

PRIMJENA KVANTITATIVNIH METODA KOD IZBORA MATERIJALA

APPLYING QUANTITATIVE METHODS IN THE SELECTION OF MATERIALS

Golubić S.¹, Čikić A.¹, Hršak B.¹

¹Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar, Hrvatska

Sažetak: U radu je prikazan pregled i mogućnost primjene kvantitativnih metoda kod izbora materijala za nove i za postojeće proizvode. Prikazane su razlike u pristupu kod izbora materijala za nove proizvode i za postojeće proizvode. Kvantitativne metode pomažu u postizanju većeg stupnja objektivnosti kod izbora materijala. Primjena kvantitativnih metoda izbora materijala pretpostavlja postojanje i poznavanje brojčanih podataka o svojstvima materijala. Poznavanje funkcije, odnosno uvjeta rada nužno je za realnu procjenu težinskih faktora za svako svojstvo. Na primjeru stvarnog proizvoda pokazana je praktična primjena metode utjecajnosti svojstava za materijale košuljice (tijela) i vijaka vijčane pumpe.

Ključne riječi: kvantitativne metode, materijali, vijčana pumpa, košuljica (tijelo), vijak

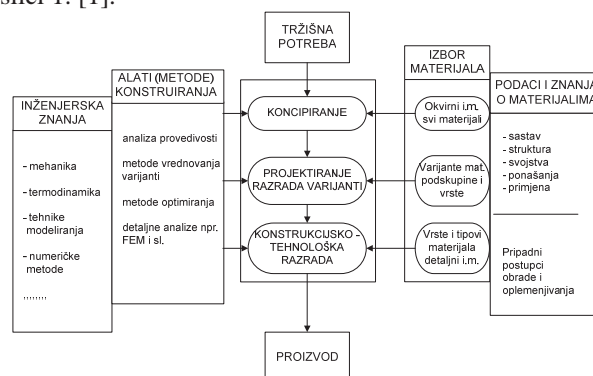
Abstract: This paper presents an overview of quantitative methods and their application possibilities in selecting materials for new and existing products. Differences in the approach to selecting materials for new and existing products are shown. Quantitative methods are helpful in achieving a higher objectivity level in material selection. The application of quantitative methods in material selection requires the existence and knowledge of numerical data related to materials' properties. Knowing the function, i.e. operative conditions, is essential for weight factors to be assessed realistically for each property. An example of a real product was used for presenting the practical application of the properties' impact method regarding the cylinder (body) and pump screws materials.

Key words: quantitative methods, materials, screw pump, cylinder (body), screw

1. UVOD

Izbor optimalnog materijala važan je sastavni dio procesa stvaranja i razvoja proizvoda. Kvalitetniji proizvod sa što boljim uporabnim svojstvima, dopadljivim izgledom, nižom cijenom i uz što veću dobit moguće je postići unapređivanjem proizvodnih postupaka izrade i konstrukcijskih rješenja uz pravilan izbor materijala. Prvi korak izbora materijala je u fazi projektiranja i konstruiranja proizvoda. Materijali se biraju u svakoj fazi

razvoja i konstruiranja proizvoda kao što je prikazano na slici 1. [1].



Slika 1. Izbor materijala u pojedinim fazama razvoja proizvoda

Izbor materijala prisutan je u svakom dijelu procesa konstruiranja i važan je za sva zbivanja u ukupnom vijeku trajanja proizvoda, a zbog toga je raspolaganje sa što potpunijim informacijama o svojstvima materijala bitno za stvaranje i razvoj proizvoda, a posebno tehničkih tvorevina. Izbor prikladnog materijala važna je zadaća pri materijalizaciji neke konstrukcijske ideje. Ispravan odabir uključuje u razmatranje različite kriterije i zahtjeve funkcije, proizvodnje i primjene proizvoda, ali i zahtjeve tržišta.

Formalizacija odlučivanja pomoću kvantitativnih i iskustvenih metoda, a sve na temelju objektivnih i usporedivih podataka i znanja, lakše dovodi do izbora i primjene optimalnih materijala. Materijal nikako ne smije biti unaprijed definiran jer izbor materijala proizlazi iz simultanog razmatranja svih zahtjeva za proizvod. Često se upravo od materijala očekuje da odlučujuće utječe na svojstva i ponašanje proizvoda.

