

URČOVANIE VNÚTORNÝCH NAPÄTÍ VYVOLANÝCH ZVÁRANÍM

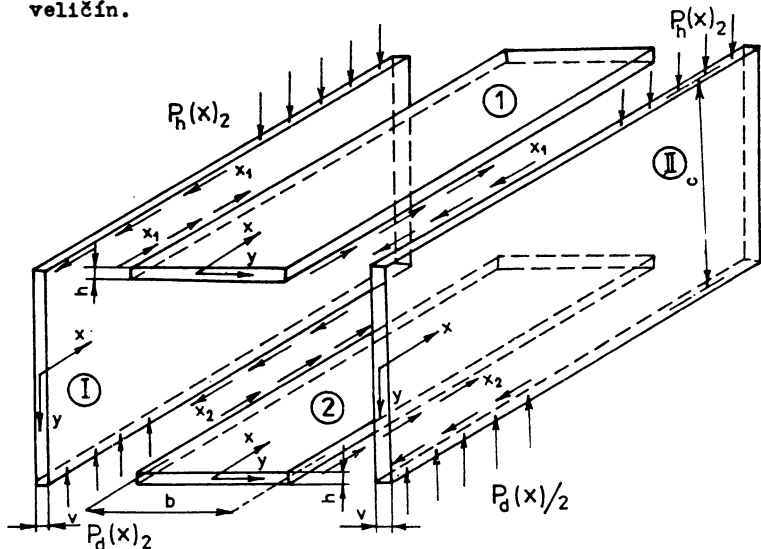
Ing. Tibor Bugár, CSc.

Doc. Ing. František Trebuňa, CSc.

Vysoká škola technická v Košiciach

Tenkostenné skriňové konštrukcie prinášajú so sebou množstvo problémov najmä teoretického rázu, ktoré dosiaľ neboli úplne doriešené. Samotnú stabilitnú kontrolu a dimenzovanie jednotlivých dosiek takejto konštrukcie nie je možné vykonať bez znalosti rozloženia vnútorných silových veličín.

Ťažkosti vznikajúce pri výpočte uzavretých skriňových konštrukcií sú spôsobené zložitým vzájomným silovým pôsobením medzi horizontálnymi a vertikálnymi doskami. Ak oddelíme horizontálne a vertikálne dosky myšlenými rezní kolmými na horizontálne dosky v mieste ich spojení (obr. 1), potom vo všeobecnom prípade vzájomné pôsobenie (horizontálnych) dosiek a (vertikálnej dosky) väzníka v každom bode rezu možno charakterizovať šiestimi zložkami silových a momentových veličín.



obr. 1

Kvôli zjednodušeniu budeme vo výpočte uvažovať, že silové veličiny na pozdĺžnych hranách dosiek sú zložené zo symetrických a antisymetrických zložiek a sú dané v jednotkách pripadajúcich na jednotku dĺžky pozdĺžnej hrany. Je výhodné vyjadriť ich v tvare Fourierových radov:

pre symetrické šmykové zaťaženie:

$$t_s(x) = - \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n^s \cos \frac{n \pi x}{a},$$

pre antisymetrické šmykové zaťaženie:

$$t_a(x) = - \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n^a \cos \frac{n \pi x}{a},$$

pre symetrické normálové zaťaženie: (1)

$$p_s(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \beta_n^s \sin \frac{n \pi x}{a},$$

pre antisymetrické normálové zaťaženie:

$$p_a(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \beta_n^a \sin \frac{n \pi x}{a}.$$

Majme jednonásobne uzavretú skriňovú konštrukciu z ortotropných dosiek (obr. 1), na koncoch podopretú a zaťaženú spojitým zaťažením. Rozdeľme túto konštrukciu myslennými vertikálnymi rezní v mieste spojenia horizontálnych dosiek 1 a 2 a vertikálnych dosiek I a II. Vzájomné pôsobenie horizontálnych a vertikálnych dosiek v myslenných rezoch je charakterizované vnútornými silovými veličinami, ktoré sú definované spojitými funkciami.

Napätia, resp. silové veličiny X_x , Y_y , X_y v ľubovoľnom bode dosky 1, resp. 2, ktorá je na pozdĺžnych hranách zaťažená symetrickým ťmykovým zaťažením:

$$X_i = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n^{s(1)} \cos \frac{n\pi x}{a} \quad (2)$$

kde: $i = 1; 2$.

Vertikálne dosky I a II sú zaťažené na pozdĺžnych hranách všeobecným normálovým a ťmykovým zaťažením.

