

Robotika i fleksibilni proizvodni sistemi

PRIMJENA ROBOTA U INDUSTRIJI

Transfer materijala i opsluživanje mašina

- U proizvodnim pogonima, promet i prenos materijala spadaju u ključne radnje. Pri tome se pod pojmom materijal podrazumeva ne samo neobrađeni materijal koji ulazi u pogon, već i djelimično obrađeni predmeti, a na kraju i gotov proizvod.
- Promet materijala igra važnu ulogu zbog potrebe prenošenja ulaznih sirovina od jedne mašine do druge, i tako redom do finalne obrade, čime se dobija gotov proizvod.

Operacije prenošenja

- Prenos materijala u slabo automatizovanim proizvodnim pogonima, uglavnom je rezervisan za ljudsku radnu snagu. Korišćenje ljudske radne snage u toj mjeri, nije odgovaralo kasnijim i sve strožijim zahtjevima za većim brzinama rada, smanjenjem troškova, ujednačenim ritmom dotoka materijala itd. Automatizacijom ove operacije, ne samo da su pomenuti zahtjevi bili ispunjeni, već se uz dalji razvoj, ubrzo došlo do potpuno automatizovanih proizvodnih linija kod kojih je čovek samo vršio nadzor.

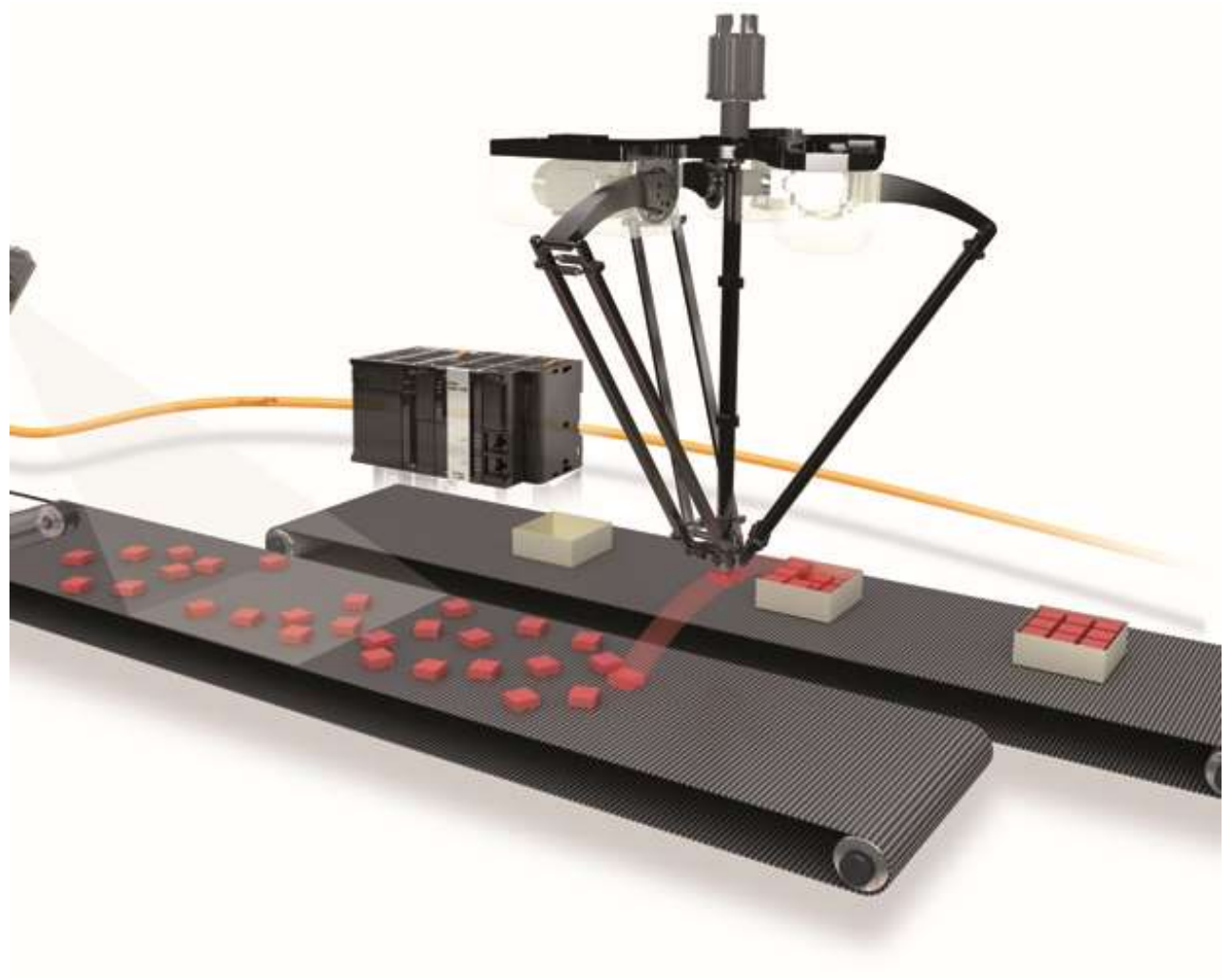
- Kod proizvodnih linija koje su se odlikovale visokim stepenom automatizacije, ne samo da je bio riješen problem transporta materijala između radnih mjesta, već je bio regulisan i njegov ulaz i izlaz iz radnih ćelija.
Ovakve linije, koje su u značajnoj mjeri predstavljale jedinstvenu cjelinu, omogućile su veliku brzinu proizvodnje, a time i velike proizvodne serije.
- Prvobitni sistemi ovog tipa imali su određene mane, koje se ogledale u nemogućnosti promjene vrste ili oblika radnog predmeta. Naime, dok je čovjek mogao prenositi različite predmete, automatizovani transportni sistem bio je namjenjen isključivo određenom tipu radnog predmeta. Zbog ove nefleksibilnosti, ovakva automatizacija naziva se fiksnom automatizacijom.

- Pri automatizaciji transporta, obično su se upotrebljavale različite vrste pokretnih traka i po potrebi prostiji manipulacioni automati. Vremenom, manipulatori su postajali sve složeniji i složeniji.
- Na slikama prikazan je transport djelova pokretnim trakama i prelaz sa jedne trake na drugu. Kod prva dva slučaja, prelaz je izveden direktno, dok se u trećem slučaju koristi prosti automat sa dva pokretna elementa i neizmjenjivim programom rada.



- Kod transportnih sistema zasnovanih isključivo na pokretnim trakama, problem fleksibilnosti javlja se pri prelasku sa jedne na drugu traku i pri ulasku predmeta u mašinu za obradu i izlasku iz nje. Sama traka može, u principu, prenositi bilo šta, međutim, realizacija direktnog prelaza sa jedne na drugu traku vezuje se za oblik predmeta.
- Ukoliko se prelaz realizuje posredstvom manipulacionog uređaja, javlja se mogućnost povećanja stepena fleksibilnosti. Uređaj kod kojeg se hvataljka može mjenjati ili uređaj sa prilagodljivom hvataljkom može se koristiti za različite predmete.
- Zadaćima prenošenja predmeta sa jednog na drugo mjesto, često se pridružuje termin „*pick and place*“ operacije.

- Ukoliko su radni predmeti koji se dopremaju trakom uvijek iste orijentacije, za rješavanje „*pick and place*“ problema, dovoljni su i roboti koji imaju do četiri stepena slobode. Ukoliko se orijentacija razlikuje od predmeta do predmeta, neophodno je upošljavanje robota složenije konfiguracije.



video

Pokretne trake

- Postoji nekoliko često upotrebljivanih transportnih sistema.
- Pokretne trake, najrasprostranjeniji su metod transporta kod proizvodnih linija. Koriste se za dopremanje sirovina proizvodnom postrojenju, pomjeranje polu-obrađenih ili potpuno gotovih pojedinačnih proizvoda, ali i čitavih paleta duž transportne linije.
- Ovakvi sistemi mogu biti realizovani na više načina, u zavisnosti od namjene. Takođe, postoji i više „režima“ rada pri kojima ovaj vid transporta može raditi.

- Jedan tip sistema koji pripada ovom vidu transporta, sastoji se od vučnog lanca, postavljenog ispod plafona i zakački koje prenose radne predmete.
- Drugi pristup zasniva se na upotrebi valjaka koji se obrću i tako guraju palete ili pojedinačne predmete duž transportne linije.
- Transportni sistem postrojenja na slici koristi oba pristupa.



- Za promet i dopremanje velikih količina pojedinih sirovina (ugalj, šljunak, kamen itd.) do postrojenja, najčešće rješenje je gumeni kaiš postavljen preko dva reda obrtnih valjaka. Valjci lijeve i desne strane zakošeni su, kako bi kaiš pravilno nalegao između njih, te se izbjeglo rasipanje materijala.

