



ДГКМ
ДРУШТВО НА
ГРАДЕЖНИТЕ
КОНСТРУКТОРИ НА
МАКЕДОНИЈА

Партизански одреди 24,
П.Фах 560, 1001 Скопје
Македонија

MASE
MACEDONIAN
ASSOCIATION OF
STRUCTURAL
ENGINEERS

Partizanski odredi 24,
P. Box 560, 1001 Skopje
Macedonia

ЧК-10

mase@gf.ukim.edu.mk
http://www.mase.org.mk

Денис ПОПОВСКИ¹, Атанас ФИЛИПОВСКИ², Миле ПАРТИКОВ³

ПРЕСМЕТУВАЊЕ НА КЛАСА НА ПРЕСЕК ПРЕМА ЕВРОКОД 9

РЕЗИМЕ

Определување на класата на пресекот е битна стапка во анализата и пресметувањето на алуминиумските конструкции. Со определување на класата на пресек се дефинира пресметковниот модул на димензионирање на попречниот пресек и се дефинираат посебни услови за носивоста. Класификацијата на попречниот пресек зависи од геометријата, квалитетот на материјалот од кој е изработен и од начинот на производство. Во трудот е даден генерален осврт на оваа тема, критериумите за избор на пресек, а се изработени и два нумерички примери.

Клучни зборови: класа на пресек, алуминумски конструкции

Denis POPOVSKI¹, Atanas FILIPOVSKI², Mile PARTIKOV³

CALCULATION OF CROSS-SECTION CLASSES ACCORDING TO EUROCODE 9

SUMMARY

Calculating the cross-section classes is a mayor part in the whole process of analyzing the aluminium structures. With classification of the cross-section it is defined not only the module of calculation but also the requirements for the stress resistance. The classification of the cross-section, pivot on the geometry of the considered elements, quality of the material and the way and method of fabrication. In this article it is given the general rules for calculation of the cross-section classes, criteria for cross-section classification and elaborated two numerical examples for extruded and welded, compressed cross-sections.

Key words: cross-section class, aluminum structures,

¹ Assist. MSc, Faculty of Civil Engineering, University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, Republic of Macedonia, popovski@gf.ukim.edu.mk

² Prof. PhD, Faculty of Civil Engineering, University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, Republic of Macedonia, filipovski@gf.ukim.edu.mk

³ Assist. MSc, Faculty of Civil Engineering, University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, Republic of Macedonia, partikov@gf.ukim.edu.mk

1. ОПШТО

Улогата на класификацијата на попречно пресек е да се определи капацитетот на ротација на пресекот без редуција на носивоста. Преку дефинирањето на класата на пресекот, не само што се разликува видот на анализата на истиот, туку се дефинираат и посебни услови за носивоста. Во целост, према Еврокодovите, предвидени се четири класи на пресек:

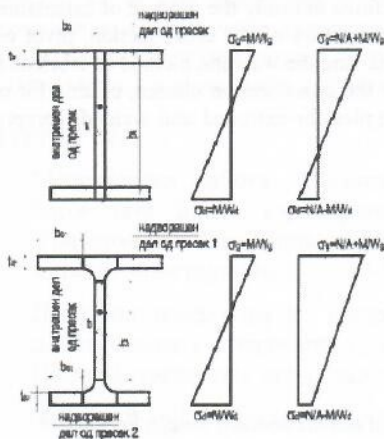
1. Класа 1 Овде спаѓаат оние попречни пресеци кои можат да формираат пластичен зглоб со ротационен капацитет потребен за пластична анализа без потреба од редуција.
2. Класа 2 Овде спаѓаат попречни пресеци кои можат да развијат пластична отпорност, но имаат ограничен ротационен капацитет поради локалното виткање
3. Класа 3 Овде спаѓаат попречни пресеци каде пресметаното напрегање во најпритиснатото влакно во алуминиумскиот пресек можат да ја достигнат максималната носивост, но поради локалното виткање не може да се развие целосен пластичен капацитет.
4. Класа 4 Овде спаѓаат попречни пресеци каде губење на локалната стабилност ќе се случи пред да се исцрпи носивоста во еден или повеќе делови од пресекот. Во овие пресеци преку ефективната дебелина се врши редуција на носивоста поради појавите од локалната стабилност.

