

35

Primeri programiranja MS i robota

Primer programa manipulacije sa pripadajućim podprogramima i parametrima procesa

%9001 program manipulacije obracima tipa diska

N5 R03xy R04xy R10xy R11xy L970

parametri hvataljki

N10 R10*xy R03xy R04xy R05xy R06xy R07xy

R08xy R42xy R43xy L973

parametri rasporeda obradaka na paleti

N15 H70 učitavanje parametar u PLC

N20 R10xy R11xy R12xy R13xy R14xy R16 xy

R17xy R18 xy L974

parametri toka manipulacije

N20 %100 poziv NC programa za obradu

N25 M30

*) Ukoliko se primenjuje više tipova paleta u toku manipulacije definiše se parametar R10.

36

Primeri programiranja MS i robota

Primer segmenta (početka) glavnog programa obrade sa pozivom ciklusa manipulacije za delove tipa diska
%100

N10 G0 G53 X300 Z500

N20 R20 1 R25 100 L965

poziv podprograma za
izvršenje manipulacije u
toku obrade

N30 G59 Z210

...

...

N100 M30



Sadržaj predavanja

- Uvodne napomene
- Merenje radnog predmeta
- Merenje alata
- Karakteristike merno-kontrolnih postupaka
- Programiranje merno-kontrolnih sistema

2

Uvodne napomen

Osim razvoja u smislu automatizacije metroloških zadataka, težnja je bila i ka primeni rezultata merenja za upravljanje mašinom alatom.

U prvom slučaju cilj je da se izbegne subjektivnost rukovaoca (uz moguće greške), a u drugom je cilj ostvarivanje (u manjoj ili većoj meri) automatskog upravljanja mašinom alatom.

Takvi sistemi upravljanja su:

- upravljanje pomoću graničnika,
- upravljanje po principu kopiranja,
- upravljanje po principu aktivnog merenja.

3

Obaveze na predmetu

Definicija osnovnih pojmova

Merenje: utvrđivanje vrednosti neke fizičke veličine na osnovu njenog poređenja sa usvojenom jedinicom.

Kontrola: provera da li je vrednost neke fizičke veličine unutar određenih granica.

Nadzor: praćenje vrednosti neke fizičke veličine u toku procesa obrade

Dijagnoza: prepoznavanje i utvrđivanje određene pojave po njenim bitnim simptomima tj. karakteristikama.

Dijagnostika: postupak dijagnoze.

Terapija: propisivanje načina usklađivanja ili ako je moguće ublažavanja uočene pojave, ili bar prisutnih neželjenih posledica.

4

Uvodne napomene

Objekti merenja su osnovni elementi procesa obrade, a to su **obradak** i **alat**.

Generalno posmatrano, metrološki zadaci koji se izvode u okviru FTs, mogu se podeliti u dve osnovne grupe:

- **merenje obradka** (geometrijskih dimenzija radnog predmeta) i **merenje alata** (dimenzija-korekcija)
- **nadzor i dijagnostika** stanja pojedinih komponenti procesa obrade (alata, u smislu prepoznavanja kolizije, loma i habanja, kao i predmeta obrade, u smislu njegove geometrije i stanja obrađene površine)

5

Merenje predmeta obrade

Kad se razmatra predmet obrade kao objekt merenja, možemo učiti postojanje tri karakteristična mesta, u vremenskom toku materijala kroz tehnološki proces izrade, mašinama alatkama:

- pre procesa obrade;
- u toku procesa obrade;
- nakon završetka procesa obrade.

Ako posmatramo zahvate merenja prema prostornom toku materijala u okviru FTs onda zahvat merenja možemo posmatrati prema mestu izvođenja:

- na mašini na kojoj se obrađuje
- izvan mašine (posebno merno mesto).

6

Merenje predmeta obrade

Kako su vremenski i prostorni tokovi materijala jedinstveni za celu FTs, prethodna razmatranja se mogu objediniti. Kada posmatramo predmet obrade, kao objekat mernokontrolnih operacija, merno-kontrolna operacija mogu da se izvede za različite slučajeve prema sledećoj šemi.

	na mašini alatki	izvan mašine alatke
pripremak	+	+
obradak	+	-
gotov deo	+	+

7

Merenje predmeta obrade

Merno-kontrolne operacije koje se primenjuju na pripreмку imaju značaj u smislu eliminacije pripremake lošeg kvaliteta nastao u nekoj prethodnoj obradi na drugoj mašini. Takvi delovi se moraju vratiti na doradu, tj. eliminisati iz daljeg toka materijala kao škart.

