

4. MONTAŽNI SISTEMI

V splošnem so *montažni sistemi* sredstva in delavci, ki so potrebni za izvajanje montažnega procesa.

Pri tem so sredstva:

montažni stroji, montažna orodja, montažni pripomočki, prostor, transportne naprave, kontrolne naprave, ročna delovna mesta itd.

Delavci pa so:

operaterji, posluževalci, izvajalci montaže, nadzorniki, vzdrževalci, programerji, kontrolorji itd.

Montažni sistemi so predvsem namenski sistemi. Njihova življenjska doba je enaka življenjski dobi izdelka; s prenehanjem montaže naprava, stroj oziroma sistem izgubi svojo vrednost. Vrednost ohranijo le standardizirane komponente, ki jih je mogoče uporabiti pri gradnji novih montažnih sistemov oziroma za montažo podobni izdelkov. Za razliko od univerzalnih obdelovalnih strojev (stružnice, frezalni stroji) in preoblikovalnih strojev (stiskalnice, kovaški stroji), se montažne naprave in sistemi grade za določenega naročnika ali razvijajo kar v podjetju, ki jih bo uporabljalo.

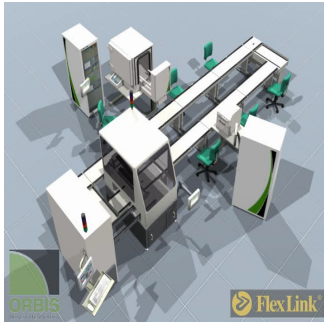
Pri načrtovanju montažnih sistemov se konstruktorji trudijo najti možnosti za avtomatizacijo posameznih montažnih operacij ali skupine montažnih operacij, ki jih je mogoče izvajati na enem montažnem mestu oziroma montažnem sistemu. Razvoj in konstruiranje montažnih enot in montažnih sistemov zahteva velike napore in inovativnost konstruktorjev. Izkušnje kažejo, da so si montažne operacije pri različnih izdelkih podobne in se pogosto tudi ponavljajo. Tako posamezni proizvajalci montažnih strojev in naprav že izdelujejo standardizirane naprave, ki jih je mogoče enostavno vgraditi v različne namenske montažne sisteme. To še posebej velja za področje robotike. Modulna gradnja, številne možnosti kombiniranja enot omogočajo optimalne sisteme in izpolnitev še tako posebnih zahtev naročnikov montažnih sistemov.

Montažni sistemi zgrajeni iz elementov kot so različni profili in ogrodja, pnevmatični valji, krmilniki, ventili, vodila, trakovi, mize itd. Razvoj vključuje idejne zasnove vseh enot in izdelavo konstrukcijska dokumentacije. Zahtevna je tudi nabava vseh elementov in komponent, običajno se zahteva veliko dela v obdelavi in orodjarni. Razvoj in izdelava sta zelo zahtevna in trajata zelo dolgo, tudi zanesljivost delovanja je pogosto vprašljiva, odpravljanje napak pri zagonu je zahtevno in dolgotrajno.

Montažni sistemi zgrajeni iz modulov in enot – Moduli in enote se izdelujejo v standardiziranih dimenzijah in njihovo delovanje je že preverjeno (robot, manipulator pri izdelavi montažnega sistema se dodajo še standardna prijemala, se prilagodi zahtevani nalogi – programira). Manj načrtovanja in dela v orodjarni. Čas izdelave se močno skrajša, težave so pri usklajevanju dobavnih rokov, opredelitvi parametrov enot in modulov in pri integraciji v krmilje montažnega sistema. Stroški so lahko nižji, predvsem zaradi standardizacije.

Modulne celice – osnovni moduli primerni za takojšnjo uporabo, pogonski del, trakovi so opremljeni z lokalno krmilno enoto, možnost vstavljanja in uporabe (plug&produce), krajši časi

načrtovanja, preskušene enote, malo prilagajanja, montažna osnovna enota kot modul, ki je neodvisna od izdelka ponovno uporabljiva, zamenljiva, zanesljiva, preskušena, jasna opredelitev stroškov. Čas izdelave montažnega sistema je mnogo krajši.