Класификацијата на попречните пресеци зависи од односот ширина врз дебелина на притиснатите делови од пресекот. Во притиснатите делови од пресекот спаѓаат сите елементи кои имаат носив капацитет. Конструктивни елементи кои проеизлегуваат од потребите на деталите за конекција не влегуваат во носивиот дел на попречниот пресек. Различните притиснати делови од попречниот пресек (на пример појас и ребро), генерално, можат да припаѓаат во различна класа на пресек.

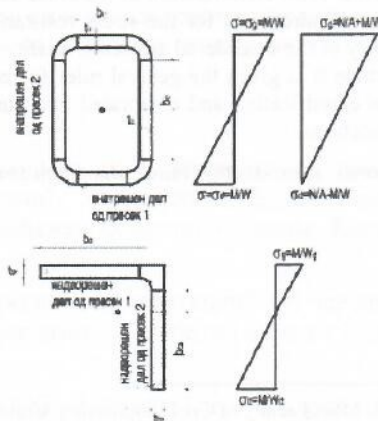
За тенкосидните пресеци се користат следните типови во процесот на класификација:

- рамни надворешни делови
- рамни внатрешни делови
- криви внатрешни делови

Истите можат да бидат зајакнати (по потреба) преку подолжни ребра за вкртување или подолжно ујлебување.

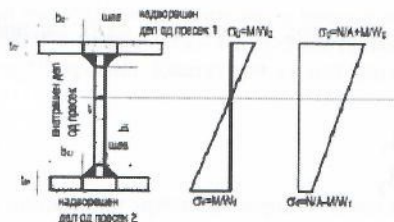


Сл. 1. Вид на попречен пресек - екструдирен



Сл. 2. Вид на попречен пресек - екструдирен

На сликите 1 и 2 дадени се видови на попречен пресек во зависност од нивното производство - екструдирани. На истите дадени се површините за пресметка на ефективните површини.



Слика 3. Вид на попречен пресек - заварен

На сликата 3 дадени даден е заварен попречен пресек, како и површините за пресметка на ефективните површини.

2. КРИТЕРИУМИ ЗА ПРЕСМЕТУВАЊЕ НА КЛАСА НА ПРЕСЕК

Класата на пресек се определува према зададените изрази, а во зависност од параметарот β кој претставува однос на ширината со дебелината на елементот од попречниот пресек.

$\beta = \eta \frac{b}{t}$ - параметар на односот на страните од елемент на попречниот пресек

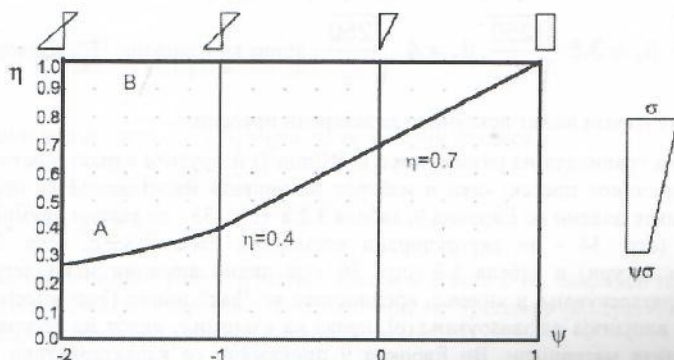
b - ширина на елементот [mm]

t - дебелина на елементот [mm]

η - фактор на градиентот на напрегања во пресекот, каде $\eta = 1.0$ за внатрешни рамни делови без пикови на напрегања (чист притисок), $\eta = 0.40$ за внатрешни рамни делови поради положбата на неутралната оска во тежиштето (чисто свиткување).

$$\eta = 0.70 + 0.30\psi \text{ за } 1 \geq \psi \geq -1, \psi = \frac{\sigma_g}{\sigma_d} \quad (1)$$

$$\eta = \frac{0.8}{1 - \psi} \text{ за } \psi < -1, \psi = \frac{\sigma_g}{\sigma_d} \quad (2)$$



Слика 4. Табела за вредности на η

На слика 4 даден е дијаграм за пресметка на η во зависност од градиентот на напрегања и кривите на извивање на материјалот од кој е составен пресекот. За внатрешни делови и површини се препорачува крива на извивање "А", додека за надворешните делови и површини се препорачува крива на извивање "Б".