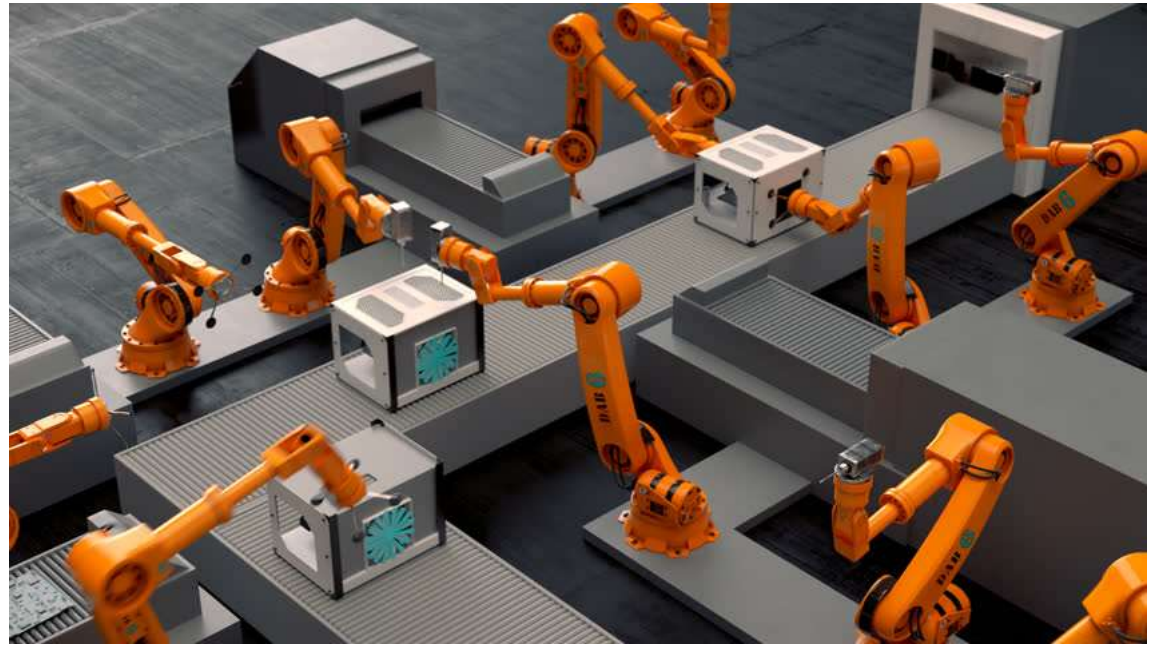


- Pokretna traka, u principu može raditi na tri načina.
- Prvi način je tzv. *Kontinualni transport*. U ovom slučaju, pokretna traka neprekidno se kreće konstantnom brzinom. Roboti uzimaju radne predmete sa trake, kada oni dođu na određeno mjesto pored obradne ćelije. Nakon izvršene obrade, robot vraća radni predmet na traku.
- „*In-motion processing*“ – još jedna je mogućnost koja se koristi kod kontinualnog transporta. Tada se različite procesne operacije obavljaju na predmetu koji ostaje na traci, dakle u pokretu.



- Drugi način rada trake je tzv. *Sinhroni transport*.
- Kod montažnih procesa, ćelije se postavljaju duž trake, na jednakim rastojanjima jedna od druge i onim redosledom kojim se vrši montaža. U svakoj ćeliji montira se po nekoliko elemenata, tako da se nakon poslednje ćelije dobija gotov proizvod.
- Traka se kreće sa prekidima, a na njoj se nalaze proizvodi, takođe na jednakim odstojanjima. U svaku ćeliju ulazi po jedan proizvod (pri tome su proizvodi u različitim fazama montaže). U tim trenucima, traka je zaustavljena i montaža se obavlja istovremeno u svim ćelijama.

- Zajednička karakteristika opisanih načina rada trake je istovjetno kretanje svih radnih predmeta duž trake. Razlog tome je transport, organizovan u vidu jednog konvejera koji opslužuje sve ćelije.
- U slučajevima kada se radno vrijeme ćelija bitno razlikuje, transport je drugačije organizovan i razmjena materijala između ćelija, obavlja se nezavisno.



Automatski vođena vozila

- U ovu kategoriju transportnih sistema svrstavamo različite vrste kolica sa sopstvenim pogonom.
- Sa stanovišta fleksibilnosti, odnosno mogućnosti ostvarenja različitih kretanja ova vozila se mogu značajno razlikovati.

- Vrlo čest način vođenja transportnih kolica je posredstvom žice ukopane u pod(eng. *Wire-guided cart*). Žica u podu određuje putanju i kolica se kreću prateći je.
- Umjesto žice, može se koristiti traka, magnetna ili obojena. Senzori detektuju položaj vozila u odnosu na traku, tako da vozilo ostaje na zadatoj putanji.
- Ovi sistemi ne pružaju velike mogućnosti sa stanovišta fleksibilnosti, ali su relativno jednostavni.



- Znatno fleksibilniji, ali i znatno složeniji sistem predstavljaju transportna vozila koja se slobodno kreću, koristeći sopstveni sistem navigacije. Vozila konstantno komuniciraju sa glavnim računarom, šaljući mu izvještaje o sopstvenom položaju i o statusu izvršenja dobijenog zadatka. Upravljački sistem analizira dobijene podatke i zadaje nove putanje i radne zadatke.



video

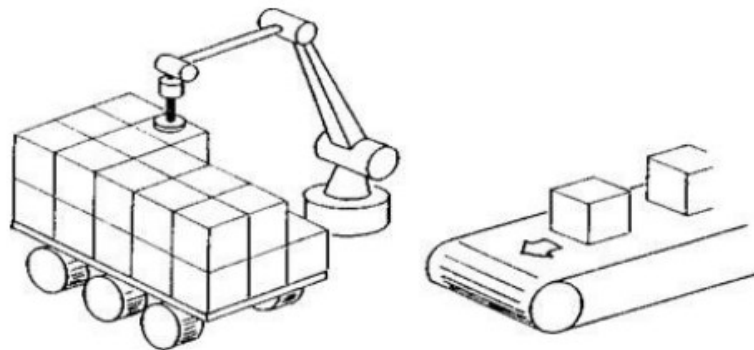


- Tzv. „*Towline system*“ tip je transportnog sistema koji donekle ima karakteristike grupe sistema koji se zasnivaju na upotrebi pokretnih traka, ali se isto tako može se svrstati i u kategoriju vođenih transportnih vozila.
- U pitanju su kolica koja su vučena lancem, pričvršćenim za šine koje su „ukopane“ u podlogu radnog prostora.

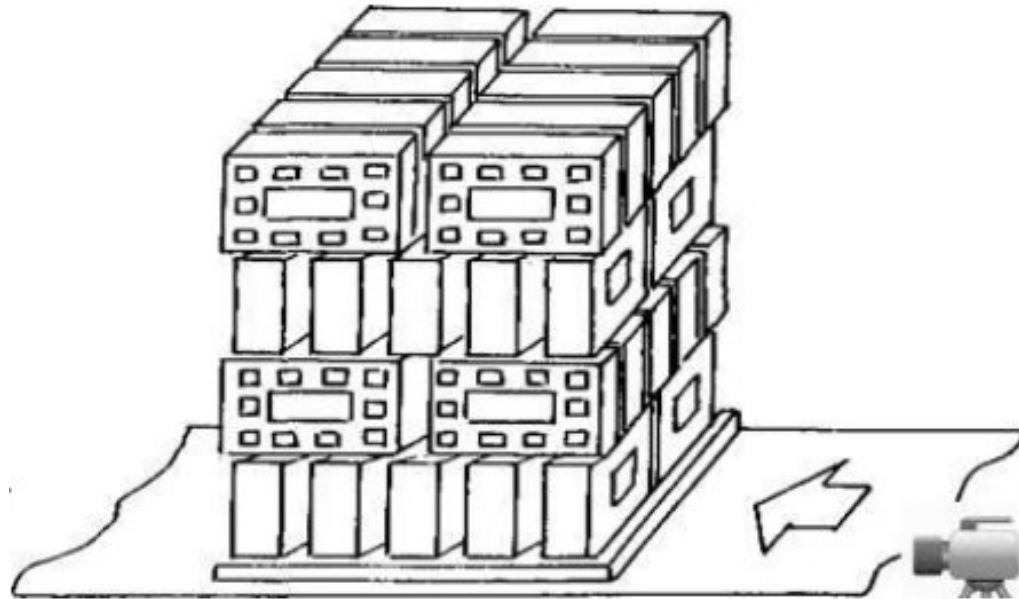


Definicija i primjene paletiranja u industriji

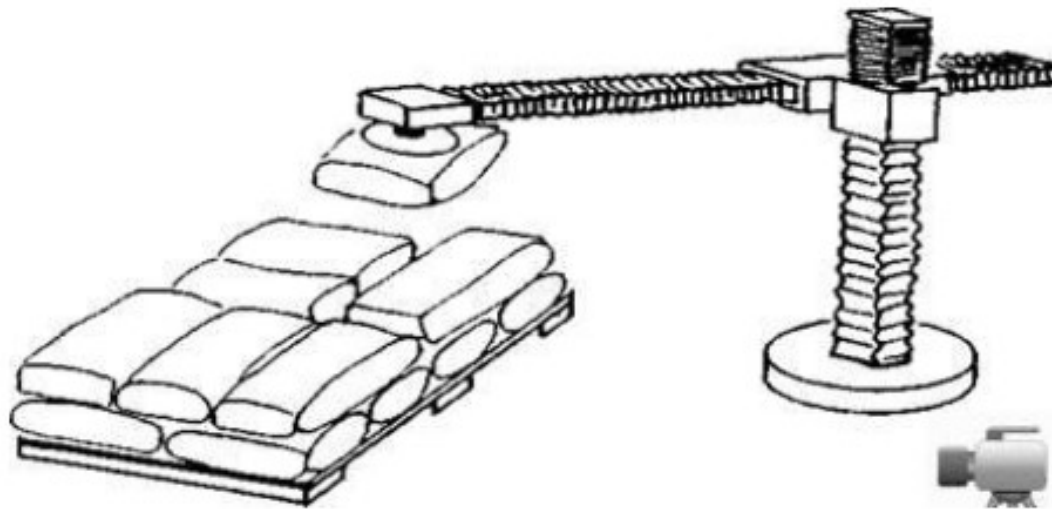
- Prenos pojedinačnih predmeta je veoma neefikasan, pa se stoga prenos najčešće vrši u grupama smještenim u određene spremnike. Svaki prenosivi spremnik u kojem su radni predmeti složeni na pravilan način nazivamo paletom.
- Proces kada robot uzima predmete sa pokretne trake i slaže ih na paletu nazivamo paletiranje, a obrnut proces, kada robot uzima predmete sa palete i stavlja ih na traku nazivamo depaletiranje. Paletiranje je prikazano na sledećoj slici:



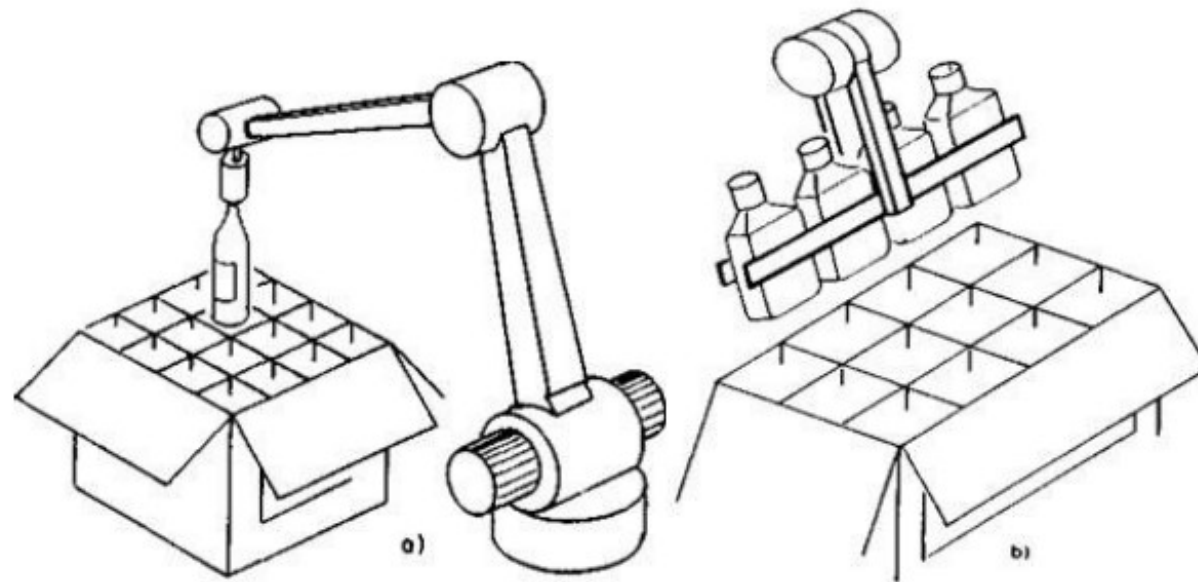
- Na sledećoj slici je prikazana paleta sa opeka blokovima, koja ilustruje primjenu paletiranja u industriji građevinskog materijala. Ovako složeni blokovi odlaze u peć, a raspored odgovara pravilnom pečenju. Radi ubrzavanja posla, robot je opremljen hvataljkom koja hvata pet blokova odjednom.



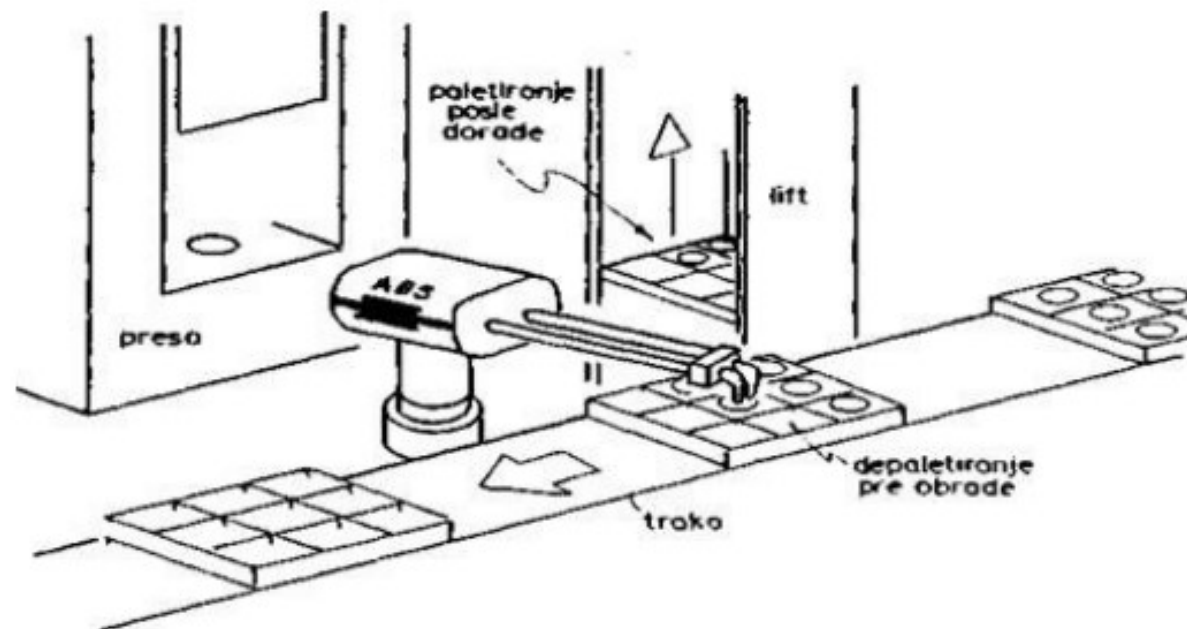
- Roboti vrše paletiranje i u hemijskoj industriji, što je ilustrovano na sledećoj slici koja prikazuje paletu sa vrećama vještačkog đubriva. Robot je opremljen vakumskom hvataljkom. Slična upotreba palete se sreće i u prehrambenoj industriji (džakovi brašna), industriji cementa i kreča, i slično.



- U ovu kategoriju poslova spadaju i zadaci pakovanja. Na sledećim slikama je prikazano pakovanje flaširanih tečnosti. Na prvoj slici robot hvata po jednu flašu, a na drugoj slici se koristi robot sa višestrukom hvataljkom koja hvata četiri plastične flaše odjednom.



- Neka se sada posmatra transport palete pokretnom trakom. Neka su na paleti predmeti koje treba obraditi. Kada paleta stigne do mjesta obrade, traka se zaustavlja. Robot uzima predmete i stavlja ih u mašinu- radi se o procesu depaletiranja. Kada su svi predmeti utrošeni, traka se ponovo pokreće da bi dovela novu, punu paletu. Obrnuti problem, paletiranje, javlja se kada robot obrađene predmete slaže na paletu.



Vrste paletiranja

- Postoje tri vrste paletiranja u industriji koja vrše roboti:
 - 1) Inline palletizing (linijsko paletiranje)
 - 2) Layer palletizing (paletiranje po slojevima)
 - 3) Mixed case palletizing (mješovito paletiranje)

1. Inline palletizing

- Linijsko paletiranje podrazumijeva automatizovano paletiranje iste vrste proizvoda u liniji (samo jednom sloju). Ova vrsta paletiranja je našla svoju primjenu kod proizvodnje koja zahtjeva veliki protok (industrija pića) . Pomoću prilagodljive hvataljke, dolazeći proizvodi se postavljaju aktivno i precizno na traku.
- Tokom formiranja sloja, između proizvoda se ostavlja malo prostoru kako ne bi došlo do sudara. Kada se formira jedan sloj proizvoda, sledeći korak je prenos tog sloja do mjesta sa kojeg će robot prenijeti cio sloj proizvoda na paletu. Hvataljka robota za paletiranje je opremljena takozvanim „puller“-om i uređajem za centriranje, koji omogućava prenos cijelog sloja proizvoda odjednom, kao i precizno postavljanje proizvoda na paletu.



2. Layer palletizing

- Ekonomična automatizacija može biti izvršena samo ako je sva oprema optimalno iskorišćena. U tu svrhu se, umjesto linijskog paletiranja (samo jedan sloj proizvoda) može koristiti paletiranje po slojevima (više slojeva proizvoda). Raznovrsni proizvodi u distributivnom centru imaju malo toga sličnog, što može učiniti paletiranje i depaletiranje teškim. Međutim, kako svi tipovi proizvoda imaju ravno dno, omogućen je dizajn univerzalnog sistema hvatanja. Maksimalni broj nivoa na paleti je ograničen maksimalnom dozvoljenom težinom ili maksimalnom dozvoljenom visinom.



3. Mixed case palletizing

- U poslednjoj deceniji, mješovito paletiranje je postalo najkorišćenija tehnologija paletiranja. Zahtjevi za automatizacijom u distributivnim centrima su svakim danom sve veći. Razne vrste proizvoda moraju biti preneseni i paletirani po tačnom rasporedu, sa minimalnom greškom. Raznovrsnost proizvoda je praktično neograničena, pa se radi ispunjavanja tog zahtjeva postavlja cilj u vidu razvoja modula koji se zasniva na robotu manipulatoru zajedno sa inovativnim softverom i tehnologijom hvatanja.
- Odluka o izboru je donesena u korist manipulatora sa šest stepeni slobode, kako bi se izbjeglo naknadno okretanje proizvoda koji se pakuje. Performanse i pouzdanost paletiranja su primarni kriterijum, sa ciljem da se dostigne visoka brzina protoka.