Najpotpuniji i najdostupniji podaci o materijalima dobiveni su normiranim i dogovorenim laboratorijskim ispitivanjima uzoraka, epruveta i drugih ispitnih tijela izvađenih iz poluproizvoda i gotovih dijelova. Na ovaj način dobiveni su podaci koji imaju najveću vrijednost pri proračunu konstrukcijskih dijelova i izbora materijala.

2. IZBOR MATERIJALA

Pri razvoju novog proizvoda te iz postavljenog razvojnog zadatka mogu se izvesti svi tehnički, ekonomski i

društveni zahtjevi i kriteriji, a jedan dio zahtjeva i kriterija odnosi se i na materijale. Zahtjevi proizvodnje često mogu biti u suprotnosti sa zahtjevima uporabe – funkcije i eksploataбилности, pa je nužno rangiranje važnosti ispunjavanja pojedinih zahtjeva.

S obzirom na nužnost ispunjenja razlikujemo [1]:

- **invarijantne**, nužno ispunjive zahtjeve
- **varijantne** ili promjenjive zahtjeve, gdje se dopušta zadovoljenje zahtjeva u određenim toleriranim granicama.

Invarijantni zahtjevi služe za eliminaciju a priori neprikladnih materijala u fazama predizbora. Na temelju varijantnih zahtjeva traže se, vrednuju i odabiru optimalne varijante.

U fazi razrade varijantnih rješenja – pri koncipiranju, projektiranju i konstrukcijskoj razradi svakoj se varijanti pridružuju oni materijali koji najbolje zadovoljavaju posebne zahtjeve vezane uz dotično rješenje – funkcionalne, proizvodne, eksploatacijske i ekonomske. Svakoj varijanti pridružuju se i konkretni proizvodni postupci pa je izbor materijala često određen ili bar usmjeren kriterijima tehnoložičnosti i troškova.

Važne aktivnosti unutar procesa izbora materijala [1]:

- postavljanje zahtjeva i kriterija izbora
- definiranje traženih svojstava i karakteristika
- metode odlučivanja i optimiranja

Kod ponovnog izbora materijala za postojeći proizvod put do uštede vodi preko četiri moguće vrste analize [1]:

1. ponovno proučavanje oblika, dimenzija i mase dijela
2. ponovno proučavanje načina izrade i montaže
3. ponovno biranje materijala
4. ponovno projektiranje zbog postizanja optimalne kombinacije traženih svojstava

Razlozi za preispitivanjem vrste primijenjenog materijala i načina proizvodnje sa svrhom podizanja proizvoda na višu kvalitetu i/ili snižavanja troškova [1]:

1. pojava novih materijala
2. promijenjeni uvjeti rada u uporabi
3. poboljšanje uporabnih karakteristika proizvoda
4. otežana nabava definiranog materijala – vrsta, oblik, dimenzije, nezadovoljavajuća kvaliteta
5. nezadovoljavajuće ponašanje u proizvodnji
6. kvarovi u uporabi uzrokovani materijalom – deformacije, lomovi, prekomjerno trošenje ili korozija
7. pojava novih zakona, normi, propisa i uputa
8. novi zahtjevi za recikličnost i općenito utjecaj materijala na okoliš
9. smanjenje troškova i postizanje bolje konkurentnosti

Spoznaje o potražnji rezervnih dijelova, analize pogrešaka i oštećenja, spoznaje o razlozima nesreća i propusta od velike su važnosti za razvoj i usavršavanje konstrukcije. Situacije u primjeni koje traže opis uzroka jesu: lomovi, prekomjerno trošenje ili korozijska oštećenja.

3. KVANTITATIVNE METODE

S ciljem objektivnijeg i računalno podržanog odlučivanja razvijen je veći broj metoda izbora materijala. Većina metoda koristi se i za vrednovanje konstrukcijskih varijanti cijelog proizvoda i u tom se slučaju u modele uključuju drugi kriteriji i svojstva.

Pretpostavka uporabe kvantitativnih metoda je raspolaganje bročano iskazanim vrijednostima svojstava materijala u obliku mjerenih ili procijenjenih vrijednosti (ocjene). Primjena kvantitativnih metoda odlučivanja dolazi u obzir kod velikog broja traženih svojstava, zato što se može očekivati i veći broj prihvatljivih materijala.