За определување на класата на пресек, во зависност од β , дадени се следните изрази кои ги дефинираат класите:

- Класа 1 $\beta \leq \beta_1$
- Класа 2 $\beta_1 < \beta \leq \beta_2$
- Класа 3 $\beta_2 < \beta \leq \beta_3$
- Класа 4 $\beta_3 < \beta$

Коефициентите β_1 , β_2 и β_3 зависат од границата на развлекување на материјалот од кој е направен попречниот пресек (f_0 [N/mm²]), како и во која крива на извивање спаѓа истиот. Имаат различни вредности од тоа дали станува збор за надворешен дел од пресекот или внатрешен.

$$\beta_1 = 11 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}}, \beta_2 = 16 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}}, \beta_3 = 22 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}} \text{ - крива на извивање "А", внатрешни делови}$$

$$\beta_1 = 3 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}}, \beta_2 = 4.5 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}}, \beta_3 = 6 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}} \text{ - крива на извивање "А", надворешни делови}$$

$$\beta_1 = 13 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}}, \beta_2 = 16.5 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}}, \beta_3 = 18 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}} \text{ - крива на извивање "Б", внатрешни делови}$$

$$\beta_1 = 3.5 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}}, \beta_2 = 4.5 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}}, \beta_3 = 5 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}} \text{ - крива на извивање "Б", надворешни делови}$$

Горенаведените изрази важат исклучиво за незаварени пресеци (валани или екструдирани)

$$\beta_1 = 9 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}}, \beta_2 = 13 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}}, \beta_3 = 13 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}} \text{ - крива на извивање "А", внатрешни делови}$$

$$\beta_1 = 2.5 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}}, \beta_2 = 4 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}}, \beta_3 = 5 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}} \text{ - крива на извивање "А", надворешни делови}$$

$$\beta_1 = 10 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}}, \beta_2 = 13.5 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}}, \beta_3 = 15 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}} \text{ - крива на извивање "Б", внатрешни делови}$$

$$\beta_1 = 3 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}}, \beta_2 = 3.5 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}}, \beta_3 = 4 \cdot \sqrt{\frac{250}{f_0}} \text{ - крива на извивање "Б", надворешни делови}$$

Горенаведените изрази важат исклучиво за заварени пресеци.

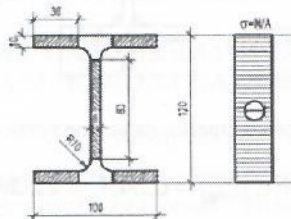
За вредноста на границата на разведување (f_0 [N/mm²]) и другите карактеристики на соодветна легура на попречниот пресек, како и изборот на кривата на извивање се препорачува да се користат табелите дадени во Еврокод 9, табела 3.2.a. (стр. 33 - за валани алуминиумски плочи), табела 3.2.b. (стр. 34 - за екструдирани елементи), табела 3.2.c. (стр. 35 - за ковани алуминиумски легури) и табела 3.3 (стр. 36 - за лиени алуминиумски легури). Дадени се границите на разведување и кинење, вредностите во "haz" зоната (heat affected zone - зона на температурни влијанија од заварувањето), крива на извивање, видот на легурата и дебелините на производените материјали. Во Еврокод 9 прикажани се карактеристики на 13 групи на легури, со 32 подгрупи кои произлегуваат од главните групи, а зависат од технологијата на изработка на материјалот.

3. НУМЕРИЧКИ ПРИМЕРИ

Во оваа точка се разработени два нумерички примери за пресметка на класа на пресек. Едниот е екструдирани елемент, а другиот е заварен. Разгледуваните примери се центрично притиснати елементи со попречен пресек "I" профил. Квалитетот на материјалот е преземан од Еврокод 9, табела 3.2.a и 3.2.b.

3.1. Нумерички пример 1

За надворешните делови од попречниот пресек се користи ознака "O" (out - надвор), додека за внатрешните делови се користи ознака "I" (in - внатре).