Prednosti ovog tipa paletiranja su: velika raznovrsnost proizvoda koji se mogu paletirati, minimizovan broj paleta, maksimalna gustina pakovanja, visoka fleksibilnost sistema zbog manipulatora.



video

Primjena robota za opsluživanje mašina

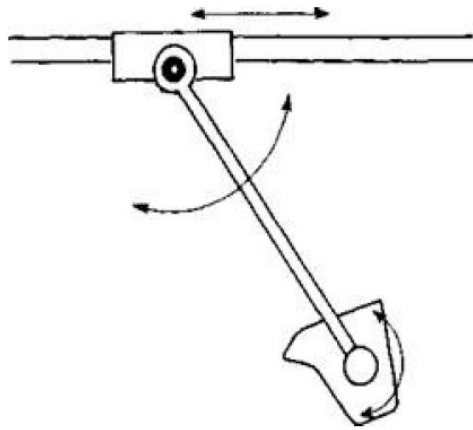
- Roboti su danas postali nerazdvojni dio savremene industrijske automatizacije. Oni se mogu pojaviti kao neophodan sastavni element novih proizvodnih linija, koje su visoko automatizovane i često sa osobinama fleksibilnosti, a mogu se uključiti i u postojeće proizvodne pogone.
- Polja primjene robota možemo podijeliti u četiri kategorije:
 - transfer materijala i opsluživanje mašina
 - procesne operacije
 - poslovi montaže
 - poslovi kontrole proizvoda



Opsluživanje mašina

- Zadatak robota tokom opsluživanja mašina jeste **prenošenje materijala**, odnosno uzimanju radnog predmeta sa trake i postavljanje u mašinu za obradu, a zatim i vađenje predmeta iz mašine i njegovo odlaganje na predviđeno mjesto.
- Ovdje će biti razmotrena primjena robota u:
 - livarstvu
 - kovačnicama
 - sistemima za mašinsku obradu

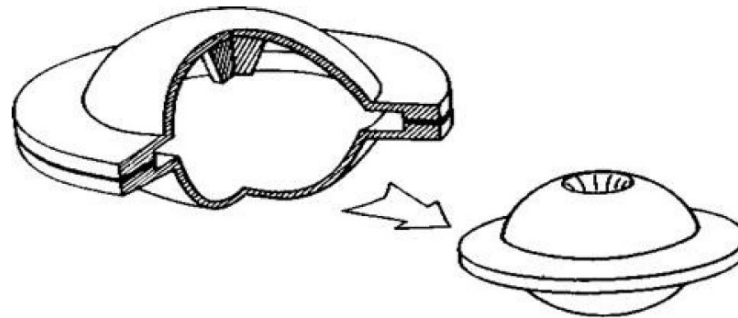
Primjena u livarstvu



- Zadaci zahvatanja tečnog metala i sipanja u kalupe

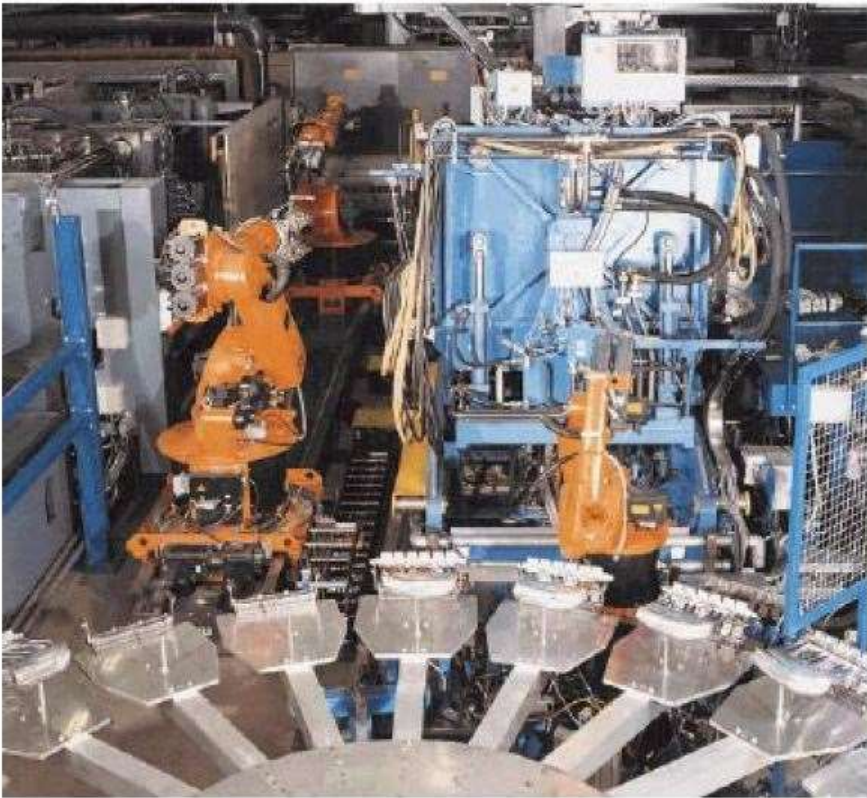
Kako bi se livenjem dobio željeni predmet, potrebno je vreli tečni metal sipati u kalup i nakon toga ohladiti. U ovakvim zadacima koristimo robot sa tri stepena slobode.

- Zadaci vađenja oblikovanog predmeta kod livenja pod pritiskom
Kod ovakvog livenja kalup se sastoji od dvije polovine koje kada se sastave formiraju oblik budućeg predmeta.



U savremenim pogonima zatvaranje i otvaranje kalupa, kao i upumpavanje metala u njega, riješeno je potpuno automatski. Posao robota je vađenje oblikovanog predmeta, što je veoma zamoran posao (ponavlja se nekoliko stotina puta u jednom satu) u teškim uslovima visoke temperature.

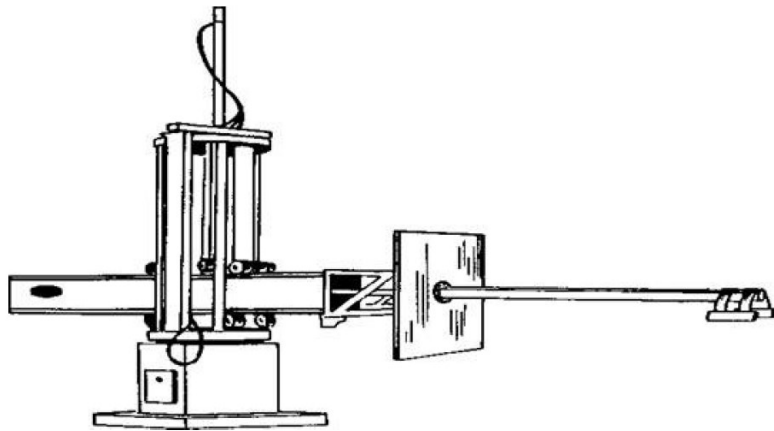
- Sličan postupak imamo i kod livenja plastike, gdje su temperature znatno niže, a proces hlađenja mnogo duži. Za vrijeme čekanja da se predmet ohladi, robot se u upošljava nekim drugim zadacima.



video

Primjena u kovačnicama (presa)

- Zadatak vađenja zagrijanog metala iz peći



Ovaj posao ne zahtijeva složenu konfiguraciju robota (dovoljna su tri stepena slobode i hvataljka), ali se pred njim postavljaju zahtjevi zaštite od visoke temperature. Hvataljka i završni dio ruke moraju biti otporni na visoku temperaturu ili opremljeni sistemom za hlađenje. Ostali dijelovi robota štite se tako što se ruka projektuje kao veoma dugačka, a vitalni sklopovi pokrivaju termičkim štitom.

- Zadatak opsluživanja prese

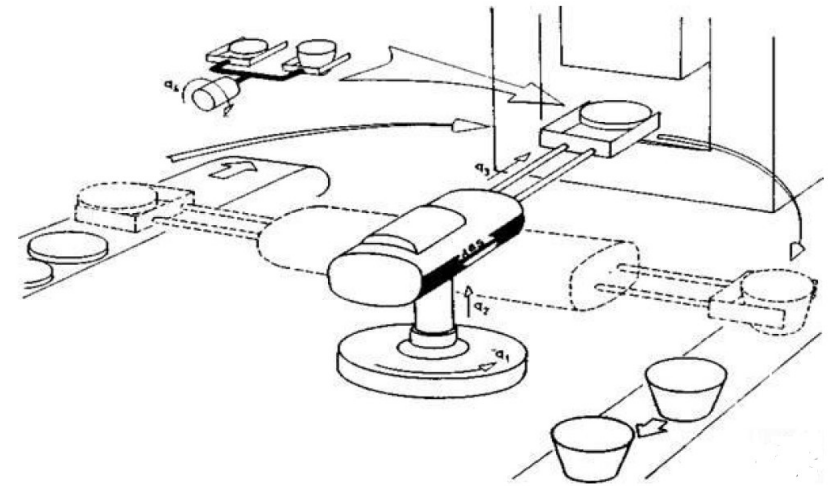
Užereni komadi se nakon vađenja iz peći transportuju pokretnom trakom do kovačke prese, gdje ih robot, koji opslužuje presu, uzima i stavlja u mašinu, a zatim oblikovani predmet vadi i odlaže na predviđeno mjesto. Očigledno je da se i ovdje postavlja problem hvataljke otporne na visoke temperature.

- Zadatak opsluživanja prese za hladno kovanje

Hladni metalni komadi stavljaju se u presu gdje,

pod dejstvom velike udarne sile, dobijaju željeni

oblik. Složenije konfiguracije robota nijesu potrebne, dovoljno je 4 stepena slobode, ali zato često npr. imaju dvojnju hvataljku.