- Celice, ki se po potrebi dodajajo in odstranjujejo
- Hiter prehod na nov izdelek
- Standardna montažna mesta, standardna programska oprema
- Izdelava/razširjenje korak po koraku
- Hiter prekop s fleksibilnimi strežnimi enotami, kontrolnimi enotami
- Ročna in/ali robotizirana montaža
- Ponovna uporaba
- Enostavna zamenjava z vstavi in poženi

4.1. Podsistemi montažnega postroja

Montažni sistem v splošnem sestavljajo podsistemi oziroma enote, ki imajo v montažnem sistemu določeno funkcijo.

Naprave in enote za sestavljanje – njihova funkcija je izvajanje operacij sestavljanja, ki so opredeljene po standardu DIN 8593 (vijačenje, kovičenje, vstavljanja, lotanje itd.). Med njimi je danes že nekaj standardiziranih enot za kovičenje in vijačenje z najpogostejše operacije sestavljanja. Največ jih pa je še vedno namensko zasnovanih in izdelanih.

Naprave in za strego sestavnih delov, podsestavov in sestavnih delov za izvajanje strežnih operacij kot so: transport, prenos, urejanje, shranjevanje, vodenje, ločevanje, dodajanje, pozicioniranje, vpenjanje, odvzemanje itd. V to skupino še uvrščamo naprave za strego orodij, za njihovo shranjevanje, zamenjavo in vpenjanje.

Naprave za justiranje in kalibriranje so namenske naprave.

Naprave za kontrolo in preskušanje izdelkov in podsestavov so namenjene za preverjanje pravilnega delovanja, za kontrolo sestavnih delov pred montažo, kontrolo prisotnosti, za nadzorovanje procesa sestavljanja, predvsem pa za zagotavljanje kakovosti izdelka. Tudi naprave za preverjanje delovanje montažnega sistema in za njegovo zanesljivo delovanje skrbijo naprave

za kontrolo. To so različni senzorji, mejna stikala, naprave za merjenje temperature, merjenje tlaka, sile in drugih parametrov stroja. V skupino naprav za kontrolo uvrščamo tudi naprave za varno delo delavcev. To so različna stikala, ki preprečijo seganje delavcev v nevarno območje stroja, zaščitne ograje in zavese.

V skupino posebnih naprav uvrščamo na primer naprave za označevanje, barvanje, dodajanje maziv in obdelavo.

V fleksibilnih montažnih sistemih, je pri načrtovanju potrebno še predvideti podsistem za preurejanje, to so lahko zamenljiva montažna gnezda, zamenljive enote, možnost reprogramiranja – pripravljeni programi in podobno.

Montažni sistemi za trajno pravilno delovanje in veliko razpoložljivost vključujejo še različne sisteme za nadzorovanje motenj in tudi za odpravljanje napak, ki so povzročile motnje. Pogosto so ti podsistemi povezani s kontrolnimi enotami. Podsistem za vzdrževanje, ki vključuje redne preglede delovanje, avtomatično zbiranje podatkov o delovanju montažnega sistema, o pravilnem izvajanju operacij sestavljanja nudi podporo pri vzdrževanju in s tem nemotenem delovanju.

V avtomatiziranih in mehaniziranih montažnih sistemih krmilni podsistem skrbi za usklajeno delovanje posameznih enot montažnega stroja. Krmilje sedanjih montažnih strojev je lahko pnevmatično, elektro-pnevmatično, električno in računalniško. Naloga krmilja je tudi obdelava in shranjevanje informacij, ki so povezane s procesom sestavljanja. V ta podsistem uvrščamo tudi sredstva za programiranje. Razen tehniškega krmiljenja pa v montažnih sistemih potrebujemo krmiljenje procesa montaže iz organizacijskega vidika. Pri tem imamo v mislih obdelavo, shranjevanje in posredovanje informacij, ki so potrebne za pripravo sestavnih delov- časovno in količinsko in usklajevanje dela med posameznimi montažnimi sistemi (predmontažo končno montažo). Sem spada tudi usmerjanje delavcev na delovna mesta in nadzorovanje njihovega dela.

