

UDK 529.489:62.002.72

Stručni rad

PRILOG PRORAČUNU TOČNOSTI LANCA DIMENZIJA

Petar CEROVAC — Split*

UVOD

Lancem dimenzija naziva se skup dimenzija raspoređenih po zatvorenoj konturi u određenom redosljedju, koje određuju uzajamni položaj jednog ili nekoliko elemenata. Posebno je ova teorija poznata u montažnoj industriji. Postavljena je ona na bazi proračuna toleranci, tj. određivanja ukupne pogrešnosti povezanih elemenata. Lanac dimenzija čine dimenzije elemenata (karika). Sastoji se od jedne zaključne i nekoliko sastavnih karika (najmanje dvije). Zaključnom karikom naziva se ona kojoj su određeni osnovni zahtjevi o točnosti. U sastavne karike neophodno je uključiti sve elemente koji neposredno utječu na točnost zaključne karike. Ovisno o konkretnom zadatku svaka od sastavnih karika u odgovarajućem momentu može biti zaključna. Osnovno svojstvo lanca dimenzija je njegova zatvorenost. Smjer djelovanja sastavnih karika određuju se prenosnim odnosom (kod linearnog lanca dimenzija je ± 1). Prema međusobnom, položaju karika mogu se lanci dimenzija podijeliti na:

- linearne, karike raspoređene po jednoj ili po međusobno paralelnim linijama,
- površinske, karike raspoređene po jednoj ili po međusobno paralelnim ravninama,
- prostorne.

Posljednja dva lanca dimenzija mogu se svesti na jedan ili nekoliko prvih [1], [2], [5].

Kako se zbog složene analize kod površinskog, a posebno kod prostornog lanca dimenzija, kod praktičnih primjera, isključivo upotrebljava linearni lanac dimenzija, na ovom mjestu on će se i promatrati.

Pomoću aparata teorije lanca dimenzija moguće je odrediti dozvoljena odstupanja (tolerance) konstrukcije ili tolerance njenih sastavnih elemenata. Na bazi ovih podataka mogu se odrediti optimalna konstruktivno-tehnološka rješenja.

Lanci dimenzija mogu se računati na dva načina.

* Adresa autora: Mr Petar Cerovac, Fakultet građevinskih znanosti, Split, V. Mašleše bb.

PRVI NAČIN: RAČUNANJE LANCA DIMENZIJA NA BAZI GRANIČNIH ODSUPANJA

U općem obliku lanac dimenzija može se prikazati u slijedećem obliku:

$$P_{zak} = \sum_{i=1}^m /P_i + \Delta_i/A_i = P_n + \sum_{i=1}^m A_i \Delta_i$$

gdje je:

P_{zak} — zaključna karika,

P_n — nominalna veličina zaključne karike,

Δ_i — granično odstupanje sastavne karike,

A_i — prenosni odnos — broj (za linearni lanac dimenzija je ± 1)

Ovaj način računanja lanca naziva se i metoda maksimum — minimum.

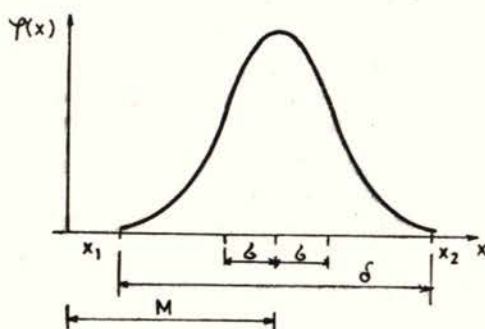
DRUGI NAČIN: RAČUNANJE LANCA DIMENZIJA POMOĆU TEORIJE VJEROVATNOĆE

Kako se u montažnoj industriji odstupanja sekcija ili detalja od nominalnih dimenzija javljaju kao slučajne veličine to se kod računanja lanca dimenzija može koristiti teorija vjerovatnoće. Ova odstupanja izazvana su nizom uzroka: pogreškama obrade, pogreškama montaže, pogreškama mjerenja (ova mjerenja u sve većoj mjeri izvode geodete) itd. U kontekstu gornjeg, navest će se na ovom mjestu i slijedeće: »Mnogobrojna istraživanja pokazuju, da se pri izradi i montaži elemenata i konstrukcija trupa, odstupanja dimenzija u većini slučajeva podčinjavaju normalnom zakonu distribucije (zakonu Gaussa)« [1].

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-M)^2}{2\sigma^2}}$$

Kod ovog je neophodno odrediti granično polje rasipanja. Obično se za interval između slučajnih veličina x_1 i x_2 uzima da je:

$$\int_{x_2}^{x_1} \Phi(x) dx = 0,9973.$$



Sl. 1.

Pri tom je kod normalnog rasporeda polje rasipanja $\delta = 6\sigma$ [2], [5].

Postotak rizika da će se stvarna veličina nalaziti izvan ovog intervala bit će $P = 0,27$ — za koeficijent rizika $t = \delta/2\sigma = 6\sigma/2\sigma = 3,00$.