Merno-kontrolne operacije na pripreмку, predstavljaju zahvat koji se izvodi u cilju smanjenja vremena proizvodnje i optimizacije troškova proizvodnje, eliminacijom delova koji predstavljaju škart.

Ova merno-kontrolna operacija se izvodi izvan radnog prostora mašinealatke kao posebna operacija ili u radnom prostoru ka jedan od zahvata. Operacija merenja priprema sa peimenjuje sa ciljem dobijanja informacija kojima se može modifikovati predviđeni tok procesa obrade za svaki deo.

[Touch Probe Workpiece measurement](#)

8

Merenje predmeta obrade

Potreba za ovim merno-kontrolnim operacijama je izraženija kod završne obrade obzirom da se nakon nje postiže završni kvalitet obradka kojim se želi ostvariti visok nivo ujednačenosti za sve obradke u seriji.

Ovde treba napomenuti da ukoliko se govori o mernokontrolnoj operaciji priprema izvedenoj van mašine, to takođe može biti merno-kontrolna operacija na nekoj drugoj mašini prethodne obrade.

Ako se pak na samoj mašini vrši identifikacija stanja priprema, potrebno osnovno vreme izrade se povećava, ali se time povećava kvalitet informacija o pripremu obzirom da one sadrže i uticaje pojedinih grešaka (greška stezanja i pozicioniranja priprema). Kod delova od kojih se zahteva visoka preciznost ovaj zahvat merenja se obavezno primenjuje, na obradnom sistemu, pre početka obrade.

[merenje-RSW](#)

9

Merenje predmeta obrade

Merno-kontrolne operacije na obradku, vrše se u vremenskom intervalu od prvog do poslednjeg zahvata obrede u okviru mašine alatke.

Automatizacija ovih aktivnosti je moguća obzirom na dostignuti visok nivo komponenti obradnog sistema uključujući i njegov upravljački sistem kao i elemente merno-kontrolnog sistema. Prvenstveno se misli na aktivne procesne senzore koji se primenjuju u radnom prostoru mašine alatke.

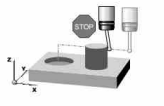

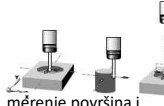
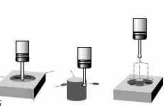
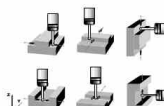
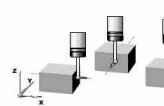

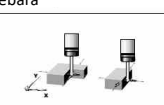
Informacije koje treba da obezbede ovakvi merno-kontrolni sistemi odnose se na stvarno stanje obradka (prvenstveno dimenzije) da bi se na osnovu njih povratnom spregom delovalo na elemente procesa obrade (korekciju: alata, programa obrade,...), a u skladu sa promenljivim uticajem poremećajnih faktora.

[Touch Probe](#)
[Workpiece](#)
[measurement](#)

10

Merenje predmeta obrade

Osnovni zahvati merenja i inspekcije na obratku primenom kontaktne metode merenja senzorom u radnom prostoru mašine, (**obradni centar**).

 zaštita od kolizije	 kalibracija senzora	 merenje površina i dimenzija duž osa
 merenje u 3 tačke sa programabilnim osama	 merenje žlebova, ispusta i rebara	 merenje pojedinačnih površina
 merenje u X-Y ravni	 pozicioniranje obratka	

11

Merenje predmeta obrade





Dodatni zahvati merenja i inspekcije na obradku primenom kontaktne metode merenja senzorom u radnom prostoru mašine, primena na **obradnim centrima** za obradu prizmatičnih delova.

 dimenziono merenje u XZ i YZ ravi	 merenje otvora i osovina sa ugaonim osama	 merenje žlebova i ispusta sa ugaonim osama
 merenje površina sa ugaonim osama	 pozicioniranje objekta ugaonim osama	

12

Merenje predmeta obrade

Opšti zahvati merenja i inspekcije na obradku primenom kontaktne metode merenja senzorom u radnom prostoru mašine, primena na **obradnim centrima** za obradu prizmatičnih delova.

 merenje nagiba između dve površine	 merenje međusobnog položaja više površina	 merenje debljine materijala za obradu
 pozicioniranje objekta po više osa		

[machine-tool-probe-calibration](#)

13

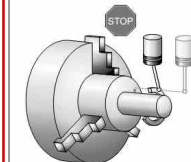
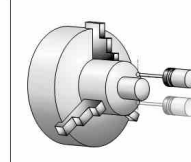
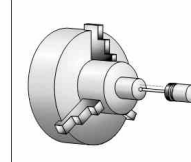
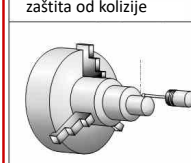