Simple  friendly

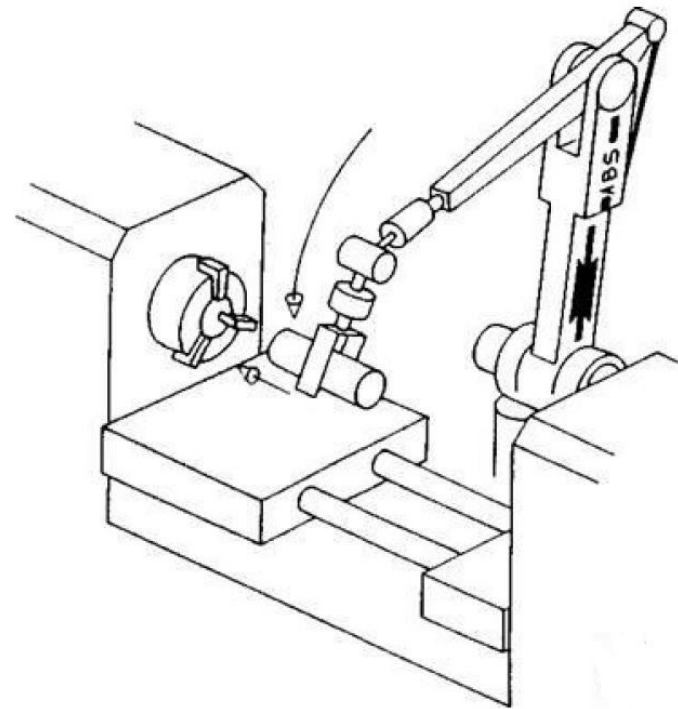
Transfer Robot for Hot Forging Press

Kawasaki Robot

Primjena u sistemima za mašinsku obradu

- Mašinska obrada podrazumijeva niz postupaka kojima se grubo obrađeni predmetima daje završni oblik (strug, glodalica, brušenje, poliranje...). Tipični obradni sistem se sastoji od **mašine za obradu, transportnog sistema za dovoz i odvoz materijala i robota koji opslužuje mašinu.**
- U savremenim pogonima mašine su obično **numerički upravljane** što im obezbjeđuje veliku fleksibilnost. U nekoj programskoj biblioteci, zapamćen je određeni broj različitih predmeta i odgovarajući rad mašine za svaki od njih. Stoga je dovoljno upravljačkom sistemu signalizirati koji predmet nailazi i mašina će izvršiti potrebnu proceduru obrade. Obradni sistem zato može uspješno da radi i sa velikim i sa malim serijama, pa čak i pojedinačno.
- Robot za opsluživanje mora biti programiran tako da podržava fleksibilnost cijele ćelije, a to se odnosi i na njegovu mehaniku – hvataljka mora odgovarati skupu različitih predmeta

- Upravljanje robotom je u tijesnoj vezi sa upravljanjem mašinom za obradu i transportnim sistemom, pa se javlja potreba za jedinstvenim upravljanjem cijelom obradnom ćelijom.
- **Upravljački sistem robota** mora obezbijediti njegovu kompatibilnost sa okruženjem (mogućnost uklapanja u upravljanje cijelom proizvodnom ćelijom) i visoku ponovljivost.
- Obično je neophodno da robot raspolaže sa **5 do 6 stepeni slobode** i da ima mogućnost jednostavne izmjene hvataljke i korišćenja dvojne hvataljke koja može znatno ubrzati rad.

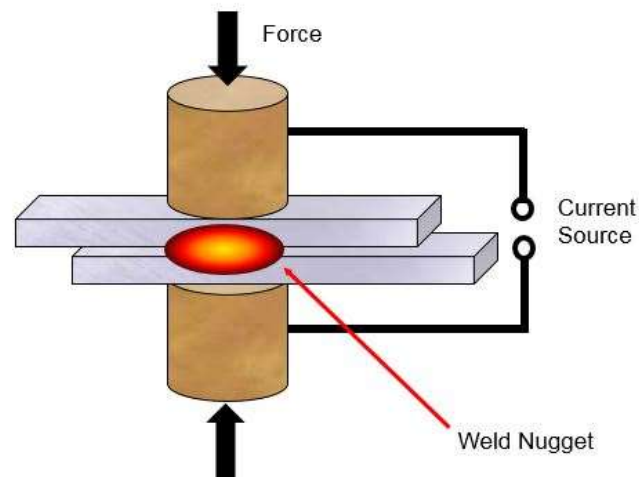




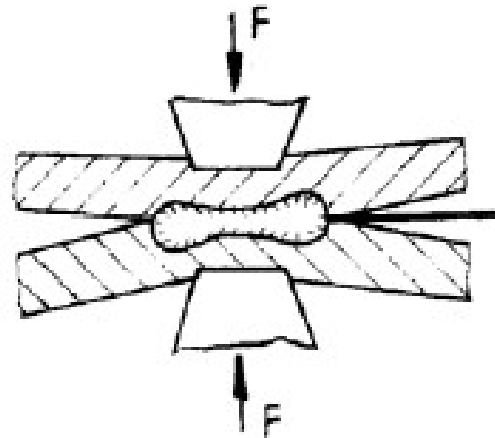
1. Tačkasto zavarivanje

1. 1. Proces spajanja metala tačkastim zavarivanjem

- Tačkasto zavarivanje je tehnika koja se koristi za spajanje limova, pogotovo čeličnih.
- Uređaj za zavarivanje se sastoji od dvije elektrode koje formiraju zavarivačka kliješta. Metalni limovi se postavljaju jedan uz drugi, a onda se, na kratko, stegnu kliještima. Kroz elektrode i limove se propušta struja velikog intenziteta. Električna otpornost na mjestu spoja dva lima je velika, pa će se na tom mjestu razviti najveća toplota tokom proticanja struje. Ova toplota otapa metal na mjestu spoja, te se tako stvara čvrsta veza.



- Potrebno je voditi računa o sili pritiska, u toku pritiskivanja limova kliještima. Ukoliko se ne obezbijedi dovoljna sila pritiska, doći će do pojave istiskivanja, što je prikazano na slici.

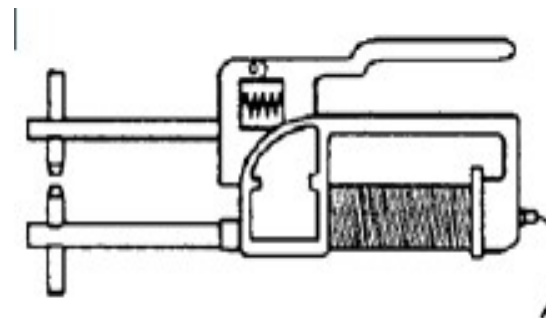
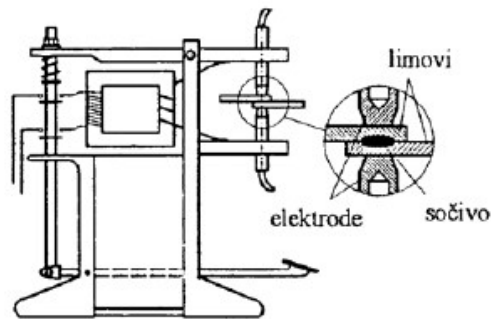


- Zagrijevanje je kratkotrajno (od mikrosekunde do nekoliko sekundi) i neravnomjerno, pri čemu se najviše zagrijeva središnji dio tačke (jezgro), gdje je struja najveća. U početnoj fazi zagrijavanja, u jezgri počinje obrazovanje krupnih zrna, dok se daljim zagrijavanjem jezgro topi, a njegovim očvršćivanjem se dobija zavarena tačka. Ako se struja isključi prije dostizanja temperature topljenja, tada u strukturi nastaju krupno zrno i nemetalni djelovi koji smanjuju žilavost spoja. Suprotno tome, tokom topljenja i očvršćavanja jezgra obrazuju se šupljine i pore, što može da se spriječi dejstvom sile pritiska.

- Dakle, za postizanje kvalitetnog tačkasto zavarenog spoja, potrebno je definisati optimalni režim zavarivanja. To se odnosi na izbor osnovnih parametara zavarivanja: jačine struje, vremena zavarivanja i sile pritiska koja se prenosi preko elektroda. Prema jačini struje i vremenu, režimi zavarivanja mogu da se podijele na:
 - „oštre“, kod kojih je jačina struje velika, a vrijeme zavarivanja kratko
 - „meke“, kod kojih je jačina struje mala, a vrijeme zavarivanja dugo

1. 2. Uređaji za tačkasto zavarivanje

- ▶ Kod uređaja za tačkasto zavarivanje, sila pritiska može da se zadaje:
 - mehanički – nogom (prva slika) ili rukom (druga slika)
 - automatski – hidraulično, električno ili pneumatski



1. 3. Primjena robota u tačkastom zavarivanju

- Roboti namijenjeni tačkastom zavarivanju, moraju imati do šest stepeni slobode i nosivost oko 50 kg, koliko iznosi masa uređaja za zavarivanje. Robot mora biti sposoban da pomjera zavarivački uređaj brzim pokretima, pri čemu se javljaju velika ubrzanja, pa samim tim i inercijalna opterećenja.
- Sa stanovišta tipa upravljanja robotom, tačkasto zavarivanje može zahtijevati:
 - upravljanje od tačke do tačke – ako konstrukcija koja se zavaruje stoji
 - kontinualno upravljanje – ako se konstrukcija koja se zavaruje nalazi na pokretnoj traci, i ako se ta traka ne zaustavlja u vrijeme zavarivanja (mora se obezbijediti praćenje putanje, a ne samo stizanje u tačku)
- Jedna od najčešćih primjena tačkastog zavarivanja je u automobilskoj industriji. Zanimljiva je informacija da u automobilu postoji preko 15000 tačkasto zavarenih spojeva. Takođe, koristi se i u vazduhoplovnoj industriji, nuklearnoj, svemirskoj tehnologiji, itd.



