

**PRILOG RAZVOJU UKUPNE METODE ZA ODREĐIVANJE  
TEHNOLOGIČNOSTI PROIZVODA - ZAHTJEVI ZA METODU**

**A CONTRIBUTION OF DEVELOPMENT OF COMPLEX METHOD  
FOR PRODUCT'S MANUFACTURABILITY ESTIMATION -  
REQUIREMENTS FOR THE METHOD**

**dr. Safet Brdarević, redovni profesor**  
**Mašinski fakultet u Zenici**  
**Fakultetska 1**  
**72000 Zenica**

**mr. Dragi Tiro, viši asistent**  
**Mašinski fakultet u Mostaru**  
**M. Tita bb**  
**88104 Mostar**

**Ključne riječi:** tehnologičnost, zahtjevi za metodu, faze životnog vijeka proizvoda

**REZIME**

*Tehnologičnost je pogodnost proizvoda za izradu, montažu, eksploataciju, održavanje, otklanjanje iz upotrebe poslije faze eksploatacije i reciklažu u smislu postizanja potrebnog kvaliteta proizvoda uz što manje troškove. Kako se iz same definicije vidi, pojam je vrlo složen za iskazivanje i mjerenje. Ukupna tehnologičnost proizvoda, koja obuhvata sve faze životnog vijeka pomenute u definiciji, treba da služi kao instrument upravljanja proizvodnjom. Međutim, postojeće metode za određivanje tehnologičnosti su parcijalne, jer ne obuhvataju sve faze, te se javlja potreba za razvojem ukupne metode. U ovom radu su postavljeni zahtjevi, koji bi trebali biti poštovani pri razvoju metode za iskazivanje i mjerenje ukupne tehnologičnosti.*

**SUMMARY**

*Manufacturability of product is product's fitness for manufacture, assembly, exploitation, maintenance, depositing to dump and recycling after the phase of the exploitation in the sense of getting the needed quality with low costs. The manufacturability is very complex for estimating and measuring as we can see in the definition. It is necessary that entire manufacturability, which encloses all phases of product's life, is an instrument of manufacture control. However, the existing methods for manufacturability consideration are partial, because they consider one or some phases, so it is needed to develop the entire method. The demand for new entire method for determination and measuring of product's manufacturability are stated in this paper.*

**1. UVOD**

U literaturi postoji više definicija tehnologičnosti, koje su analizirane u [1] i zaključeno je da bi definicija trebala biti: "tehnologičnost proizvoda je pogodnost proizvoda u cjelini i svih njegovih dijelova za izradu, montažu, eksploataciju, održavanje, deponovanje poslije faze eksploatacije i reciklažu u smislu smanjenja troškova i vremena izrade, montaže, održavanja, eksploatacije, deponovanja i reciklaže. Tehnologičnost ima veliki značaj za proizvođača, jer

se njenim povećanjem skraćuje vrijeme i troškovi proizvodnje i montaže, kao i eksploatacije, održavanja i reciklaže.

Ona utiče na kvalitet proizvoda i to na njegovu ekonomsku i tehničku komponentu, smanjenjem troškova proizvodnje, potreba procesa, prodajne cijene, boljom konkurentnošću proizvoda na tržištu, kao i trajnošću, pouzdanijim radom, dakle, boljom eksploataбилnošću, pogodnosti za održavanje i recikličnosti proizvoda.

## 2. POSTOJEĆI PRISTUPI

Danas postoji više metoda za određivanje i povećanje tehnološkičnosti, opisanih u literaturi, ali najčešće ove metode nemaju jasno definisane nazive, tako da se u [2] na osnovu postavljenih kriterija za terminološko definisanje daju slijedeći nazivi najčešće korištenih metoda:

- Komparativna višeparametarska metoda Zelenovića,
- Vodič za konstruisanje u pogledu tehnološkičnosti,
- Metoda djelomičnih i kompleksnih pokazatelja,
- Komparativna višeparametarska metoda Jurkovića,
- Metode preporuka dobijenih iskustvom,
- Metode pogodnosti za montažu,
- Metode pogodnosti za održavanje i
- Metoda pogodnosti za reciklažu.