U literaturi se mogu pronaći primjene različitih kvantitativnih metoda izbora materijala. Prema [1] i [2] opisane su neke od metoda s primjerima primjene:

- karte svojstava materijala
- pokazatelji vrednovanja
- metoda cijene svojstava
- metoda najmanjih odstupanja svojstava od traženih
- metoda utjecajnosti svojstava
- metoda graničnih vrijednosti
- Pahl – Beitzova metoda ocjena
- faktor uporabne vrijednosti sveden na troškove

Kvantitativne metode ne zamjenjuju procjenu i iskustvo, nego pomažu inženjerima da ne zanemare ni jednu od mnogih mogućnosti ili da brzo i subjektivno odlučuju.

4. METODA UTJECAJNOSTI SVOJSTAVA

Metodu utjecajnosti svojstava uputno je primijeniti u slučajevima kada treba ocijeniti veći broj svojstava. Razmatraju se svojstva koja su bitna za promatrani slučaj. Bročana vrijednost u skaliranom obliku množi se s odgovarajućim faktorom važnosti (B_i). Faktorom važnosti određuje se relativna važnost svakog pojedinog svojstva u odnosu na neko drugo. Zbrajanjem tako vrednovanih svojstava dobiva se pokazatelj radne karakteristike (V_r) koji kasnije služi kao usporedna veličina. Materijal s najvećim pokazateljem radne karakteristike smatra se optimalnim izborom za definirane uvjete. Pojam skalirane vrijednosti uvodi se zbog relativno velikog broja svojstava s različitim mjernim jedinicama, jer omogućuje pretvorbu dimenzijskih u bezdimenzijske vrijednosti.

Skaliranu vrijednost (S_v) se računa tako da najbolja vrijednost dobiva ocjenu 100, a ostale se rangiraju proporcionalno toj vrijednosti [1]. Ta najbolja vrijednost može biti minimalna ili maksimalna vrijednost u listi, prema tome kako je usmjeren zahtjev koji je vezan uz svojstvo koje vrednujemo. Minimalna vrijednost trebala bi biti kod npr. troškova, utjecaja korozije, povećanja mase zbog oksidacije, a maksimalnoj vrijednosti se teži npr. kod čvrstoće i žilavosti. Računanje skalirane vrijednosti [1]:

U slučaju kada je najniža vrijednost najbolja, izraz za skaliranu vrijednost glasi:

$$S_v = \frac{\text{minimum vrijednosti svojstva u listi}}{\text{brojčana vrijednost svojstva u listi}} \cdot 100 \quad (1)$$

U slučaju kada se od svojstva traži maksimum vrijednosti izraz za skaliranu vrijednost glasi:

$$S_v = \frac{\text{brojčana vrijednost svojstva u listi}}{\text{maksimalna vrijednost svojstva u listi}} \cdot 100 \quad (2)$$

Za materijale kod kojih nema brojčanih podataka o svojstvima, svojstva se ocjenjuju procjenom ponašanja materijala (izvršno, vrlo dobro, dobro, zadovoljavajuće, nezadovoljavajuće) i pridružuju im se odgovarajuće brojčane vrijednosti (5, 4, 3, 2, 1). Daljnji postupak je isti kao i kod razmatranja svojstava s poznatim brojčanim vrijednostima. Sljedeći korak je računanje pokazatelja radne karakteristike (V_r):

$$V_r = \sum_{i=1}^n B_i \cdot S_{vi} \rightarrow \text{maks.} \quad (3)$$

Pokazatelj radne karakteristike osnova je za računanje pokazatelja vrednovanja (M) koji je osnovna veličina za rangiranje materijala. Pokazatelj vrednovanja izračunava se izrazom [1]:

$$M = \frac{V_r}{C \cdot \rho} \rightarrow \text{maks.} \quad (4)$$

gdje su: C – ukupna cijena materijala po jedinici mase
 ρ – gustoća materijala.

Za materijale koji trebaju izdržati neko opterećenje bolje je razmatrati cijenu po jedinici svojstva, ovisno o načinu i vrsti opterećenja. U tom slučaju pokazatelj vrednovanja računamo na sljedeći način [1]:

$$M = \frac{V_r}{C' \cdot \rho} \quad (5)$$

gdje je C' – cijena po jedinici svojstva.