Bench Type

Floor Type

Measuring Systems

Welding



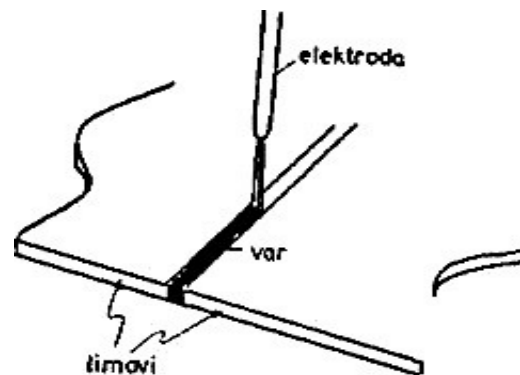
Certified Training



2. Elektrolučno zavarivanje

2. 1. Proces spajanja metala elektrolučnim zavarivanjem

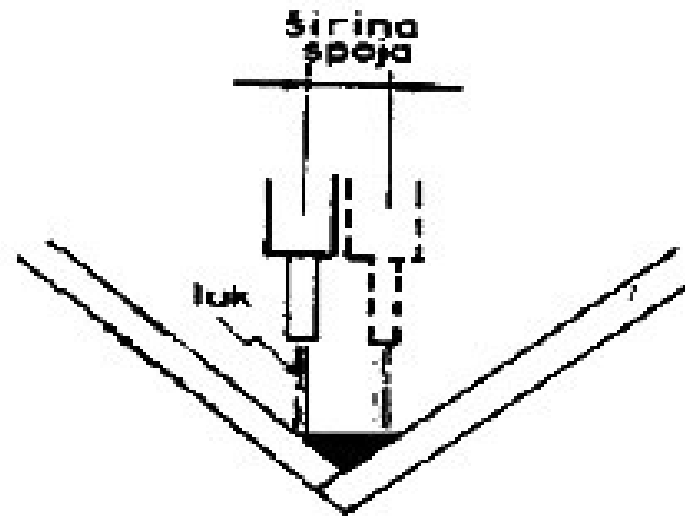
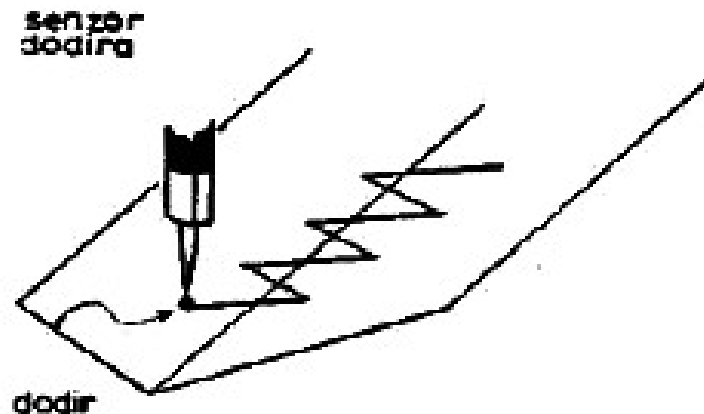
- Elektrolučno zavarivanje je tehnika koja se koristi za spajanje metalnih djelova, sa ciljem ostvarivanja neprekidne veze na nekoj dužini.
- Uređaj za zavarivanje ima na svom kraju elektrodu. Između metala koji se zavaruje, i nje, stvara se kontinualni električni luk. Temperatura luka je veoma visoka, pa će doći do topljenja metala koji se zavaruje. Elektroda je izrađena od istog metala, pa će se i ona topiti, i njen materijal kroz luk odlaziti na mjesto spoja. Na taj način ona „pomaže“ u popunjavanju vara. Hlađenjem spoja ostvaruje se čvrsta veza. Elektroda najčešće predstavlja žicu, koja se odmotava sa kotura kako bi se nadoknadio utrošeni materijal.



2. 2. Primjena robota u elektrolučnom zavarivanju

- Roboti koji se koriste za elektrolučno zavarivanje moraju imati pet ili šest stepeni slobode.
- Sa stanovišta tipa upravljanja robotom, elektrolučno zavarivanje zahtijeva kontinualno upravljanje, tj. potrebno je praćenje kontinualne putanje. Kretanje robota pri samom zavarivanju je veoma sporo (do 2 cm/s). Od robota se zahtijeva visoka tačnost i ponovljivost.
- Robot se može programirati na dva načina:
 - Ukoliko je šav koji treba zavariti pravolinijski, tada se robotu zadaju početna i krajnja tačka, i od njega se zahtijeva odgovarajuća interpolacija. On pamti tu putanju koju će pri zavarivanju ponavljati.
 - Ukoliko je šav koji treba zavariti nepravilnog oblika ili njegov položaj nije dovoljno preciziran, tada robot koristi spoljašnji senzor pomoću kojeg raspoznaje traženu putanju i tako prati željenu liniju zavarivanja.

- Praćenje željene putanje zavarivanja se može vršiti pomoću sljedećih senzora:
 - elektromehanički senzori dodira – ovi senzori detektuju sredinu šava i tako vode zavarivački uređaj, ili pak mogu voditi uređaj cik – cak putanjom duž šava, tako što će „pipati“ ivice (prva slika).
 - beskontaktni senzor – ovi senzori detektuju odstupanje od sredine šava, mjerenjem napona i struje električnog luka, tj. približavanje ivica se detektuje promjenom napona ili struje, a ne dodirom (druga slika).



- vizuelni sistemi – dijele se na:
 - metod sa dva prolaza** – robot u prvom prolazu iznad linije šava snima njen tačan oblik, a u drugom vrši zavarivanje duž ovako zapamćene putanje (nije vođen senzorski, već izvršava zadati pokret).
 - metod sa jednim prolazom** – optički senzor se sastoji od lasera kojim se vrši osvetljavanje, i jedne ili više kamera za snimanje (vođen je senzorski duž šava, i pri tome izvršava zavarivanje).
- magnetni, akustični senzori – u procesu istraživanja
- Vrlo specifična primjena elektrolučnog zavarivanja je u brodogradnji. Na jednom brodu postoje kilometri zavarenih linija, a dijelovi koji se zavaraju su često krupni pa je potrebno dodati niz pregrada, ojačanja, itd. U brodogradnji se srijeću dvije vrste robota:
 - **veliki portalni sistemi** – omogućavaju zavarivanje velikih i složenih dijelova.
 - **mali prenosivi roboti** – mogu pristupiti mjestima između pregrada i zavariti, tj. tamo gdje bi to bilo gotovo neizvodljivo za čovjeka – varioca.



video



FLEKSIBILNI PROIZVODNI SISTEMI

Jedna od karakteristika današnjih svetskih privrednih tokova je širenje tržišta, pa, dakle, otvaranje većine zemlja uticajima koje diktiraju razvijene privrede i savremene tehnologije. Ovakvo otvaranje ima kao važnu posledicu pojačanu konkurenciju. U takvoj situaciji, kao neophodan uslov uspešnog poslovanja nameće se stalno modifikovanje postojećih proizvoda i osvajanje novih, savršenijih. Orijentacija na česte izmjene proizvodnog programa, međutim, zahtijeva bitne promjene u organizaciji proizvodnje i poslovanja uopšte.

U današnjim industrijskim pogonima još uvijek dominira tzv. Fiksna automatizacija tj. visokoautomatizovane proizvodne linije namijenjene velikoserijskoj proizvodnji. Mašine i organizacija proizvodnje su specijalno projektovani za fabrikovanje određenog proizvoda. Rentabilnost ovakve proizvodnje počiva upravo na velikim serijama i relativno dugoj aktuelnosti tog proizvoda. Uslovi zaoštrene konkurencije, međutim, bitno su skratili vrijeme aktuelnosti istog proizvoda. Da bi mu se aktuelnost očuvala, neophodno ga je često inovirati u skladu sa novim tehnološkim dostignućima i važećim modnim tokovima. Treba, takođe, uočiti da je drastično skraćeno i vrijeme potrebno da se ideja o nekom potpuno novom proizvodu realizuje. U opisanoj situaciji velikoserijska proizvodnja postaje sve ređe isplativa i postavljaju se zahtjevi za srednjim i malim serijama.

Međutim, danas je maloserijska ili pojedinačna proizvodnja orijentisana na upotrebu univerzalnih alatnih mašina uz veliko učešće ljudskog rada. Otuda se veliki naponi ulažu da se organizuju takvi proizvodni sistemi koji bi i pri malim serijama (i čak pojedinačnoj proizvodnji) postigli ekonomičnost svojstvenu velikoserijskoj proizvodnji. To je prilično složen problem budući da je izračunato da proizvodnja jednog elementa na univerzalnim mašinama, što uključuje i ljudski rad, može biti čak do 100 puta skuplja nego njegova proizvodnja na modernoj proizvodnoj liniji fiksne automatizacije. Tako se došlo do pojma fleksibilne automatizacije (engl. flexible automation) koja omogućava česte izmjene proizvodnog programa tj. proizvodnju različitih proizvoda bez mijenjanja opreme koja u proizvodnji učestvuje. Fleksibilni proizvodni sistemi trebalo bi, zahvaljujući svojoj organizaciji i upotrebi savremene tehnologije, da postignu visoku produktivnost pri malim serijama i pojedinačnoj proizvodnji.

Razdvojimo na početku dva pojma: kratkoročna fleksibilnost i dugoročna fleksibilnost (engl. short-time, long-time flexibility).

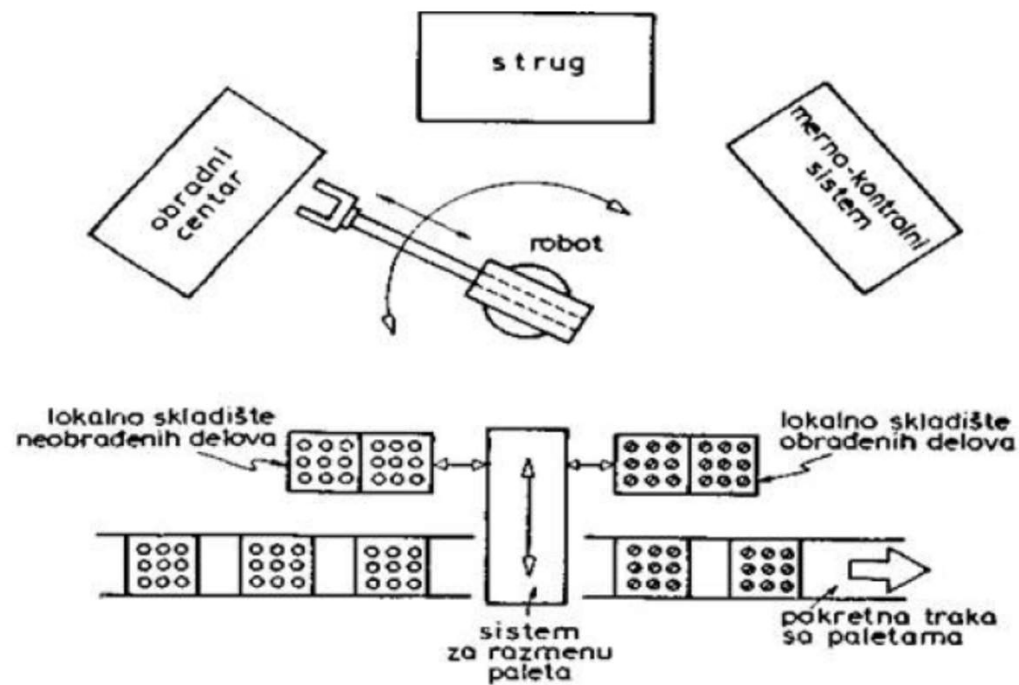
Oni označavaju različite stepene fleksibilnosti proizvodnog sistema. U principu, što je veća raznovrsnost proizvodnih zadataka koje sistem može izvršiti, to je njegova fleksibilnost veća.