Za delovanje montažnega sistema potrebujemo še energijo, pnevmatično, hidravlično in električno. Naloga tega podsistema je pretvarjanje energije v delo in oskrbovanje s potrebno energijo.

4.2 Delitev montažnih sistemov

Montažne sisteme lahko obravnavamo ločeno glede na:

- stopnjo avtomatizacije,
- fleksibilnost,
- obliko organiziranosti.

4.2.1 Stopnja avtomatizacije

Stopnja avtomatizacije podaja delež avtomatiziranih operacij znotraj omejenega montažnega sistema. Po tem kriteriju razlikujemo *ročne*, *mehanizirane* in *avtomatizirane* montažne sisteme oziroma montažo. Realni montažni sistemi pa so največkrat mešanica ročnih in avtomatiziranih

mest, označimo jih kot *hibridne* montažne sisteme.

Razdelimo jih glede na:

- Izvor sile
- Vodenje orodja- gibanje
- Krmiljenje gibanja in izvajanja procesa montaže
- Nadzor in optimiranje procesa montaže

Ročni montažni sistemi: delavec izvaja montažna opravila dovaja lastno energijo, vodi orodje, krmili in nadzoruje svoje gibe ter optimira svoje delo.

Mehanizirani montažni sistemi: Orodja in naprave imajo lasten pogon, delavec lahko vodi orodje, krmili in nadzoruje proces dela. Proces je načrtovan tako, da ga delavec lahko obvladuje in optimira.

Avtomatizirani montažni sistemi: Orodja in montažne enote samodejno opravljajo montažne operacije, montažni sistem krmili krmilna enota na osnovi zajemanja podatkov iz senzorjev, programi po katerih delujejo so lahko fiksni ali jih je mogoče spreminjati (programirati). Avtomatizirani montažni sistemi, ki vključujejo visoko stopnjo sprejemanja odločitev pri optimiranju procesa so pogosto označeni kot inteligentni montažni sistemi.

Hibridni sistemi: integracija človeškega dela in avtomatiziranih enot. Sistemi, kjer avtomatizirane enote podpirajo delavce in so načrtovani za delavce so označeni kot ročni montažni sistemi. Sistemi, pri katerih je delavec v podrejenem položaju in mora delati v taktu stroja so največkrat označeni kot avtomatizirani montažni sistemi.

4.2.2 Fleksibilnost

Sposobnost prilagajanja montažnega sistema spremenljivim zahtevam je definirana s stopnjo fleksibilnosti. Montažni sistemi se glede na to delijo v:

- Toge montažne sisteme: enopostajni avtomati, krožni in linijski avtomati
- Fleksibilne montažne sisteme: posamična ročna delovna mesta, ročne linije, robotizirane celice, robotizirane linije, fleksibilni montažni sistemi s paletnim transportom, fleksibilni sistemi z avtomatično krmiljenimi vozički.

Vrste fleksibilnosti, ki jih naj imajo sodobni montažni sistemi:

- Variantna fleksibilnost - na montažno mesto prihajajo variante izdelka po naključnem zaporedju.
- Zaporednostna fleksibilnost, montažni sistem je namenjen za serijsko montažo, ko se konča montaže prvega izdelka se stroj preuredi za montažo drugega izdelka.
- Sposobnost spreminjanja kapacitete, skrajša se čas montaže na primer z dodajanjem novih montažnih mest.
- Rekonfigurabilnost – obnovljivost, mogoče vključevanje novih montažnih mest ali uporaba za nov izdelek .h

- Ponovna uporaba – reuse, po končani uporabi se del sistema uporabi za razvoj drugega montažnega sistema.
- Postopna avtomatizacija, ročna mesta se zamenjujejo z avtomatiziranimi, robotiziranimi.
- Neobčutljivost na motnje, pri pojavu motnje se stroj ne ustavi, temveč odpravi vzrok napake oziroma motnje.
- Podpora pri vzdrževanju, predvsem navodila kaj naj vzdrževalec pogleda, pri pojavu določena napake.
- Zasedovanje stanja in napredovanja montaže, informacijska podpora, ki vključuje podatke o kakovosti – meritvah, število izdelanih kosov, motnja, ki so nastale in koliko časa so trajale.