Ovom metodom mogu se analizirati i uspoređivati zamjenski materijali i to izračunavanjem relativnih vrijednosti stavljanjem u odnose cijene po jedinici svojstva zamjenskog i postojećeg materijala.

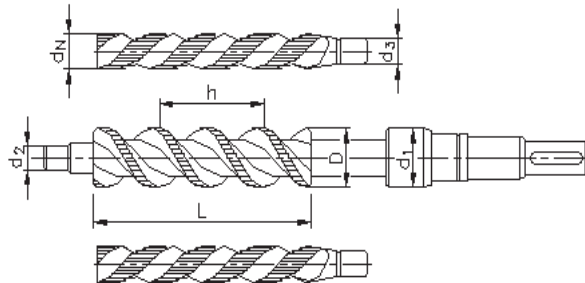
5. IZBOR MATERIJALA ZA DIJELOVE VIJČANIH PUMPI

Na primjeru izbora materijala za funkcionalne dijelove trovretenih vijčanih pumpi bit će prikazana primjena kvantitativne metode utjecajnosti svojstava [3].

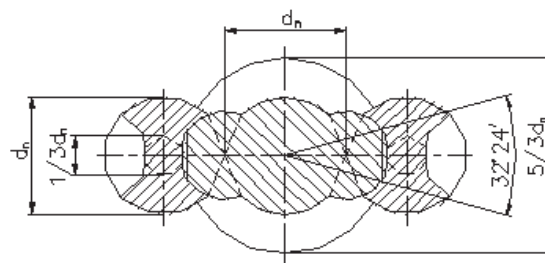
5.1. Opis vijčanih pumpi

Funkcionalni elementi trovretenih vijčanih pumpi su tri vijka i košuljica (tijelo) u kojoj vijci rotiraju i čine transportne komore. Prilikom rotiranja vijaka, zavojnice zatvaraju komore, zahvaćaju medij u usisnoj komori, kontinuirano pomiču medij uzdužno uz os vijaka i na kraju istiskuju medij u tlačnu komoru kućišta pumpe, odnosno u cjevovod hidrauličkog sustava u kojem pumpa radi. Vijčane pumpe daju kontinuiranu dobavu. Radni tlak pumpe jednak je protutlaku sustava u kojem pumpa

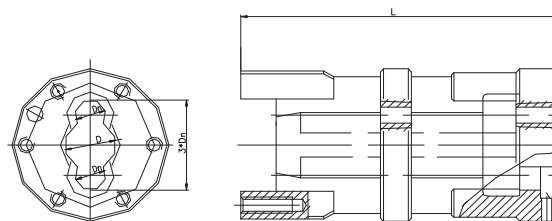
radi. Površine zavojnice vijaka projektirane su tako da postoji fino brtvljenje između samih vijaka i između vijaka i košuljice. Zavojnice vijaka su dvohodne, s konstantnim korakom, a broj okretaja vodećeg i vođenih vijaka je jednak. Vodeći vijak prenosi osnovno opterećenje u radnom procesu, dok vođeni vijci služe za brtvljenje unutar pumpe i sprečavaju povratak tekućine iz tlačne u usisnu komoru.



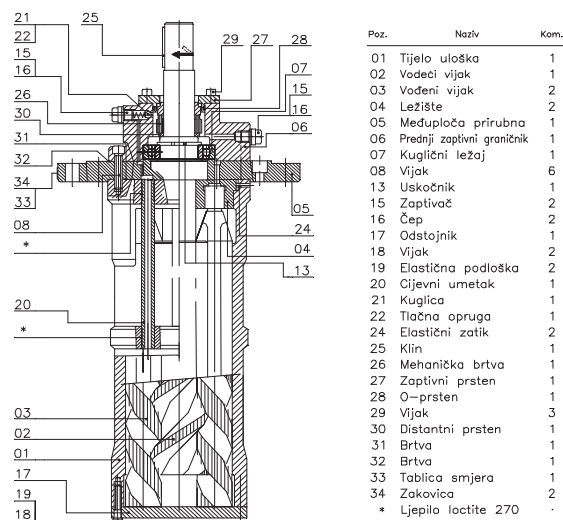
Slika 2. Vijci vijčane pumpe [4]