Слика 5. Попречен пресек на разгледуваниот елемент

ENAL6063-DT/T6, $f_o = 190\text{MPa}$, $f_u = 220\text{MPa}$ - карактеристики на материјалот

$A = 28.86\text{cm}^2$, $I_y = 692.95\text{cm}^4$, $I_z = 167.46\text{cm}^4$ - карактеристики на пресекот

$$\beta_o = 1.0 \cdot \frac{36}{10} = 3.6 \text{ - за надворешниот дел}$$

$$\beta_i = 1.0 \cdot \frac{80}{8} = 10 \text{ - за внатрешниот дел}$$

Од овие вредности се бираат изразите за β_1 и β_2 .

$$\beta_{o1} = 3 \cdot \sqrt{\frac{250}{190}} = 3.44, \beta_{o2} = 4.5 \cdot \sqrt{\frac{250}{190}} = 5.16 \text{ - за надворешниот дел}$$

$$\beta_{i1} = 11 \cdot \sqrt{\frac{250}{190}} = 12.62 \text{ - за внатрешниот дел}$$

Од ови пресметани вредности за β_1 и β_2 може да се заклучи следново

$$\left. \begin{array}{l} \beta_{o1} < \beta_o \leq \beta_{o2} \\ \beta_i < \beta_{i1} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} 3.44 < 3.6 \leq 5.16 \\ 10 < 12.62 \end{array} \right\} \text{Класа 2}$$

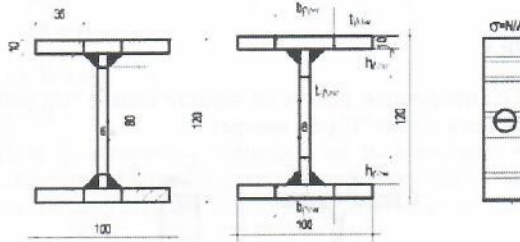
Овде може да се заклучи дека разгледуваниот пресек е Класа 2 на попречен пресек. Ваквиот вид на пресеци со константно напрегање по целиот пресек, претежно (во пракса) се во Класа 1, понекогаш и во 2, во зависно од начинот на производство.

Значи, при пресметка на класа на попречен пресек према препораките во Еврокод 9, за да може да се определи класата, мора да се знае дијаграмот на напрегања по целата висина на елементот. Во пракса тоа и не толку практично, особено при "рачниот" начин на пресметка.

Работите се поедноставуваат со користење на дијаграми и табlici за (приближно) претпоставени дијаграми на напрегања, а особено со современите софтвери за анализа.

3.2. Нумерички пример 2

За надворешните делови од попречниот пресек се користи ознака "O" (out - надвор), додека за внатрешните делови се користи ознака "I" (in - внатре).



Слика 6. Попречен пресек на разгледуваниот елемент

ENAL6063-DT/T6, $f_o = 190\text{MPa}$, $\rho_{\text{ohaz}} = 0.34$, $f_u = 220\text{MPa}$ - карак. на материјалот

$A = 28.0\text{cm}^2$, $I_y = 673.3\text{cm}^4$, $I_z = 167.1\text{cm}^4$ - карактеристики на пресекот

$$\beta_o = 1.0 \cdot \frac{36}{10} = 3.6 \text{ - за надворешниот дел}$$

$$\beta_i = 1.0 \cdot \frac{80}{8} = 10 \text{ - за внатрешниот дел}$$

Од овие вредности се бираат изразите за β_1 и β_2 .

$$\beta_{o1} = 2.5 \cdot \sqrt{\frac{250}{190}} = 2.87, \beta_{o2} = 4 \cdot \sqrt{\frac{250}{190}} = 4.58 \text{ - за надворешниот дел}$$

$$\beta_{i1} = 9 \cdot \sqrt{\frac{250}{190}} = 10.32 \text{ - за внатрешниот дел}$$

Од овие пресметани вредности за β_1 и β_2 може да се заклучи следново

$$\left. \begin{array}{l} \beta_{o1} < \beta_o \leq \beta_{o2} \\ \beta_i < \beta_{i1} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} 2.87 < 3.6 \leq 4.58 \\ 10 < 10.32 \end{array} \right\} \text{Класа 2}$$

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Eurocode 9: Design of aluminium structures, Part 1-1: General structural rules, EN 1999-1-1: 2004, CEN, December 2004, 31-40, 52-60, 168-169.
- [2] Гинтер Валтинг, Алуминиумот во градежништвото, 2009
- [3] Печатени предавања по предметот "Алуминиумски конструкции" кој се држи на додипломските студии при Градежниот факултет - Скопје, од авторот Проф. д-р Атанас Филиповски, дипл.град.инж.