Neki pristupi imaju definisan naziv u literaturi, npr. IMACS - Sistem za analizu tehnološkičnosti pomoću računara [4], Kvantitativna metoda ocjene pogodnosti proizvoda za automatsku montažu i slično [5].

Klasifikacija metoda za određivanje tehnološkičnosti proizvoda se može izvršiti sa više stanovišta:

- kvantificiranje veličina u metodama.
- broj obuhvaćenih faza životnog vijeka proizvoda,
- prema tome da li se vrši poređenje više varijanti proizvoda, odnosno poređenje sa već izrađenim proizvodima,
- prema tome da li je do sada izrađen softver na osnovu metode radi ubrzanja postupka njene primjene, itd.

Sa stanovišta kvantifikacije veličina pristupi se dijele na:

- kvantitativne metode i
- kvalitativne metode.

Prema broju obuhvaćenih faza životnog vijeka proizvoda metode se dijele na:

- parcijalne - kojim se određuje tehnološkičnost proizvoda u pogledu jedne ili samo nekih faza životnog vijeka proizvoda,
- ukupne (integralne ili globalne) - kojim se određuje tehnološkičnost za sve faze životnog vijeka proizvoda i
- kombinovane - kojim se može odrediti i ukupna tehnološkičnost za sve faze i parcijalne tehnološkičnosti.

Sa stanovišta poređenja razmatranog proizvoda sa već ranije izrađenim proizvodom, odnosno poređenje više varijanti proizvoda, pristupi se dijele na:

- relativne - kod kojih se vrši poređenje i
- apsolutne metode - bez poređenja.

Podjela prema tome da li je do sada izrađen softver na osnovu metode:

- metode sa izrađenim softverom, tj. metode određivanja tehnološkičnosti proizvoda pomoću računara (na Engleskom jeziku Computer Aided Manufacturability Analysis - CAMA) i
- metode bez izrađenog softvera.

U referenci [2] su utvrđeni kriterijumi za ocjenjivanje pojedinačnih pristupa, izvršena analiza metoda, pri čemu su utvrđene prednosti i nedostaci svake od njih i data njihova ukupna ocjena. Pri tome je utvrđeno da:

- ni jedna od metoda ne razmatra tehnološkičnost proizvoda u svim fazama njegovog životnog vijeka,
- se u raznim metodama tehnološkičnost proizvoda posmatra za jednu ili nekoliko faza životnog vijeka proizvoda,
- tehnološkičnost se može izraziti i kao parcijalna za pojedinačne faze i kao opšta,
- metode koje obuhvataju više uticajnih parametara tehnološkičnosti i više faza životnog vijeka proizvoda i koje su egzaktnije zahtijevaju i više informacija, a time se smanjuje njihova podobnost za primjenu i ekonomičnost,
- se veoma rijetko javlja organizovano istraživanje tehnološkičnosti proizvoda u literaturi,
- pri razvoju kompleksne metode treba posebnu pažnju posvetiti kriterijima ukupnosti pristupa, podobnosti praktične primjene, obuhvatnosti i ekonomičnosti pristupa, te treba koristiti, u prvom redu, prednosti pristupa "metode pogodnosti za montažu",
- postojeće metode za analizu tehnološkičnosti proizvoda svakako daju pozitivan doprinos razvoju istraživanja povećanja tehnološkičnosti proizvoda,

Da bi se definisali zahtjevi koje treba da ispuni nova kompleksna metoda za određivanje tehnološkičnosti proizvoda pored provedene analize postojećih pristupa potrebno je na konkretnom proizvodu primjeniti neke karakteristične metode, te analizirati rezultate te primjene.