Merenje predmeta obrade

Merenje prečnika može se vršiti prema poziciji u momentu dodira mernog senzora i obradka u samo jednoj tački (jedna strana dodira senzora). Druga moguća koncepcija merenja prečnika obradka bazira na registrovanju pozicije dve tačke kontakta mernog senzora i obradka, gde se izračunava prečnik iz razlike koordinata (dvostrani kontakt senzora). Mane ovakve koncepcije merenja prečnika na mašinama za obradu rotacionih delova izražena je relativnom složnošću kretanja, dugim vremenom potrebnim za jedan ciklus merenja. Ove nepogodnosti primene se mogu eliminisati primenom merne glave sa dva pipka, tj. glave sa mernom čeljusti.

15

Merenje predmeta obrade





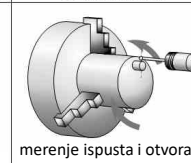
Zahvati merenja i inspekcije na obradku primenom kontaktne metode merenja senzorom u radnom prostoru mašine, kod mašina za obradu rotacionih delova (**strugova**).

 zaštita od kolizije	 kalibracija po X osi	 kalibracija po Z osi
 merenje u 1 tački po X	 merenje u 1 tački po Z	 merenje unutrašnje mere

14

Merenje predmeta obrade

Zahvati merenja i inspekcije na obradku primenom kontaktne metode merenja senzorom u radnom prostoru mašine, kod mašina za obradu rotacionih delova (**strugova**).

 merenje u pravcu Z ose	 merenje prečnika i srenastih površina	 merenje dimenzija obrtanjem obradka
 merenje u pravcu Z ose otvra i žlebova	 merenje ispusta i otvora obrtanjem obradka	

16

Merenje predmeta obrade

Sami uslovi koji se javljaju i prate proces obrade struganjem u najvećem broju slučajeva otežavaju ili onemogućavaju izvođenje merno-kontrolne operacije paralelno sa procesom rezanja.

Razloga za to ima više, a najizraženiji su:

- prisustvo strugotine,
- prisustvo rashladnog sredstva,
- prisustvo vibracija,
- ograničen radni prostor,
- relativno veliki broj elemenata obradnog sistema unutar radnog prostora i dr.

Zbog toga je koncepcija merno-kontrolnih operacija za identifikaciju dimenzija obradka postavljena na **kvazi istovremenom principu**, tj. redoslednom izvođenju pojedinih zahvata obrade i zahvata merenja.

[Touch Probe Workpiece and tool measurement](#)

17

Merenje predmeta obrade

U slučaju kada se želi izvršiti zahvat merenja, nakon završetka obrade jednim alatom i njegovim odmicanjem od obratka pristupa se sledećim aktivnostima za izvođenje merenja:

- zaustavlja se obrtanje radnog predmeta,
- merni uređaj se dovodi u zonu obrade mašine,
- vrši se merenje dimenzije obradka,
- opciono, vrši se merenje temperature obradka u cilju kompenzacije izmerene dimenzije,
- odvodi se merni uređaj iz zone obrade mašine.

Nakon toga se nastavlja proces obrade, ukoliko merenje nije izvršeno kao poslednji zahvat u procesu obrade.

Za izvođenje merno-kontrolne operacije na ovaj način koristi se pogonski sistem mašine koji obezbeđuje potrebna kretanja mernom uređaju.

18

Merenje predmeta obrade

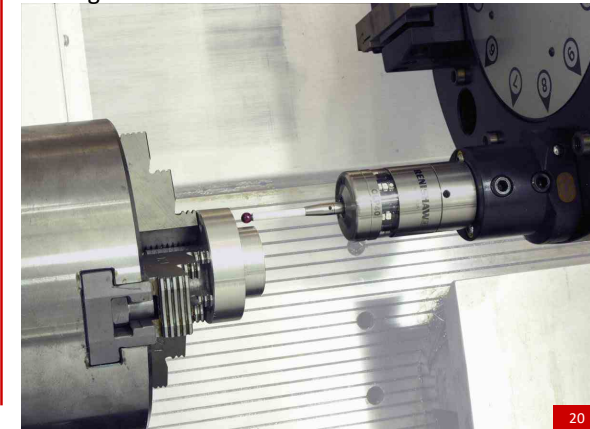
Zahvati merno-kontrolnih operacija i redosled njihovog izvođenja imaju sličnosti sa kretanjima potrebnim za vođenje pojedinačnih alata u procesu obrade.