Slika 3. Dimenzionalni odnos vijaka vijčane pumpe [4]



Slika 4. Košuljica (tijelo) vijčane pumpe [5]



Slika 5. Poprečni presjek funkcionalnog podsklopa vijčane pumpe [5]

Vijčane pumpe se primjenjuju u transportu i doziranju medija i u hidrauličkim sustavima. Primjenjuju se u

mnogim granama gospodarstva za namjene kao što su: transportne pumpe goriva, dozirne pumpe goriva, pumpe ulja glavnih i pomoćnih motora na brodovima, pumpe separatora ulja i goriva i pumpe hidrauličkih sustava do 12 MPa. Tijekom rada dolazi do izravnog kontakta između vođenih vijaka i košuljice, slično kao kod klasičnog kliznog ležaja.

5.2. Primjena metode utjecajnosti svojstava

Metoda utjecajnosti svojstava primijenjena je i za izbor materijala košuljice i vijaka vijčane pumpe. U odnosu na prije prikazani način računanja pokazatelja vrednovanja materijala, u ovome primjeru napravljena je jedna modifikacija jer su u pregledu relevantnih svojstava dani podaci za troškove obrade koji su obuhvatili i troškove materijala [3].

Pokazatelj vrednovanja u ovome slučaju računa se pomoću izraza:

$$M = \sum_{i=1}^n B_i \cdot S_{vi} \rightarrow \text{maks.} \quad (6)$$

Od materijala za izradu košuljice vijčanih pumpi traže se sljedeća svojstva: što veća tlačna čvrstoća (R_{et}) – procjenjuje se na osnovu granice tečenja (R_e); što veća otpornost na trošenje (OT); što veća tvrdoća; što manja toplinska rastezljivost (α); što veća krutost (izražena preko modula elastičnosti E); kemijska postojanost na djelovanje transportiranog medija; tribološka kompatibilnost s materijalom vijaka; što bolja rezljivost (REZ); što niža cijena materijala i što niži troškovi obrade (T).

Na temelju dosadašnjih rješenja za košuljicu pumpe analizirani su sljedeći materijali [3]: EN-GJL250S (SL-25); EN-GJS-400-12S (NL 400-12); P.AICu10Mg; AlCu5PbBi; P.CuSn10; CuNi2Be. Svi ovi materijali su kemijski postojani u svim medijima koji se transportiraju.

U katalogima proizvođača materijala i u literaturi nisu jednoznačno određena i brojčano spomenuta sva relevantna svojstva materijala, pa je bilo nužno procijeniti otpornost na trošenje, a na temelju podataka proizvođača pumpi odrediti rezljivost i troškove.

Tabela 1. Pregled relevantnih svojstava materijala za košuljicu vijčane pumpe

Svojstvo Materijal	$R_e(R_{et})$ N/mm ²	α^* 10 ⁻⁶ K ⁻¹	E N/mm ²	OT^1 (relat.)	REZ (1-5) ²	T rel. ³
EN-GJL250S	250 (~750)	10,4	120000	4	4	100
EN-GJS-400-12S	280 (~840)	10,4	170000	4	4	105
P.AICu10Mg	185	23,0	72000	3	5	92
AlCu5PbBi	240	23,0	72000	2	5	130
P.CuSn10	135	18,0	98500	5	5	204
CuNi2Be	180	18,0	98500	4	5	217

*srednja vrijednost; ¹procjena; ²na osnovi sile rezanja; ³na osnovi vremena izrade

Faktori važnosti za svako pojedino svojstvo izračunati su digitalno–logičkom metodom. Za 6 analiziranih svojstava ukupan broj pitanja iznosi

$$\frac{N \cdot (N - 1)}{2} = \frac{6 \cdot (6 - 1)}{2} = 15.$$

Kod postavljanja pitanja svako svojstvo uspoređuje se sa svakim i pri tome se važnijem svojstvu dodijeli broj 1, a manje važnom 0. Faktor važnosti jednak je omjeru pozitivnih odluka za promatrano svojstvo i ukupnog broja pitanja.

U tabeli 2. prikazano je računanje faktora važnosti svojstava materijala za košuljicu vijčane pumpe.