Za konkretan proizvod izabrana je "glava za urezivanje navoja M2÷M6", koja je proizvod Tvornice alata firme Igman iz Konjica. Proizvod se sastoji od 35 pozicija, od kojih se 27 izrađuje u vlastitim pogonima, a 8 kupuje kao gotovi na tržištu.

Primjenjene su metode: komparativna višeparametarska metoda Zelenovića (koja spada u kvantitativne i relativne metode), vodič za konstruisanje u pogledu tehnološkičnosti (koji spada u kvalitativne i apsolutne metode) i metode pogodnosti za montažu (koje spadaju u metode za koje je izrađen softver i apsolutne metode).

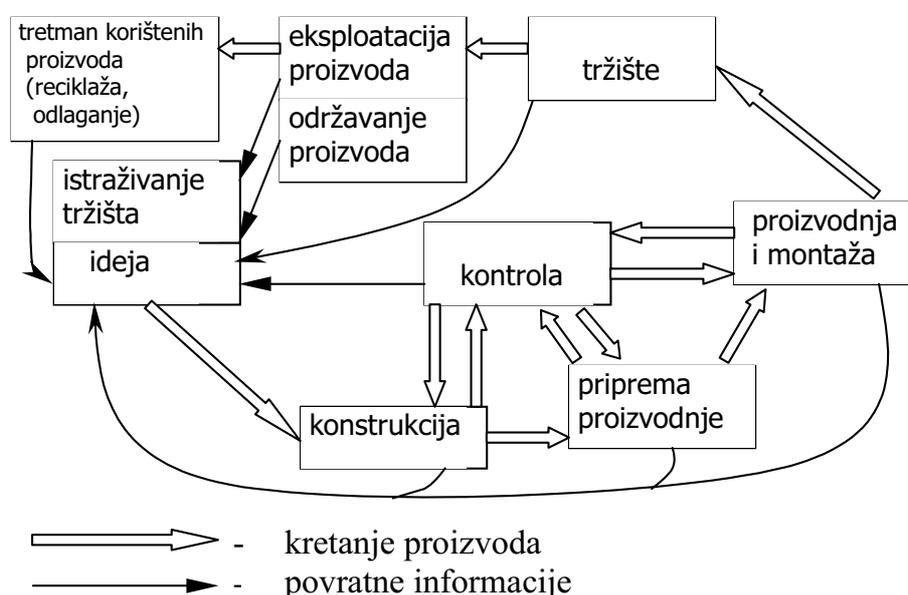
U [3] je izvršena detaljna primjena ovih metoda i izvedeni su slijedeći zaključci:

- "Kvantitativna metoda ocjene pogodnosti za automatsku montažu" ima slijedeće prednosti u odnosu na druge dvije primjenjene metode na konkretan proizvod ("Vodič za konstruisanje" i "Komparativna višeparametarska metoda Zelenovića"): dobija se jedinstvena vrijednost koja karakteriše tehnološkičnost razmatranog proizvoda, pristup je ekonomičan i podoban za praktičnu primjenu i pristup ima jasno definisanu proceduru,
- "Kvantitativna metoda" i "Komparativna višeparametarska metoda Zelenovića" imaju prednost u kvantificiranju veličina u odnosu na "Vodič za konstruisanje", tako da se može za pojedine veličine utvrditi u kojoj mjeri su povoljne za tehnološkičnost proizvoda,
- primjena "Metoda pogodnosti za montažu" na konkretan proizvod potvrđuje činjenicu da je to pristup koji zadovoljava najviše kriterija za ocjenjivanje pojedinačnih pristupa, te prednosti ovog pristupa treba prvenstveno uzeti u obzir pri izradi ukupne metode za analizu tehnološkičnosti. Posebno treba naglasiti da primjena softvera razvijenog na osnovu ove metode skraćuje vrijeme njene primjene više od tri puta, umanjuje mogućnost pojave grešaka, smanjuje troškove primjene, te time povećaje njenu ekonomičnost i podobnost praktične primjene. Lako se uočava koji dijelovi su nepogodni za montažu u pogledu kojih svojstava, tako da se tu trebaju izvršiti konstruktivne izmjene u cilju povećanja

tehnološkičnosti proizvoda u pogledu montaže, što svakako treba iskoristiti prilikom razvoja ukupne metode.