Ovo omogućava primenu višepozicionog nosača alata umesto autonomnog mernog uređaja. U tom slučaju se mora samo merni senzor ili merna glava nalaziti u jednoj poziciji na nosaču alata. Revolverski nosač alata obezbeđuje potrebna kretanja mernom senzoru kao bilo kom drugom alata u procesu obrade.

19

Merenje predmeta obrade

Zahvat merenja obratka, u radnom prostoru mašine, primenom kontaktnog mernog senzora korišćenjem mernog sistema mašine.



20

Merenje predmeta obrade

Merenje u procesu uključuju radnje ugrađene u proces koji automatski reaguje na promene uslova obrade, inherentne varijacije procesa i neplanirane događaje, dajući najbolje šanse za uspešan proces.

Merenje na mašini omogućava:

- Proces obrade materijala se prilagođava varijacijama u procesu obrade kao što su deformacija delova, odstupanja alata i termički efekti.
- podešavanje koordinatnih sistema, parametara, rastojanja a logički tok programa u zavisnosti od stvarnih materijalnih uslova.

21

Merenje predmeta obrade

Sam merni uređaj može funkcionisati na bazi različitih metoda merenja geometrijskih veličina. Današnji stepen razvoja aktivnih procesnih senzora, pogodnih za praktičnu primenu na obradnim sistemima, je takav da kontaktna metoda predstavlja jedno od najpogodnijih rešenja.

To znači da odgovarajući pogonski sistem obezbeđuje kretanje mernog uređaja sa kontaktnim senzorom do momenta njegovog dodira sa obradkom. Dostignuta pozicija se tada registruje u koordinatnom sistemu i izračunava dimenzija obradka.

Ako se za merno-kontrolnu operaciju koristi autonomni sistem, on mora sadržati sopstvene pogonske elemente, sopstveni merni sistemom za registrovanje dostignute pozicije u koordinatnom sistemu mašine, u trenutku kontakta sa obradkom.

22

Merenje predmeta obrade

Radni zahvat merno-kontrolne operacije kada je merni senzor postavljen u nosaču alata:

1. zakretanje nosača alata radi dovođenja pozicije sa mernim senzorom u radni položaj (ovo se vrši nakon obrade prethodnim alatom)
2. kretanja nosača alata, mernog senzora, do starne tačke ciklusa merenja (pozicija bliska obradku)
3. kretanje u radnom hodu do kontakta mernog pipka, koji se nalazi u mernoj glavi, sa obradkom
4. generisanje signala kontakta na osnovu koga se zaustavlja kretanje nosača alata
5. očitavanje dotignute pozicije
6. eventualno merenje temperature obradka
7. vraćanje nosača alat u starnu tačku ciklusa merenja
8. zakretanje nosača radi dovođenja sledećeg alata u radnu poziciju i nastavk obrade

23

Merenje predmeta obrade

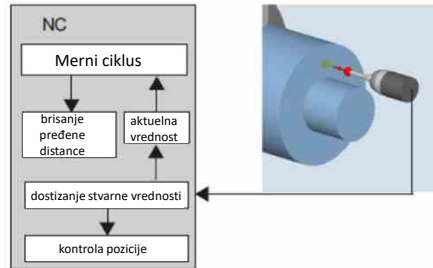
Primena ovakvog merno-kontrolnog sistema je jednostavnija i jeftinija od samostalnog. Međutim, zahteva odgovarajuća hardverska i softverska prilagođavanja obradnog sistema. Prisutno je takođe i pitanje ostvarive tačnosti izmerene dimenzije naročito u odnosu na autonomni merno-kontrolni sistem. U ovakvom slučaju je zbog dobijanja pouzdanije informacije o dimenziji obradka merenjem u jednoj tački moguće postavljanje reperne mere (kalibracije) vezane za stabilnu tačku na samoj mašini, i tada bi prethodna grupa zahvata bila dopunjena:

1a kretanje do tačke kalibracije sa registrovanjem pozicije kontakta i njena provera

24

Merenje predmeta obrade

Princip letećeg merenja

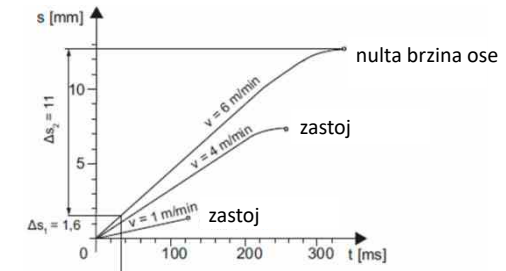


U SINUMERIK upravljačku jedinicu implementiran princip "letećeg merenja". Signal sonde se obrađuje direktno na NC tako da je kašnjenje pri sticanju izmerenih vrednosti minimalno. Ovo omogućava veću brzinu merenja za propisanu preciznost merenja a vreme potrebno za merenje se smanjuje.