Tabela 2. Izračunavanje faktora važnosti svojstava materijala za košuljicu vijčane pumpe

Svojstvo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Poz. odluke	B_i
R_e	1	1	0	0	1											3	0,200
α	0					0	0	1	0							1	0,067
E		0				1				0	0	0				1	0,067
OT			1				1			1			1	1		5	0,333
REZ				1				0			1		0		0	2	0,133
T					0				1			1		0	1	3	0,200

Skalirane vrijednosti pojedinih svojstava računamo uspoređujući isto svojstvo različitih materijala tako da najboljim svojstvima dajemo vrijednost 100, a ostale vrijednosti rangiraju se u odnosu na najveću (najpovoljniju) vrijednost.

Tabela 3. Skalirane vrijednosti svojstava materijala za košuljicu vijčane pumpe

Materijal	R_e	α	E	OT	REZ	T
EN-GJL250S	89	100	70	80	80	92
EN-GJS-400-12S	100	100	100	80	80	88
P.AICu10Mg	66	45	42	60	100	100
AlCu5PbBi	86	45	42	40	100	71
P.CuSn10	48	58	58	100	100	45
CuNi2Be	64	58	58	80	100	42

Tabela 4. Parametri vrednovanja materijala za košuljicu vijčane pumpe

Materijal	R_e	α	E	OT	REZ	T	M (Rang)
EN-GJL250S	17,8	6,7	4,7	26,6	10,6	18,4	84,8(2)
EN-GJS-400-12S	20,0	6,7	6,7	26,6	10,6	17,6	88,2(1)
P.AICu10Mg	13,2	3,0	2,8	20,0	13,3	20,0	72,3(4)
AlCu5PbBi	17,2	3,0	2,8	13,3	13,3	14,2	63,8(6)
P.CuSn10	9,6	3,9	3,9	33,3	13,3	9,0	73,0(3)
CuNi2Be	12,8	3,9	3,9	26,6	13,3	8,4	68,9(5)

Dobivene vrijednosti pokazuju da je optimalni materijal za košuljicu vijčane pumpe nodularni lijev, a iza njega slijedi sivi lijev.

Materijali za izradu vijaka vijčane pumpe analizirani su na osnovi svojstava: granice tečenja (R_e), otpornosti na trošenje (OT), toplinske rastezljivosti (α), rezljivosti (REZ), cijene materijala i troškova izrade (T).

Tabela 5. Prikaz relevantnih svojstava materijala za vijke vijčanih pumpi

Svojstvo Materijal	R_e^* N/mm ²	OT (1-2,2)	α^* 10 ⁻⁶ K ⁻¹	REZ ¹⁾ N	T ²⁾
C45E žaren	435	1,1	11,7	1400	585
C45E nitriran	435	1,9	11,7	1400	897
45S20 žaren	330	1,0	11,7	600	396
45S20 nitriran	330	1,9	11,7	600	414
11SMn30 nitriran	225	1,9	11,7	580	391
11SMn20 pouglj. + vanadiran	225	2,2	11,7	580	421
42CrMo4 poboljšán	735	1,3	11,5	2200	602
42CrMo4 nitriran	600	2,0	11,5	2200	902
34CrAlNi7 nitriran	590	2,1	11,5	2400	920
EN-GJS-400-12S	280	1,8	10,4	550	430

*srednja vrijednost; ¹⁾sila otpora pri rezanju; ²⁾ prema podacima proizvođača pumpi (MPD Daruvar)

Na sličan način kao i za košuljicu vijčane pumpe izračunati su digitalno-logičkom metodom faktori važnosti za svojstva predizabranih materijala za izradu vijaka vijčanih pumpi. Za pet svojstava materijala za vijke vijčanih pumpi računanjem su dobivene vrijednosti faktora važnosti koji su prikazani u tabeli 6.

Tabela 6. Faktori važnosti svojstava materijala za vijke vijčane pumpe

Svojstvo	R_e	OT	α	REZ	T
Faktor važnosti	0,10	0,40	0,10	0,20	0,20

Skalirane vrijednosti svojstava materijala i pokazatelj vrednovanja izračunati su na sličan način kao i za košuljicu vijčane pumpe. Podaci za skalirane vrijednosti prikazani su u tabeli 7, a parametri vrednovanja materijala za vijke vijčane pumpe prikazani su u tabeli 8.