### 3. ZAHTJEVI ZA UKUPNU METODU

U svom životnom vijeku svaki proizvod prolazi kroz više faza, a to su (slika 1.): faza konstruisanja, faza izrade, faza montaže, faza eksploatacije i održavanja i faza otklanjanja iz upotrebe i eventualne reciklaže. Postojeće metode za određivanje tehnološkičnosti proizvoda uzimaju u obzir jednu ili samo neke od ovih faza, kako je to utvrđeno u [2]. Svakako da se pomoću ovih metoda može unaprijediti tehnološkičnost proizvoda u razmatranim fazama, ali ukupna ili integralna metoda, koja bi obuhvatala sve navedene faze bi trebala dati jedinstvenu mjeru tehnološkičnosti proizvoda, koja bi se mogla koristiti kao instrument upravljanja.



SLIKA 1. FAZE KROZ KOJE PROIZVOD PROLAZI NA SVOM ŽIVOTNOM PUTU.

Tehnološkičnost proizvoda je vrlo složen pojam za izkazivanje i mjerenje, jer na nju utiču mnogi faktori u svim fazama. Zbog toga je i razvoj ukupne metode vrlo komplikovan. Ukupna metoda treba da se razvija na prednostima postojećih parcijalnih pristupa, a da bi se došlo do zahtjeva koji se postavljaju pred ukupnu metodu za određivanje tehnološkičnosti bilo je neophodno, nakon određivanja kriterija koji bi trebali ispunjavati pojedinačni pristupi, analizirati pojedinačne pristupa problemu tehnološkičnosti i dati njihove ukupne ocjene i prednosti i nedostatke svake metode, te primjeniti karakteristične metode u praksi na konkretan proizvod i izvesti zaključke iz te primjene.

Na osnovu izvršenih navedenih razmatranja mogu se pred opštu metodu za određivanje tehnološkičnosti proizvoda postaviti slijedeći zahtjevi:

- Metoda treba da obuhvati sve faze životnog vijeka proizvoda, a zbog uticaja velikog broja parametara potrebno je metodu podijeliti na dijelove (module) od kojih se svaki odnosi na određenu fazu, tako da se može dobiti i ukupna tehnološkičnost proizvoda i tehnološkičnost po pojedinim fazama, tj. da metoda bude kombinovana (prema klasifikaciji u dijelu 2. ovog rada).