25

Merenje predmeta obrade

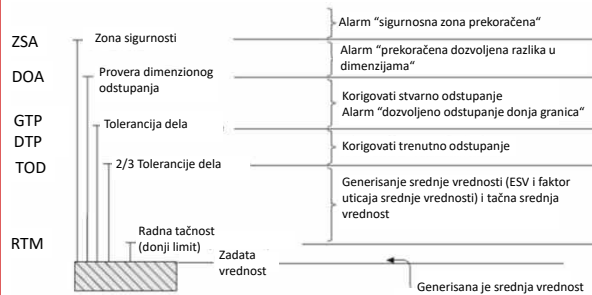
Proračun udaljenosti usporavanja



Dijagram rastojanje-vreme pri različitim mernim brzinama na osnovu primera proračuna

26

Merenje predmeta obrade



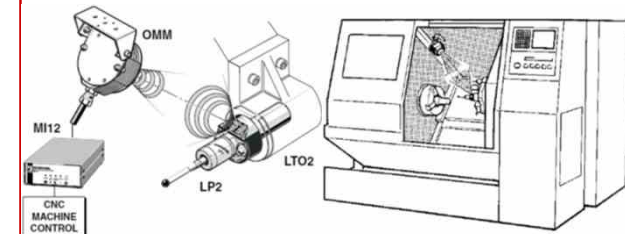
ESV Empirijske vrednosti se koriste za eliminisanje dimenzionih odstupanja koja nisu podložna trendu.

ZSA Zona sigurnosti, Oblast zone sigurnosti se primenjuje za skoro sve varijante merenja i ne utiče na vrednost rastojanja; koristi se za dijagnostiku.

2/3 tolerancije radnog komada TOD

27

Merenje predmeta obrade

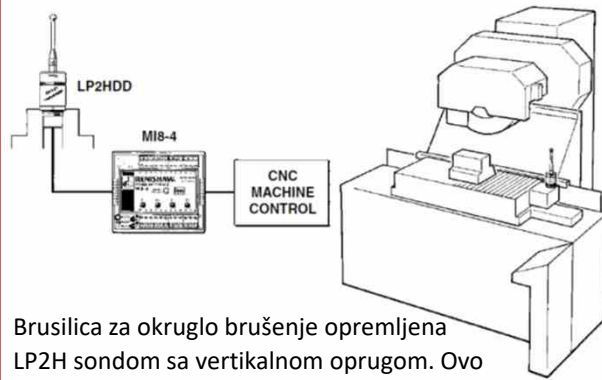


CNC strug opremljen LP2 sondom koristi LTO2 optički modul za prenos signala. U ovoj instalaciji, prenos signala se vrši preko OMM-a i posebnog MI interfejsa.

[Probe calibration – For a tool setter](#)

28

Merenje predmeta obrade



Brusilica za okruglo brušenje opremljena LP2H sondom sa vertikalnom oprugom. Ovo omogućava upotrebu dužih mernih nastavaka od standardnog LP2 i ima dvostruku membranu za upotrebu u radnom prostoru brusilice.

29

Merenje alata

Merenje alata u procesu obrade primenom kontaktnih metoda merenja prepoznaje:

- prisustvo alata
- korekcije alata
- položaj alata – osiguranje da nije došlo do promene dužine
- detektuje polomljene i/ili okrnjene ivice alata

[Tool Setting](#)
[Probe ZX](#)
[Speed Tool measurement](#)

30

Merenje alata

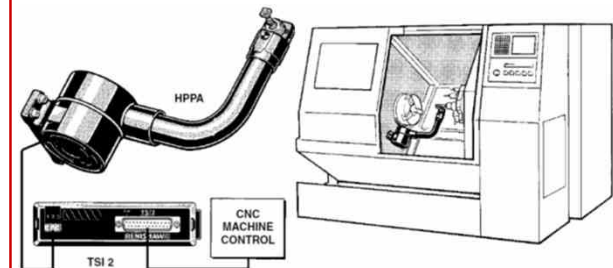
Osnovni zahvati merenja i inspekcije na alatu primenom kontaktne metode merenja u radnom prostoru mašine na obradnom centru i na strugu.