Silové súčinitele $\alpha_n^{s(1)}$ a $\alpha_n^{s(2)}$, ktoré charakterizujú silové veličiny X_1 a X_2 v rezoch tenkostennej skriňovej konštrukcie, predstavujú neznáme, ktoré určíme z prechodových podmienok:

$$\begin{aligned} \varepsilon_x^{(1)} \Big|_y = -0,5 b &= \varepsilon_x^{(1)} \Big|_y = -0,5 c \\ \varepsilon_x^{(2)} \Big|_y = -0,5 b &= \varepsilon_x^{(1)} \Big|_y = 0,5 c \end{aligned} \quad (3)$$

Pretože ľavé aj pravé strany rovníc (3) sú v tvare sínusového radu, ktorý má n -členov, môžeme tento systém transformovať na $2n$ lineárnych rovníc s $2n$ neznámymi. Pre každé n párne silové súčinitele sú nulové a pre každé n nepárne silové súčinitele $\alpha_n^{s(1)}$ a $\alpha_n^{s(2)}$ určíme zo systému rovníc (3). Postupnosť:

$$\alpha_1^{s(1)}, \alpha_3^{s(1)}, \alpha_5^{s(1)}, \dots, \alpha_n^{s(1)}$$

$$\alpha_1^{s(2)}, \alpha_3^{s(2)}, \alpha_5^{s(2)}, \dots, \alpha_m^{s(2)}$$

určujú veľkosti silových veličín X_1 a X_2 v myslených rezoch oddeľujúcich horizontálne a vertikálne dosky jednonásobne uzavretej skriňovej konštrukcie.

Výpočet silových súčiniteľov, ako aj vnútorných silových veličín v ľubovoľnom bode dosky bol naprogramovaný v jazyku fortran. Výpočtom sme zistili, že na praktické použitie po-

stačí niekoľko prvých členov radu.

Pri experimentálnom overovaní skriňových konštrukcií jedno až štvornásobne uzavretých bolo zistené, že pri symetrickom zaťažení a symetrickej konštrukcii sa konštrukcia chová ako nesymetrická. Za jednu z príčin tejto odozvy konštrukcie na zaťaženie sme považovali vnútorné napätia vyvolané zváraním. Skúšobné modely boli vyrobené technológiou zvárania plameňom i elektrickým oblúkom. Plameňom boli zvárané skriňové konštrukcie z plechu hrúbky 0,5 - 1 mm a elektrickým oblúkom plechu hrúbky 1,3 - 2 mm.

Pretože metodika navrhovaného výpočtu umožňuje zohľadniť vplyv vnútorných napätí pri zváraní, pomocou silových veličín v smere osi zvaru vyjadrených v tvare Fourierového radu (2), bolo potrebné stanoviť pre jednotlivé technologické postupy tvorby zvaru priebeh tejto vnútornej silovej veličiny a takýmto korigovať výpočet zohľadnením účinku zvaru.

Pre jednotlivé postupy zvárania dvoch plechov po dĺžke bola navrhnutá nasledovná metodika určenia vnútornej silovej veličiny po dĺžke zvaru.

Dva plechy s upravenými, resp. neupravenými hranami priložené k sebe, boli po predchádzajúcom bodovom privarení spojené súvislým V zvarom. Na vybrúsený zvar v smere osi zvaru po dĺžke boli nalepené tenzometrické snímače M 120. Dĺžka pásov plechov priváraných k sebe bola 1 m, šírka 150 mm. Po nalepení snímačov boli takto spojené plechy podržané v rovnom stave v čeľustiach ohýbačky a odčítané počiatočné hodnoty na tenzometrickej aparatuře. Na tabuľových nožniciach boli odstrihnuté rovnobežne s osou zvaru pásy o šírke 140 mm z oboch strán. Po opätovnom podržaní zvarov v priamom smere zovretím v ohýbačke boli namierané ďalšie hodnoty. Z rozdielu namieraných hodnôt možno určiť priebeh silovej veličiny po dĺžke zvaru a takýmto spôsobom určiť vplyv zvaru na rozloženie napätí v konštrukcii. Pri meraniach sa pre jeden experiment volilo minimálne deväť meracích miest a použila sa aparatura TSA 63.

Použitá literatúra:

- [1] Klöppel, K., Thiele, F.: Analytische und experimentelle Ermittlung der Spannungsverteilung in kastenförmigen Biegequerschnitten mit Konsolen bei örtlicher Krafteinleitung (Mitt-ragende Breite); Der Stahlbau 5/1966, s. 152 až 156.
- [2] Trebuňa, F.: Príspevok k výpočtu napätostí v tenkosten-ných konštrukciách; Košice, KDP, 1973.
- [3] Bugár, T.: Teória a experimentálne vyšetovanie namáha-nia výložníkov zdvíhacích a zemných stro-jov; Košice, KDP, 1980.