Pri tem je poznano, da se v ročni montaži lažje prilagajamo spremembam, kot v avtomatiziranih. Spremembe so lahko povezane s spremembo izdelka, montažnih funkcij kakor tudi poteka montaže. V preteklosti sta si stopnja avtomatizacije in fleksibilnosti konkurirala pri izbiri koncepta montažnih naprav. Krivuljni avtomati omogočajo le malo sprememb, so pa zaradi velikih hitrosti zelo produktivni. Ročna montažna mesta so pa zelo prilagodljiva vendar z majhno zmogljivostjo. Z uvajanjem programiranih krmilij in numerično krmiljenih gibanj, z uporabo robotov in krmiljenih transportnih vozičkov pa so postali visoko avtomatizirani montažni sistemi tudi prilagodljivi.

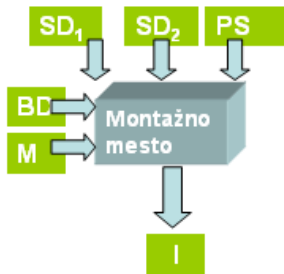
4.2.3 Organiziranost montaže glede na gibanje objekta montaže

Montažne sisteme razdelimo, glede na to ali objekta montaže (delno sestavljen izdelek) v procesu montaže miruje ali se premika. Proces, ki poteka na enem mestu ne potrebuje premikanja objekta. Proces, ki je razdeljen na več montažnih mest pa zahteva premikanje delno sestavljenega izdelka – objekta montaže med montažnimi mesti oziroma montažnimi postajami.

Vrste montažnih sistemov kjer objekt montaže miruje:

- Montaža na objektu (izdelek ostane na mestu montaže - primeri: hiša, elektrarna, tovarna, delo je razdeljeno na posamezne specialiste – zidarji, montažerji turbine, montažerji hidravlike in podobno, opis dela je podan z načrti in delo zahteva strokovnjake s posameznih področij, montaža je ročna in mehanizirana – projektno načrtovanje montaže). O montaži na objektu govorimo posebno pri končni montaži velikih in težkih postrojev, ki jih je težko premikati po delavnici ter pri montaži na objektih, ki jih sestavljamo na mestu uporabe.
- Skupinska montaža, več delavcev – lahko tudi robotov, sestavlja enega ali več izdelkov, ki ne ostanejo na mestu montaže. Posamezni delavci oziroma roboti so specializirani, opis dela je grob pri ročnem delu, pri robotizirani montaži pa podan s programom- možnost uporabe inteligentnih avtonomnih montažnih robotov. Pri hkratni montaži več izdelkov se delavci in roboti se premikajo od enega objekta montaže do drugega, pri skupinski montaži na enem objektu pa si med seboj pomagajo oziroma zadolženi so za določene operacije in gibe.
- Montaža na enem montažnem mestu (celična montaža) - Bazni del BD, sestavni deli

SD, podsestavi PS, material M, prihajajo na delovno mesto in izdelki I odhajajo – taka montažna mesta so ročna posamična mesta, enopostajni avtomati in robotizirane celice. Montaža na enem mestu prav tako ne predvideva premikanja objekta montaže ali le znotraj montažnega gnezda. Delo je zelo natančno opisano, normirano in pomembno vlogo igra optimiranje predvsem strežnih gibov. Število sestavnih delov, podsestavov je majhno in kapaciteta sistema je omejena.



Montaža na enem delovnem mestu

Montažni sistemi kjer se objekt montaže premika – potuje med montažnimi mesti se med seboj razlikujejo glede na časovno uskladitev gibanja objektov montaže in glede na porazdelitev montažnih mest v prostoru – prostorsko povezanost.