Kako je zaključna karika funkcija slučajnih veličina sastavnih karika može se napisati:

$$\sigma_{zak} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sigma_i^2} \quad \text{— standardno odstupanje}$$

$$\delta = x_2 - x_1 \quad \text{— polje rasipanja}$$

$$N = \frac{x_1 + x_2}{2} \quad \text{— kordinata sredine polja rasipanja}$$

Za $\sigma_i = \delta_i/2t_i$ izraz $\sigma_{zak} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sigma_i^2}$ glasit će:

$$\frac{\delta_{zak}^2}{4t_{zak}^2} = \sum_{i=1}^m \frac{\delta_i^2}{4t_i^2}$$

Označili se s $\lambda = 1/t_i^2$ bit će:

$$\frac{\delta_{zak}^2}{t_{zak}^2} = \sum_{i=1}^m \lambda_i \delta_i^2$$

U slučaju kad su veličine polja rasipanja svih karika približno jednake odredit će se δ_{sr} .

$$\delta_1 = \delta_2 = \dots = \delta_m = \delta_{sr}$$

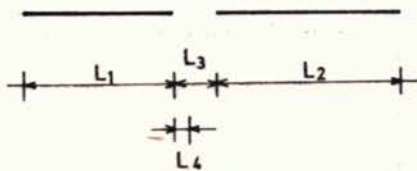
$$\delta_{sr} = \frac{\delta_{zak}}{t_{zak} \sqrt{m \cdot \lambda_{sr}}}$$

Prema [2] pod pretpostavkom da je zakon raspoređivanja blizak normalnom, što kako je navedeno odgovara promatranom slučaju, preporuča se uzeti za $\lambda_i = 1/9$.

ZAKLJUČAK

Praktična primjena aparata teorije lanca dimenzija u mnogo slučajeva može biti od velike koristi. Posebno se ovo očituje u montažnoj industriji. Kako je u montažnoj industriji prisustvo geodete postalo gotovo neophodno to se može očekivati da će i sam, u timu, učestvovati kod određivanja toleranci konstrukcije ili njenih sastavnih elemenata.

PRIMJER 1: Računanje lanca dimenzija datog na slici 2.



Sl. 2.

OZNAKA	OPIS KARIKE	Li (mm)	Ai	δ_i (mm)*
L ₁	LIM	1520	1	3
L ₂	LIM	1870	1	3
L ₃	zazor za zavarivanje šava između limova	4	1	2
L ₄	poprečno skraćivanje (stezanje) uslijed zavarivanja	0,5	-1	0,5

$$L_{zak} = \sum_{i=1}^m A_i L_i = 1520 + 1870 + 4 - 0,5 = 3303,5 \text{ mm}$$

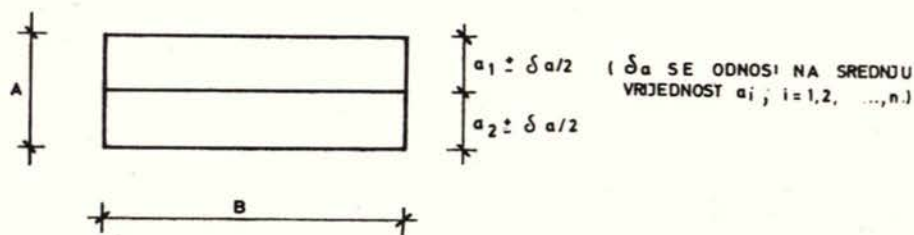
$$\delta_{zak} = t_{zak} \sqrt{\sum_{i=1}^m \lambda_i \delta_i^2}$$

za: $t_{zak} = 3$ (postotak rizika 0,27%) i $\lambda_i = 1/9$ bit će,

$$\delta_{zak} = 3 \sqrt{\frac{1}{9} \cdot 22,25} = 4,7 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}$$

PRIMJER 2: Utvrđivanje potrebe za tehnološkim kompenzatorom kod lista panela sastavljenih od dva lima ($n=20$) pri izgradnji plovnog doka od 60000 t u brodogradilištu »J. L. Mosor« — Trogir, ponton III i ponton IV. Paneli su odabrani nasumce. Treba istaći da im teoretske dimenzije nisu iste, međutim to nema bitno utjecaja kod ove analize. Posebno su oni promatrani u poprečnom (A), posebno u uzdužnom smjeru (B), po dvije strane u paru. U ovom slučaju, kod panela ugradbenih dimenzija A = 4643,3 mm (5240.4 mm) i B = 11550 mm, mjenjenih nakon obrezivanja rubova, bilo je:

$$\sigma_A \approx 2 \text{ mm}, \quad \sigma_B \approx 6 \text{ mm} \quad (\text{Tolerancija } T = 6 \text{ mm})$$



Sl. 3.

Na bazi ovih podataka** i primjera 1 može se zaključiti slijedeće: Ispravno je što su listovi panela, odnosno limovi, trasirani s tehnološkim kompenzatorom, dimenzijskim viškom ili dodatkom (predviđen je cca 50 mm) [6].

* δ_i — polje tolerance limova, uzet iz [4].

** Ovi podaci objavljeni su privolom brodogradilišta »J. L. Mosor« — Trogir.

LITERATURA:

- [3] Meden, Đ.: Primjena statističke metode kontrole kvalitete pri izradi elemenata brodskog trupa, Zbornik radova IV, Tehnički fakultet Rijeka Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 1976.
- [4] Meden, Đ.: Prilog razrješavanju problema dimenzijske točnosti kod montažnih radova, IV simpozij teorija i praksa brodogradnje Opatija, 1980.
- [6] Tehnička dokumentacija brodogradilišta »J. L. Mosor« — Trogir.

SAŽETAK

U članku je prikazan proračun točnosti za lanac dimenzija koji se primjenjuje u montažnoj industriji.

ABSTRACT

The article represents accuracy calculation for chain of dimensions. This calculation is used in assembly industry.

Primljeno: 1985-12-12