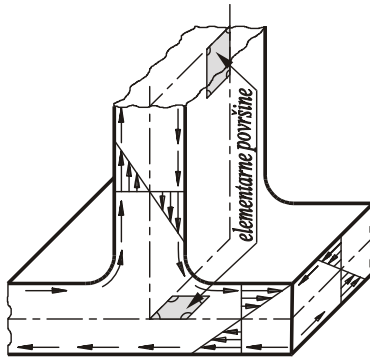


3.10.2 Naponska stanja i uticaji kod ograničenog uvijanja

Opšta problematika ograničenog uvijanja (tapova sa otvorenim tankozidnim profilom rečena je u radovima prof. V. Z. Vlasova [7], koji je za osnove matematičkog opisivanja ove pojave postavio dve hipoteze.

1. Klizanje u ravni srednje linije konture poprečnog preseka pri ograničenom uvijanju jednako je nuli.
2. Projekcija konture na ravan poprečnog preseka ostaje ista pre i posle deformacije.

Prva hipoteza zasniva se na činjenici da je usled slobodnog uvijanja i pojave cirkulacije tangencijalnih napona, napon na srednjoj liniji jednak nuli. To znači da nema promene pravog ugla kod posmatrane elementarne površine na srednjoj liniji konture (Sl. 3.52).



Sl. 3.52

Red veličine dopunskih tangencijalnih napona τ_ω je mali, tako da se njihova klizanja mogu zanemariti.

Druga hipoteza predstavlja zamenu za hipotezu ravnih preseka kod klasičnog savijanja i pretpostavlja održanje oblika konture bez obzira na deplanaciju, koja dakle odgovara samo podu`nom pomeranju takva konture. Neizmenljivost forme konture praktično se može postići ugradnjom poprečnih ukrčenja na odgovarajućim rastojanjima duž tapova.

Da bi se sagledala deformacija (tapa i uticaji koji je izazivaju pri ograničenom uvijanju, posmatra se konzola od I profila opterećena momentom uvijanja M_θ na slobodnom kraju (Sl. 3.53).

Usled dejstva momenta uvijanja M_θ , zbog uklećenja konzole, dolazi do savijanja pojaseva profila u međusobno suprotne strane (Sl. 3.53.a).

Uticaji koji savijaju pojaseve profila su neki momenti M , koji deluju u ravni pojaseva profila, jednakog su intenziteta ali međusobno suprotnog smera i čiji se intenzitet menja duž ose z . Analogno klasičnom savijanju silama, u posmatranom poprečnom preseku profila postoje i odgovarajuće transverzalne sile Q koje deluju u pojasevima profila u smeru njihovog savijanja (Sl. 3.53.b).

Dakle, da bi se opisali uticaji oblika deformacije, pošto se javlja uvijanje sa savijanjem tj. ograničeno uvijanje, uvedeni su uticaji M i Q . Pod dejstvom M_θ , M i Q u nekom izdvojenom elementarnom delu nosača (Sl. 3.53.c), javiće se tri vrste napona prikazane na (Sl. 3.53.c,d,e).

odnosno, odgovaraju }i napon slobodnog uvijanja glasi:

$$\tau_{\theta} = \frac{M_{\theta}}{I_t} \cdot \delta, \quad (3.156)$$

gde su: I_t – membranski uvojni moment inercije konture,

δ – debljina konture u posmatranom vlaknu,

M_{θ} – moment slobodnog uvijanja, koji je deo ukupnog spoljnog momenta uvijanja M_{θ} , ~ija je veli~ina za sada jo{ neodre|ena.

2. Tangencijalni napon usled ograni~enog uvijanja τ_{ω} je napon koji se javlja u pojasevima profila pod dejstvom transverzalne sile Q (Sl. 3.53.c,f) odnosno od momenta ograni~enog uvijanja $M_{\omega} = Q \cdot h$. Moment M_{ω} predstavlja preostali deo od spoljnog momenta M_{θ} . Analogno teoremi @uravskog, koja daje vezu izmeju normalnih i tangencijalnih napona pri savijanju silama, napon τ_{ω} je povezan sa pojavom promene normalnog napona ograni~enog uvijanja σ_{ω} du` nosa~a.
3. Normalni naponi ograni~enog uvijanja σ_{ω} (Sl. 3.53.e) javljaju se usled savijanja pojaseva profila. S obzirom da usled savijanja pojaseva profila postoje zone zategnutih i pritisnutih vlakana, normalne sile N_{ω} ekvivalentne naponima σ_{ω} (zbog svojih razli~itih smerova), obrazuju spregove M u svakom pojasu. Kako su smerovi momenata M me|usobno suprotni, sistem je stati~ki samouravnote`en, jer se u jedna~inama stati~ke ravnote`e oni me|usobno poni{tavaju.

Usled savijanja pojaseva profila dolazi do deplanacije konture u preseku i pojave razli~itog naprezanja vlakana, tako da na mestima promene naprezanja postoje i vlakna koja ne menjaju svoju du`inu i u kojima je napon $\sigma_{\omega} = 0$. Ove ta~ke zovu se **nulte ta~ke konture**.

Tri vrste napona τ_{θ} , σ_{ω} , τ_{ω} ekvivalentni su dejstvu spolja{njeg momenta uvijanja M_{θ} , tako da uslovi ravnote`e glase:

$$\sum X = 0, \quad (3.157)$$

$$\sum Y = 0, \quad (3.158)$$

$$\sum Z = \int_A \sigma_{\omega} dA = 0, \quad (3.159)$$

$$\sum M_x = \int_A \sigma_{\omega} \cdot y dA = 0, \quad (3.160)$$

$$\sum M_y = \int_A \sigma_{\omega} \cdot x dA = 0, \quad (3.161)$$

$$\sum M_z = M_{\theta} - M_{\theta} - M_{\omega} = 0, \quad (3.162)$$

odnosno,

$$M_{\theta} = M_{\theta} + M_{\omega}. \quad (3.163)$$

Naponi u posmatranom preseku redukuju se na veličinu i smer spoljašnjeg aktivnog opterećenja, zbog toga što je smer deformacija u smeru opterećenja. Uslove ravnoteže održava bliski presek od posmatranog u zadržanom delu (tapa, koji se suprotstavlja dejstvu opterećenja.

Uslovi (3.159), (3.160), (3.161) pokazuju da normalni naponi σ_ω u potpunosti učestvuju u formiranju samouravnoteženog sistema unutrašnjih sila. Kao što se vidi, sistem normalnih unutrašnjih sila N_ω usled σ_ω može se redukovati na dva sprega suprotnog smera M , koji dejstvuju u pojasevima profila. Ova dva momenta leže u međusobno paralelnim ravninama čije je rastojanje " h ", a pošto su suprotnog smera oni jedan drugog sami statički uravnotežavaju, tako da nemaju direktnu vezu sa spoljašnjim momentima usled opterećenja. S obzirom na ovu svoju osobinu, veličina ovog unutrašnjeg statički samouravnoteženog sistema ne može se odrediti direktnom metodom preseka, kao što se to čini kod određivanja klasičnih momenata savijanja.