Na nižem stepenu fleksibilnosti moguće su samo izmjene u postojećem proizvodnom programu i to samo one izmjene u kojima se unaprijed vodilo računa. To nazivamo kratkoročnom fleksibilnošću. Dugoročna fleksibilnost podrazumijeva da su moguće veće i nepredviđene promjene u proizvodnom programu. Pri velikim promjenama sistem se eventualno dopunjava (nekim mašinama) bez promjene organizacije.

Kada govorimo o fleksibilnim sistemima mislićemo uvijek na dugoročnu fleksibilnost.

Fleksibilna proizvodna ćelija (engleski termin je "flexible manufacturing cell" - FMC, i ovu skraćenicu ćemo koristiti dalje u tekstu) sastoji se od robota i nekoliko alatnih mašina oko njega.

Ćelija raspolaže svojim lokalnim spremištem (magacinom) alata za obradne mašine, a može imati i lokalno privremeno skladište neobrađenih i obrađenih dijelova. Takođe, proizvodna ćelija sadrži i sistem za kontrolu proizvoda odnosno izvršenih radnih operacija. Na slici 11.1. prikazana je shema jedne FMC. Paleta sa radnim predmetima kreću se pokretnom trakom, poseban uređaj obezbeđuje prebacivanje pristigle palete u privremeno skladište, kao i prebacivanje palete sa gotovim radnim komadima na pokretnu traku. S obzirom na to da FMC raspolaže sa nekoliko visokosloženih mašina, to ona može izvršavati različite proizvodne zadatke. Pri tome će robot opsluživati mašine, mijenjaće se alati, itd. Ovakva ćelija donekle podsjeća na radnika kome na raspolaganju stoji nekoliko mašina i od koga se zahteva određeni proizvod.



Sl. 11.1. Fleksibilna proizvodna ćelija.

Upravljanje FMC je potpuno računarski orijentisano i integrisano. Robot, mašine za obradu, elementi transporta i ostali delovi FMC predstavljaju podsis-teme koji deluju kao funkcionalna celina sa ciljem izvršenja određenog proizvodnog zadatka. Programska biblioteka raspolaže nizom programa kojima se utvrđuje rad ćelije pri različitim proizvodnim zadacima. Dakle, fleksibilnost je obezbeđena kako sa stanovišta raspoložive opreme (koristićemo i engleski termin hardver), tako i sa stanovišta upravljačke programske podrške (softver).

Fleksibilna proizvodna linija. Ukoliko nekoliko mašina opšte i posebne namjene postavimo uz jedan linijski sistem transporta, dobijamo tzv. proizvodnu liniju. Da bi linija bila fleksibilna neophodno je da se na njoj može jednovremeno proizvoditi nekoliko različitih proizvoda. Oni će se kretati duž transportne linije i, u zavisnosti od samog proizvoda, obradu će vršiti neke od postavljenih mašina. Nekoliko problema iskrsava pri realizaciji ovakve zamisli. Prvo, neophodan je fleksibilan sistem opsluživanja mašina, što se rešava upotrebom robota. Drugi problem leži u nejednakom vremenu obrade za pojedine proizvode. To se rešava uvođenjem privremenih skladišta (engl. buffers) uz obradne centre.

Prethodno razmatranje o proizvodnoj liniji možemo uopštiti tako što ćemo posmatrati centralni linijski transportni sistem (npr. pokretna traka) uz koji se nalaze fleksibilne proizvodne ćelije. Duž trake se kreću različiti radni predmeti. Svaki od njih će tokom proizvodnje proći kroz različitu kombinaciju proizvodnih ćelija. Često neku od zahtevanih operacija može izvršiti ne samo jedna određena FMC već i neke druge.

Posao će preuzeti ona koja je u tom trenutku slobodna. Tako, radni predmet ide trakom dok ne stigne do ćelije koja će ga obrađivati. Tada ga robot uzima i po utvrđenom redosledu unosi u mašine. Ukoliko je transport u paletama, tada se projektuje sistem za razmjenu paleta između transportne trake i FMC. Nakon završene obrade u jednoj FMC, radni predmet se vraća na traku i kreće dalje dok ne stigne do one FMC koja će nastaviti obradu.

Ovakav sistem nazivamo fleksibilni proizvodni sistem (engleski termin je "flexible manufacturing system" - FMS, i ovu skraćenicu ćemo koristiti dalje u tekstu).

Opisanu strukturu FMS možemo još uopštiti. Naime, ne mora postojati centralni transport linijskog tipa. Promet materijala između FMC moguće je ostvariti, na primer, automatskim pokretnim kolicima i tada različiti proizvodi tokom fabrikacije prolaze sasvim različite puteve. Sa stanovišta upravljanja, ovakav sistem zahtijeva centralni računar koji bi upravljao podsystemima (FMC, transport, završna kontrola, itd.), dakle hijerarhijsku strukturu upravljanja.

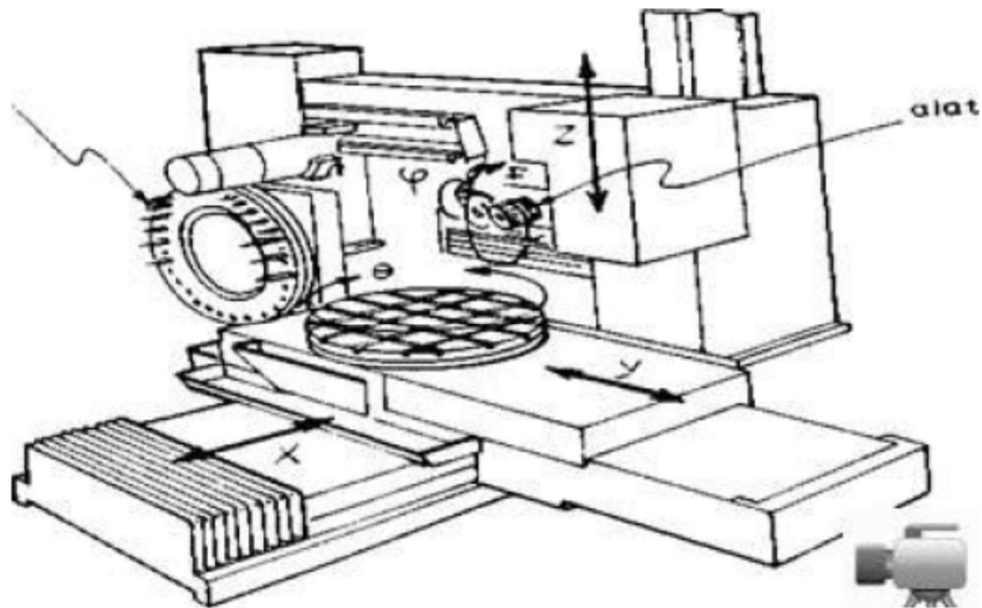
Računarski integrisana proizvodnja (engl. computer-integrated manufacturing - CIM).

U uvodnim izlaganjima o FMS naglasili smo tendenciju ka skraćivanju vremena koje je potrebno za razradu ideje o novom proizvodu, njegovo projektovanje i planiranje proizvodnje. Da bi se ovo postiglo, razvijeni su specijalni programski sistemi koji pomažu projektantima u razradi i finalizaciji projekta. Tako govorimo o računarskom projektovanju ili projektovanju pomoću računara (**engl. computer-aided design - CAD**). Upotreba računara uključena je u planiranje proizvodnje, pa se govori o računarskom planiranju ili računarskoj podršci u planiranju (**engl. computer-aided planning - CAP**). Sama automatska proizvodnja koja se zasniva na primjeni FMS podrazumijeva računarsko upravljanje cijelim procesom i to: pojedinim podsistemima (numerički upravljana alatna mašina, robot, itd.) i prometom materijala koji obezbjeđuje potreban proizvodni lanac za svaki proizvod. Tako se javlja pojam računarske podrške u proizvodnji (**eng. computer-aided manufacturing - CAM**).