31

Merenje alata

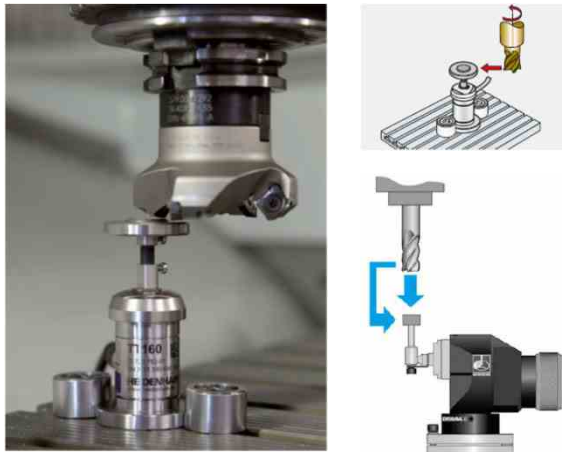
Kontaktne metode merenja alata



CNC strug opremljen sistemom za automatsko podešavanje alata. Sistem postavljen je unutar radnog prostora mašine alatke i sve vreme je na raspolaganju za zahvate merenje, manevrišući sondom za podešavanje alata u položaj kada je to potrebno – pod kontrolom programa.

32

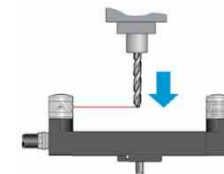
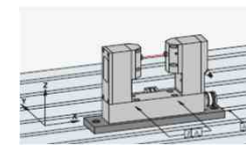
Merenje alata



33

Merenje alata

Bez kontaktne metode merenja alata



[Laser Control
Werkzeug
messung
Anwendungs
beispiele](#)

34

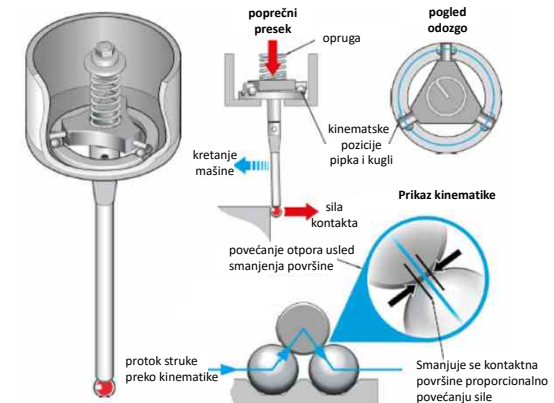
Karakteristike merno-kontrolnih postupaka



Senzor na mašini se aktivira na dodir jer koristi prekidač koji se aktivira nakon kontakta između mernog pipka senzora i predmeta koji se meri. Kada se aktivira, senzor signalizira upravljačkoj jedinici preko interfejsa i kontrolera (skoro istovremeno) mašina automatski očitava poziciju senzora preko svojih enkodera (sistem za povratne informacije).

35

Karakteristike merno-kontrolnih postupaka



Na osnovu kinematskog principa vrši se generisanje okidača signala. Mogućnost pozicioniranja više puta u istu poziciju, ponovno postavljanje mehanizma za rad, je ključno za ovaj proces i od suštinskog je značaja za pouzdanu metrologiju.

36

Karakteristike merno-kontrolnih postupaka



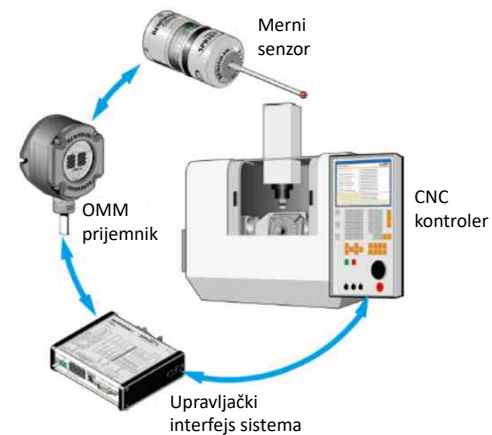
Optički sistem prenosa signala IC zracima



Sistem prenosa informacija radio signala

37

Karakteristike merno-kontrolnih postupaka



38

Karakteristike merno-kontrolnih postupaka

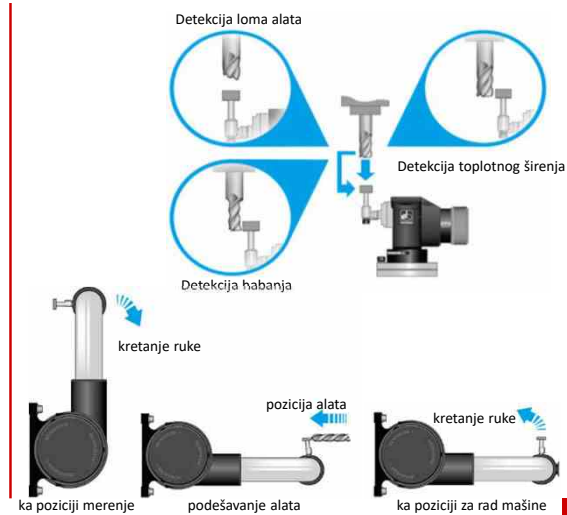
Praktični primeri višestrukih aplikacija za merenje mogu uključivati:

1. Dva ili više senzora sa različitim mernim pipcima za ispitivanje različitih karakteristika tokom merenja u procesu obrade.
2. Jedan senzor visoke preciznosti za kalibraciju mašine i jedan senzor standardne tačnosti za podešavanje obradaka, merenje u procesu i inspekciju dela.
3. Više senzora za podešavanje kao i kombinovanje automatizovanog podešavanja delova, merenja u procesu i podešavanja alata.



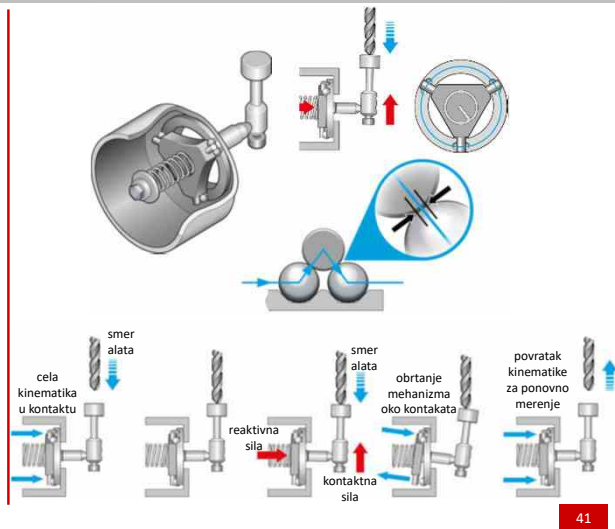
39

Karakteristike merno-kontrolnih postupaka



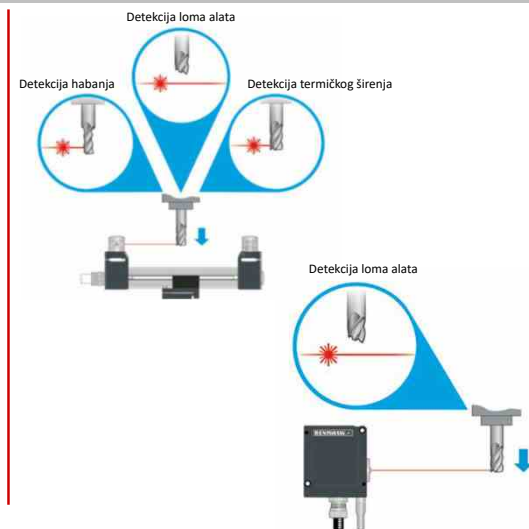
40

Karakteristike merno-kontrolnih postupaka



41

Karakteristike merno-kontrolnih postupaka



42

Programiranje merno-kontrolnih sistema

Glavne klasifikacije (tipovi) softvera za programiranje zahvata merenje su:

- sistemi bazirani na ciklusima i makroima instaliranim i dostupnim na CNC mašini. Oni se oslanjaju na primenu tradicionalne tehnike programiranja (G-kod).
- nezavisni softverski sistemi instalirani na računaru omogućavaju obavljanje širokog spektra zadataka pomoću post procesora koji su konfigurisani za pojedinačne alatne mašine.

Dostupna softverska rešenja omogućava rešavanje različitih zadataka kao što su: merenje alata, pozicioniranje obradka, merenje i inspekciju komponenti obrade, verifikaciju i kreiranje izveštaja

43

Programiranje merno-kontrolnih sistema

Softverski sistemi bazirani na upravljanu pomoću fiksnih ciklusa i programiranju G-kodom primenjuju se na obradnim sistemima za zahvate koji omogućavaju podešavanje obradka i merenje komponenti koje se obrađuju na mašini alatki. Upravljanje radom sistema obavlja se izvršenjem glavnog programa primenom G-koda. Lako se konfigurise korišćenjem aplikativnih programa za instalaciju kako bi se prilagodio modelima CNC alatnih mašina. Primena ovakvog načina upravljanja pruža širok spektar ciklusa merenja.

Takođe, operater može da koristi ručni uređaj da pozicionira senzor u odgovarajući početni položaj i izvrši merenje. Ciklus kalibracije i merenja mogu da se kombinuju u jednostavan G-kod program koji će se izvršiti automatski.