Objekt montaže se lahko premika **zvezno** ali **prekinjano**. V prvem primeru se med izvajanjem montažnega procesa premika, v drugem pa med montažo miruje.

Pri zveznem gibanju potuje objekt montaže med delovnimi mesti s hitrostjo v . Delavec ali montažni robot se med montažo premika skupaj z objektom in montažo mor izvesti v naprej predvidenem času t oziroma na razdalji L . Primer take montaže je končna montaža avtomobilov. Zaradi velikih gibajočih mas, bi vsaka zaustavitev lahko vodila k prehitrim poškodbam in tudi večji porabi energije za pogon (zaviranje, pospeševanje).

Pri prekinjanem prenosu objektov se objekt lahko giblje med vsemi montažnimi mesti hkrati – sinhrono gibanje ali ne hkrati - asinhrono. Pri asinhronem prenosu je med montažnimi mesti vedno vmesna zaloga, kjer objekt montaže čaka med prejšnjo in naslednjo montažno operacijo.

Vrste montažnih sistemov pri montaži n več montažnih mestih glede na prostorsko organiziranost le teh.

Montažne linije – s sinhronim prenosom, so togi krožni in linijski avtomati. Montažne enote so nameščene ob prenosni enoti – linearni transfer/delilne miza, montažni objekt leži v montažnem gnezdu, ki je na mizi ali na paleti. Zaporedje montažnih operacij je natančno določeno in za izdelek je značilna linijska struktura. Ni mogoče dodajati novih montažnih mest. Prostor za enote je omejen in dostopnost do enot je težka, pogosto so nepregledni. Takt montaže je opredeljen z časom najdaljše operacije in časom prenosa. Posebno pozornost posvetimo temu, da so časi na posameznih montažnih mestih čim bolj usklajeni.

Pri **montažnih sistemih z asinhronim prenosom** so montažna mesta postavljena v liniji, pravokotniku, mreži ali pa so razmeščena v celotnem oddelku montaže.

Pri montažnih sistemih z *linijsko* ali *pravokotna* postavitvijo montažnih mest in asinhronim prenosom so montažna mesta – avtomatizirana, robotizirana in ročna, postavljena ob prenosni sistem. Bazni del objekta montaže je pozicioniran v premično montažno gnezdo – paletu z montažnim gnezdom, ki ga od mesta do mesta prenaša transportni trak (za lažje izdelke) ali veriga (za težje izdelke). Pri linijski postavitvi je dodajanje baznega dela in odzemanje izdelka na različnih koncih, pri pravokotni pa na isti strani. Pri liniji se vračajo prazne palete pod nivojem montažne linije. Zaporedje montažnih operacij je vnaprej določeno, mogoče je dodajati nova montažna mesta, zamenjati ročno mesto z avtomatiziranim. Preglednost in dostopnost sta dobri. Takt montaže je določen s montažnim mestom z najdaljšo operacijo, s časom montaže na zadnjem montažnem mestu, odzemanjem izdelka in časom za pozicioniranje palete.

Pri *mrežni* postavitvi montažnih mest je prenos prav tako asinhron, sam montažni sistem pa je zgrajen iz več krajših linij ali celo dodanih krožnih ali linijskih avtomatov. Vključena so avtomatizirana, robotizirana in ročna delovna mesta. V montažnem sistemu je tako lahko povezana predmontaža in končna montaža, mogoče je sestavljati variantne izdelke, povečati kapaciteto z vključevanjem dodatnih avtomatiziranih in ročnih mest, narediti odcepe za kontrolo in popravila, ločiti nevarna montažna mesta (zaščita). Takt montaže je opredeljen enako kot pri linijah z asinhronim prenosom. Dostopnost in preglednost ter krmiljenje so zelo dobri.