- Treba da koristi podatke, odnosno veličine, koji su dostupni u proizvodnom sistemu, jednostavne izraze i postupke, što manje aktivnosti koje stvaraju dodatne troškove, čime se obezbjeđuje ekonomičnost i podobnost praktične primjene metode.
- Primjenom metode potrebno je dobiti jedinstvenu vrijednost tehnološkiosti proizvoda i jedinstvenu vrijednost za svaku fazu životnog vijeka proizvoda. Sve veličine relevantne za tehnološkiost treba kvantificirati, jer se na taj način mnogo lakše poredi pojedini proizvodi ili varijante proizvoda. Primjena "Kvantitativne metode ocjene podobnosti proizvoda za automatsku montažu" je pokazala da je dobro dobijenu jedinstvenu vrijednost tehnološkiosti porediti sa nekom konstantnom vrijednošću, koja predstavlja graničnu vrijednost do koje se proizvod može smatrati tehnološkiim.
- Metoda mora imati tačno definisanu proceduru primjene.
- Mora biti primjenljiva na razne vrste tehničkih proizvoda, čiji se dijelovi izrađuju raznim tehnologijama. Ovaj zahtjev ispunjavaju sve razmatrane metode, te ga je lako postići.
- Metoda mora da obuhvati što je moguće više uticajnih parametara tehnološkiosti, kojih je vrlo mnogo, ali u ukupnoj metodi je potrebno utvrditi što više njih, jer će tada i metoda biti tačnija. Kod analize postojećih metoda u [3] utvrđeni su njihovi nedostaci i u njima pobrojani parametri tehnološkiosti koji nisu uzeti u obzir, pa to treba iskoristiti pri razvoju ukupne metode i pored ovih parametara uzeti i parametre koji su korišteni u postojećim pristupima.
- Jedan od zaključaka nakon analize postojećih metoda u 2. dijelu ovog rada je da metode koje obuhvataju više uticajnih parametara tehnološkiosti, više faza životnog vijeka i koje su egzaktnije zahtijevaju i više informacija i vremena primjene, pa se time smanjuje njihova podobnost primjene i ekonomičnost. Sa druge strane javlja se suprotan zahtjev da se obuhvati što više uticajnih parametara i sve faze. Za pomirenje ovih suprotnosti treba iskoristiti zaključak dobijen nakon primjene "Kvantitativne metode ocjene pogodnosti proizvoda za automatsku montažu" na konkretan proizvod: primjena softvera razvijenog na osnovu ove metode skraćuje vrijeme primjene, umanjuje mogućnost pojave greške, smanjuje troškove primjene itd. Dakle, da bi se povećala ekonomičnost i podobnost praktične primjene metode poželjno je na osnovu razvijene ukupne metode izraditi računarski softver.
- Na osnovu zaključaka nakon primjene "Kvantitativne metode za ocjenu pogodnosti proizvoda za automatsku montažu" nameće se i zahtjev da se u novoj metodi za svaki dio proizvoda i za svaki uticajni parametar dobijaju brojčane oznake ili ocjene, koje pokazuju koji dio u pogledu kojeg svojstva nije tehnološkičan, te se na taj način lako može uočiti gdje su potrebne konstruktivne izmjene u cilju povećanja tehnološkiosti.

#### **4. ZAKLJUČAK**

Tehnološkiost proizvoda je vrlo složena, ali u isto vrijeme i vrlo važna karakteristika proizvoda. Izrada metode za određivanje i unapređenje tehnološkiosti proizvoda u procesu konstruisanja je zahtijevan i delikatan zadatak, koji, prije svega, iziskuje postavljanje temelja, tj. naučne osnove na kojoj će se razvijati takva metoda. Analizom postojećih parcijalnih metoda, primjenom karakterističnih metoda na konkretan proizvod, te donošenjem zaključaka iz ovih aktivnosti definisani su zahtjevi za izradu nove metode za određivanje tehnološkiosti, tj. postavljena je pomenuta osnova.

Logičan slijed daljih istraživanja je razvoj ukupne (opšte ili kompleksne) metode, koja treba da ispuni sve pomenute zahtjeve. Istraživanja trebaju ići u smjeru razvoja metode kojom će se u fazi konstruisanja uz što manje troškove primjene odabrati najtehnoložičnija varijanta proizvoda i ukazati na "loša mjesta" na dijelovima proizvoda u odnosu na sve faze životnog vijeka proizvoda.

## 5. REFERENCE

- [1] Tiro D., Brdarević S.: Kompleksni pristup problemu tehnoložičnosti proizvoda, Mašinstvo 4 (2000) 3, 153. - 160. str.,
- [2] Tiro D., Brdarević S.: Analiza metoda za određivanje tehnoložičnosti, 5. međunarodni naučno - stručni skup Tendencije u razvoju mašinskih konstrukcija i tehnologija, Zenica, 2000.,
- [3] Tiro D.: Prilog razvoju metode za određivanje tehnoložičnosti proizvoda, magistarski rad, Zenica, 2000.,
- [4] Dana S. Nau, William C. Regli i drugi autori: IMACS: A System for Computer - Aided Manufacturability Analysis, [www.cs.umd.edu](http://www.cs.umd.edu), 1995.,
- [5] Ćosić I.: Montažni sistemi, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Novi Sad, 1983.