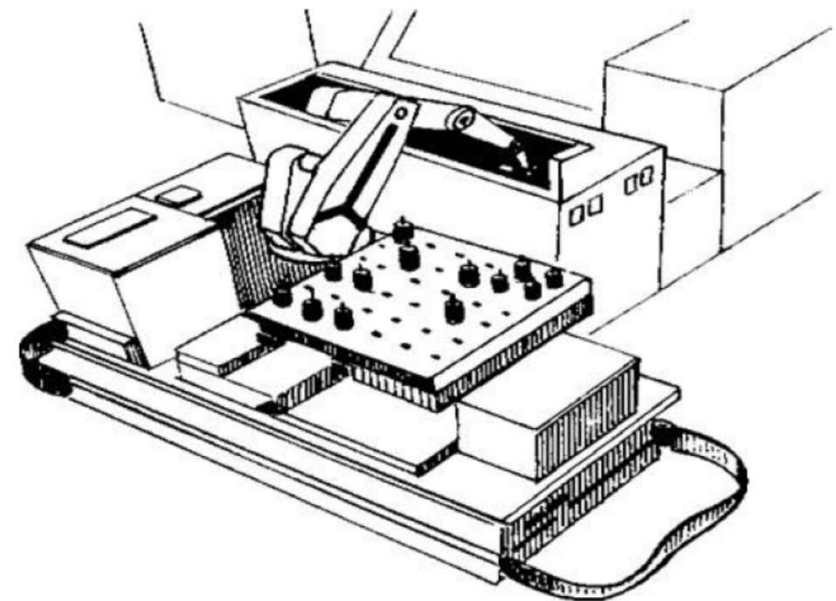
Svakako, projektovanje mora nužno voditi računa o mogućnostima proizvodnog sistema tj. projekat se koncipira tako da bude pogodan za realizaciju u FMS. S druge strane, računarski obrađen projekat pogodan je i za jednostavno programiranje alatnih mašina i robota, što je bitan deo CAM sistema. Na ovaj način dolazi do važnog jedinstva u upotrebi računara u projektovanju i proizvodnji. Zato se obično i govori o CAD/CAM sistemima. Ako se ovom sistemu projektovanje-proizvodnja doda još i automatizovani sistem skladištenja gotovih proizvoda sa računarskim programom koji vodi evidenciju skladišta, zaokružiće se jedna proizvodna cjelina čiji integrativni faktor je koordinacija na bazi centralnog računara i hijerarhijskog sistema upravljanja. Otuda dolazi naziv računarski integrisana proizvodnja. Ovakav proizvodni sistem ima niz prednosti. Jedna od njih, na koju ćemo obratiti pažnju, je mogućnost preciznog planiranja proizvedenih količina robe. Na primer, ukoliko završna kontrola odbaci jedan proizvod, to se signalizira višem upravljačkom nivou koji će odmah dati nalog da se proizvede još jedan takav komad. Na sličan način, moguće je veoma precizno vođenje zaliha gotovih proizvoda. Čim količina određenog artikla u skladištu siđe ispod predviđene granice, centralni upravljački sistem narediće dopunsku proizvodnju. Budući da se obim proizvodnje i zaliha može veoma precizno planirati (bez nepotrebnog lagerovanja ili, pak, zakašnjenja), pojavio se pojam proizvodnje tačno na vrijeme (**engl. just-in-time manufacturing - JIT**).

HARDVERSKI ELEMENTI FMS I CIM

Numerički upravljane alatne mašine

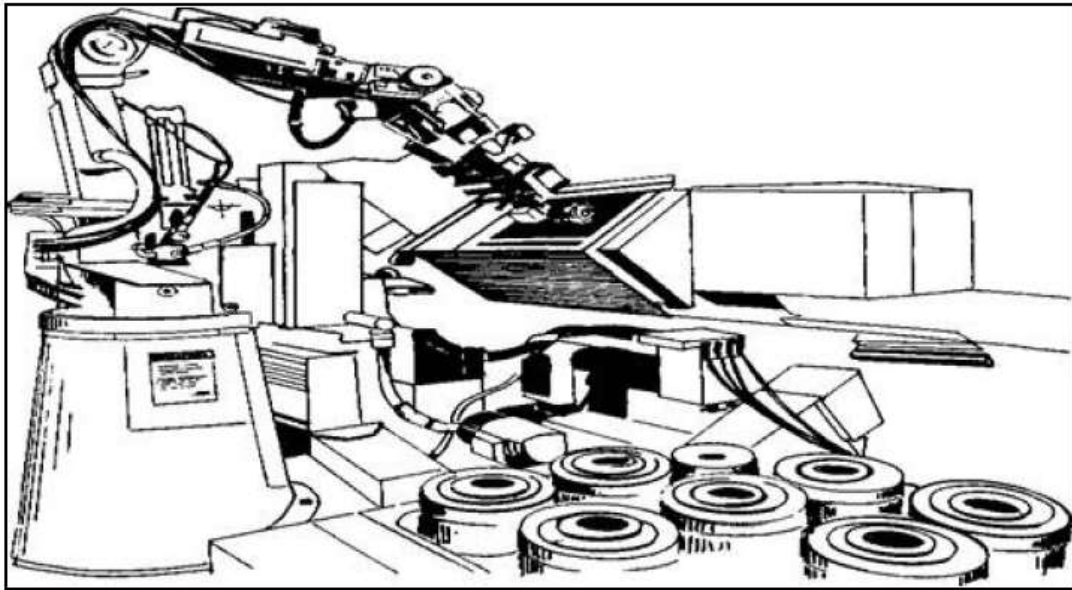


Sl. 11.2. CNC alatna mašina

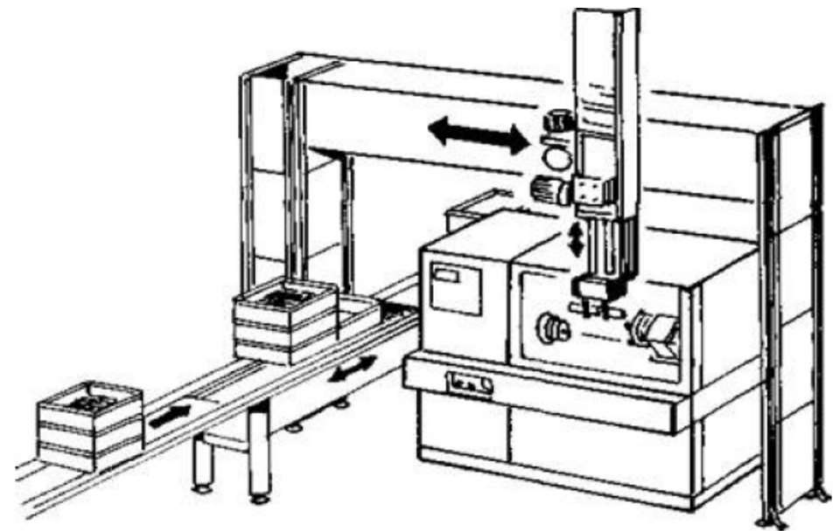


Sl. 11.3. Zamena alata u magazinu obradnog centra uz pomoć mobilnog robota

Roboti u FMS



Sl. 11.4. Laktasti robot opslužuje mašinu



Sl. 11.5. Portalni robot opslužuje mašinu

Transportni sistemi u FMS

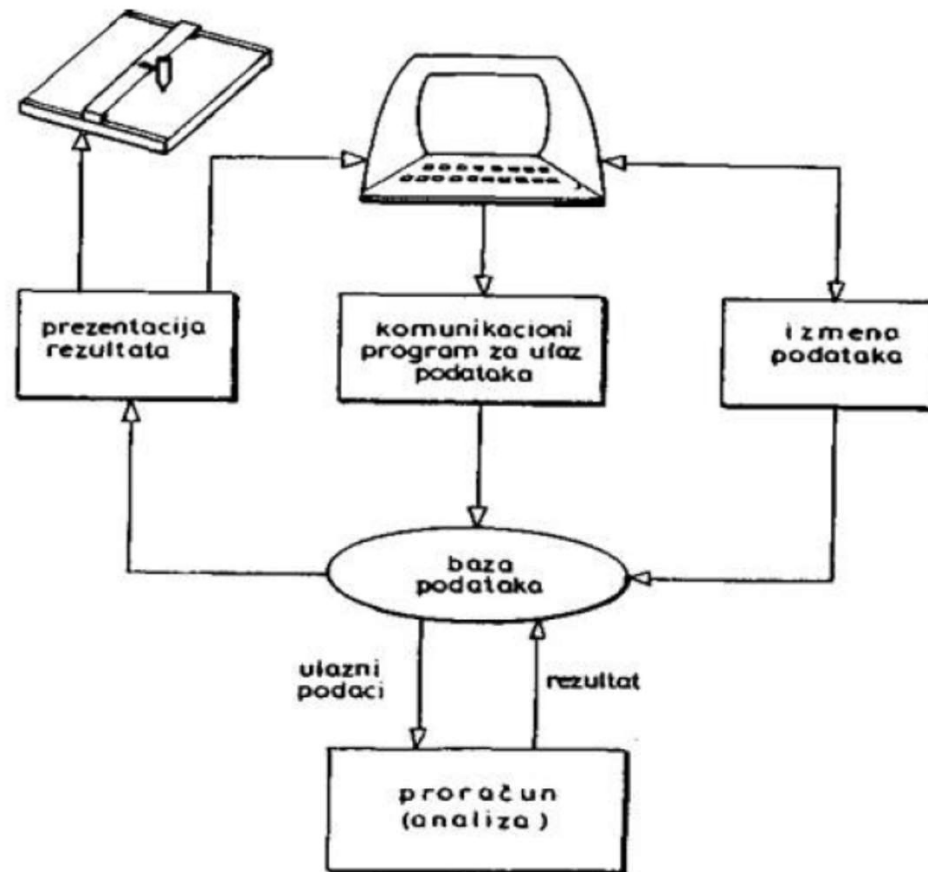
Kontrola proizvoda

Automatizacija skladištenja

CAD/CAM SISTEMI

Projektovanje uz pomoć računara bitan je činilac fleksibilne proizvodnje i automatizacije. Najprostije rečeno, radi se o programskim sistemima koji obavljaju niz proračuna vezanih za budući proizvod, pa su zato veoma korisne alatke za projektante. Po »pravilu, ovi sistemi uključuju i veoma razvijene programe za komunikaciju sa korisnikom u smislu prijema podataka i prezentacije rezultata. Ako se CAD sistemi uklope sa fleksibilnom proizvodnjom, u kojoj se računari koriste za planiranje i vođenje procesa, dolazimo do pojma CAD/CAM sistema čija je osnovna karakteristika veliko smanjenje vremena koje protekne od nastanka ideje za novi proizvod do njene realizacije.

Struktura sistema CAD



Sl. 11.7 Struktura sistema CAD

HIJERARHIJA UPAVLJANJA FLEKSIBILNIM PROIZVODNIM SISTEMIMA