Delavniška organizirana montaža vključuje večje število samostojnih montažnih mesta ali celic, različne montažne linije ali montažne sisteme, ki jih povezujejo, največkrat, avtomatično krmiljeni vozički – mobilni roboti. V montažni sistem je vključeno tudi skladišče. Mobilni roboti lahko posamezna montažna mesta samo oskrbijo s sestavnimi deli, ter odpeljejo gotove izdelke oziroma polizdelke ali pa prenašajo objekt montaže med montažnimi mesti. Najpogosteje se ti sistemi uporabljajo v avtomobilski industriji in industriji bele tehnike, še posebno tam kjer so dimenzije in mase izdelkov večje. Omogočajo visoko stopnjo fleksibilnosti in možnosti za preurejanje, vendar so ti sistemi zelo dragi ni primerni za masovno montažo ter zahtevajo veliko znanja pri načrtovanju.

Na izbiro koncepta montažnega sistema neposredno vplivajo naslednje veličine:

- izdelek – oblika, izmere, masa, števil sestavnih delov, vrste in čas montažnih operacij, strukturo, variante
- zahtevana kapaciteta in s tem takt montažnega sistema,
- zagotavljanje kakovosti izdelkov in zanesljivost delovanj sistema
- prostor, kjer želimo postaviti montažni sistem
- tok materiala skozi tovarno
- velikost investicije in donosnost investicije,
- vzdrževanje in stroški v dobi uporabe itd.

4. 3 Pomen vmesnih zalog v montažnih sistemih

V montažnih sistemih se zaloge pojavljajo znotraj montažnega sistema pri asinhronem prenosu ter med predmontažo in končno montažo. Vmesne zaloge nastanejo tudi če del montažnega

sistema deluje zvezno in del prekinjano. Vmesna zaloga je določeno število sestavnih delov med urejevalno napravo in napravo za dodajanje, oziroma določeno število objektov montaže, ki čakajo na naslednjo montažno operacijo. Vmesna zaloga je določeno število podsestavov, ki čakajo med predmontažo in končno montažo, tudi določeno število izdelkov, ki na primer čakajo na transport do skladišča.

Naloge vmesnih zalog so:

- Izravnavanje neenakomernih časov posameznih montažnih mest
- Kompenzacija izpadov montažnih mest
- Zmanjševanje vpliva motenj in zastojev
- Omogočanje preureditve montažnih mest
- Osvoboditev delavcev vsiljenega ritma
- Zmanjšanje medsebojnega vpliva delavcev
- Zmanjšanje vpliva dnevne zavzetosti delavcev
- Prevzem ne planiranih del - popravil, čiščenja, dodatne kontrole, vzdrževanja
- Omogočajo individualne kratke odmore

Slabosti vmesnih zalog:

- Zahtevajo večji prostor
- Povečujejo stroške investicije
- Lahko poslabšajo preglednost nad procesom montaže
- Omejujejo komunikacije med delavci
- Daljšajo pretočne čase.

Vmesne zaloge se hranijo v vmesnih zalogovnikih, so skladišča, ki hranijo določeno število sestavov, lahko mirujejo ali se gibljejo, v taktu podajo sestav naprej. To so trakovi, valjčne proge, drče, kanali, šaržerji, palete, zaboji in podobno.

Vmesni zalogovniki ločujejo montažna mesta od skupine, če tako zahteva tehnološki postopek, če je časovno odstopanje zelo veliko, od strojev s pogostimi izpadi. Pri togih linijah vmesni zalogovniki ločijo posamezne odseke, da se poveča razpoložljivost sistema.

Velikost vmesnih zalogovnikov in skladišč se določi na osnovi dimenzij izdelka, takta montažnega sistema, dovoljenega časa zastoja, možnosti popravila, zanesljivosti montažnega sistema, varnega delovanja in podobno. Velikosti zalog se določijo na osnovi izkušenj ali bolj natančno s simulacijo. Pri izračunih iščemo optimalne vmesne zaloge, da stroji nemoteno delajo, oziroma delajo s čim manj zaustavitvami in da pretočni časi niso predolgi in da so stroški čim nižji.

Montažni sistemi - produktivnost, variantnost, fleksibilnost, obseg montaže