Tabela 7. Skalirane vrijednosti svojstava materijala za vijke vijčane pumpe

Svojstvo Materijal	R_e	OT	α	REZ	T
C45E žaren	59	50	89	39	67
C45E nitriran	59	86	89	39	44
45S20 žaren	45	45	89	92	99
45S20 nitriran	45	86	89	92	94
11SMn30 nitriran	31	86	89	95	100
11SMn20 pouglj. + vanadiran	31	100	89	95	93
42CrMo4 poboljšán	100	59	90	25	65
42CrMo4 nitriran	82	91	90	25	43
34CrAlNi7 nitriran	80	95	90	23	42
EN-GJS-400-12S	38	82	100	100	91

Tabela 8. Parametri vrednovanja materijala za vijke vijčane pumpe

Svojstvo Materijal	R_e	OT	α	REZ	T	M (Rang)
C45E žaren	5,9	20	8,9	7,8	13,4	56 (10)
C45E nitriran	5,9	34,4	8,9	7,8	8,8	65,8 (8)
45S20 žaren	4,5	18	8,9	18,4	19,8	69,6 (5)
45S20 nitriran	4,5	34,4	8,9	18,4	18,8	85 (3)
11SMn30 nitriran	3,1	34,4	8,9	19	20	85,4 (2)
11SMn20 pouglj. + vanadiran	3,1	40	8,9	19	18,6	89,6 (1)
42CrMo4 poboljšán	10	23,6	9,0	5	13	60,6 (9)
42CrMo4 nitriran	8,2	36,4	9,0	5	8,6	67,2 (7)
34CrAlNi7 nitriran	8,0	38	9,0	4,6	8,4	68 (6)
EN-GJS-400-12S	3,8	32,8	10	20	18,2	84,8 (4)

Analiza dobivenih vrijednosti prikazanih u tabeli 8. pokazuje da gotovo svi nitrirani čelici zadovoljavaju normalne i srednje teške uvjete rada bolje nego žareni ili poboljšani čelici. Pougljičen i vanadiran čelik vjerojatno bi zadovoljio i u najtežim uvjetima rada (medij s abrazivnim česticama) čak i kada bi faktor važnosti za otpornost na trošenje bio niži od 0,40.

Potvrdu za ovakve zaključke dao je i proizvođač pumpi nakon praćenja rada pumpi u eksploataciji.

6. ZAKLJUČAK

Kvantitativne metode omogućuju vrednovanje materijala kod usvajanja novih proizvoda te omogućuju traženje zamjenskih materijala za postojeće proizvode. Primjer analize materijala i postupaka modificiranja površina za

izradu košuljice i vijaka vijčane pumpe pokazuje da se dobivaju logična rješenja u skladu s iskustvom.

Na rezultate izbora materijala vrlo bitno utječu definirani faktori važnosti za svojstva. Definiranje faktora važnosti za svojstva proizlazi iz analize uvjeta rada. Tako npr. za više radne tlakove raste važnost čvrstoće, dok u slučaju kada transportirani medij sadrži abrazivne čestice raste važnost otpornosti na trošenje.

Problem u primjeni kvantitativnih metoda izbora materijala nastaje kada nema pouzdanih brojčanih pokazatelja. Za dobivanje potrebnih podataka ponekad treba obaviti odgovarajuća laboratorijska i (ili) eksploatacijska ispitivanja.

7. LITERATURA

- [1] Filetin T., (2006), *Izbor materijala pri razvoju proizvoda*, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
- [2] Golubić S., (2004), *Primjena triboloških prevlaka na dijelovima vijčanih pumpi*, magistarski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
- [3] Golubić S., Filetin T., (2002), Izbor materijala za dijelove vijčastih pumpi, Ćurković L., Grilec K. (Ur.), *Zbornik radova s Savjetovanja „MATRIB 2002“*, Vela Luka, Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, Zagreb, 51-56
- [4] ЖМУДЬ А.Е., (1963), *ВИНТОВЫЕ НАСОСЫ С ЦИКЛОДАЛЬНЫМ ЭЦЕПЛЕНИЕМ*, Izdanje 2-e, Moskva
- [5] ... Interni podaci tvrtke MPD d.d. Daruvar (2004.)