44

Programiranje merno-kontrolnih sistema

Razvijene aplikacije pružaju korisnicima mogućnost jednostavnog korišćenje zahvata merenja u ciklusima, koji su uključeni u program obrade, bez potrebe za iskustvom programiranja G-koda, neke od njih su:

- **zadaci postavljanja procesa** - kao što su pozicioniranje obradka, merenje dimenzija delova i korekcija alata
- **kontrolni zadaci u procesu** – kao što su praćenje stanja alata, ažuriranje dimenzija alata i ponovna obrada (dorada) na osnovu rezultata merenja
- **zadaci kreiranja izveštaja nakon procesa** – pružanje informacija korisnicima o kvalitetu procesa i pomoć u donošenju odluka za naredne operacije i procese.

45

Programiranje merno-kontrolnih sistema

Osnovne karakteristike i prednosti primene mernih sistema na bazi makroa:

- Jednostavno programiranje: potrebna minimalna veština (standardna rutina) operatera
- Ažuriranje radnih dimenzija za tačno pozicioniranje komponenti
- Memorisanje i skladištenje rezultata merenja i grešaka u makroe promenljivih
- Omogućeno pozicioniranje u zaštitnim ciklusima
- Može se koristiti u MDI režimu ili pomoću ciklusa koji se pozivaju u programu za obradu delova u automatskom radu.

46

Programiranje merno-kontrolnih sistema

Prednosti primene ciklusa merenja u radnom prostoru mašine alatke:

- Ušteda ukupnog vremena obrade zahvaljujući smanjenju vremena podešavanja obradka.
- Povećana pouzdanosti procesa izrade dela zahvaljujući ciklusima merenja.
- Integrisana podrška za unos iz Shop Mill i sistema za programiranje zahvata obrade.
- Realističan prikaz mernog procesa u SINUMERIK simulacionom modulu.
- Lako kreiranje izveštaja merenja za seriju delova.

47

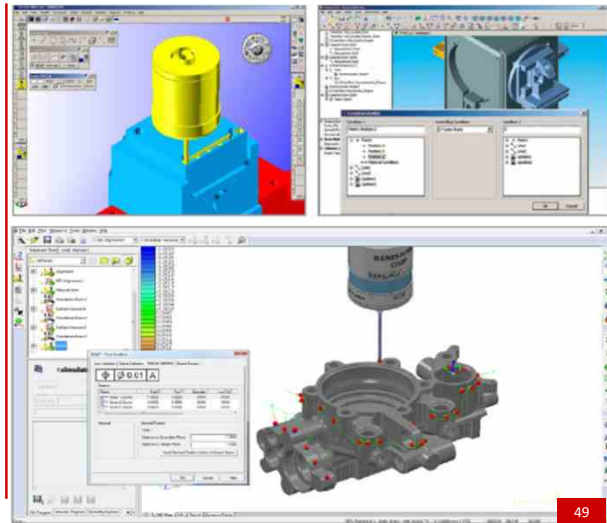
Programiranje merno-kontrolnih sistema

Karakteristike i prednosti primene nezavisnih softverskih sistema za programiranje:

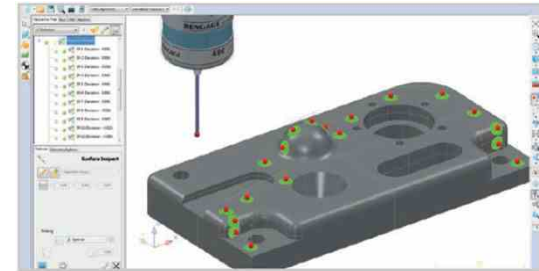
- Automatsko prilagođavanje programa obrade u realnom vremenu na osnovu rezultata inspekcije
- Programiranje pomoću kreiranog CAD modela (ili ručno ako ne postoji CAD model)
- Kreiranje konstruktivnih elemenata na osnovu prethodno izmerene geometrije komponenti
- Vizuelizacija i verifikacija ciklusa merenja, uključujući detekciju kolizije
- Podrška za širok spektar platformi (tipova upravljačkih jedinaca) za upravljanje alatima

48

Programiranje merno-kontrolnih sistema



Programiranje merno-kontrolnih sistema



Osnovne karakteristike i prednosti:

- Programirajte direktno Primenom solid modela
- Geometrijska karakteristika i inspekcija površina slobodne forme
- Tehnike uvoza datoteka projektuju tačke inspekcije na solid model
- Prolagođeno grafičko i tekstualno izveštavanje
- Podrška mašinama sa više upravljačkih osa
- Simulacija putanje senzora za detekciju kolizije

50