

Horváth Lajos

## **Acélszerkezet hővel szembeni ellenállása**

Az új OTSZ faanyagú tartószerkezetek tűzhatásra történő tervezési kérdései mellett az egyik izgalmas feladat az acélszerkezetek méretezése. Vizsgáljuk meg milyen változást jelent az Eurocode szabványsorozat az acélszerkezetek méretezésében?

### **Tűzhatásra méretezés**

A 9/2008. (II. 22.) ÖTM rendelet kiadott Országos Tűzvédelmi Szabályzat 5. rész I/3. fejezet 6. pontja szerint az épületszerkezetek tűzállósági teljesítménye méretezési műszaki specifikációban (Eurocode szabványsorozat) található számítási módszer alkalmazásával is meghatározható. Ez a jogszabályi kitétel alapján az építészetben használt acél szerkezeti elemek statikai, tűzvédelmi méretezése teljesen új alapokra helyeződik. A megszokott tervezési módszer szerint a statikai méretezést követően az acélszerkezet tűzzel szembeni ellenállására a hatályon kívül helyezett a tűzvédelem és a polgári védelem műszaki követelményeinek megállapításáról szóló 2/2002 (I. 23.) BM rendelet 5. sz. mellékletének I/3. fejezete ad iránymutatást. A fejezet F 1.3. acélpillérekre vonatkozó függeléke a melegen hengerelt, 5 mm-nél nagyobb falvastagságú acélszerelvények tűzállósági határértékére 0,25 órát ad meg. Ezen túl a hidegen hengerelt, 5 mm-nél vékonyabb falvastagságú szerkezetek esetén 20 % -os tűzállósági határérték csökkenést is megállapít (0,2 óra). A tervezett acélszerkezet tűzvédelmi megfelelése ezen alapadatok alapján került eldöntésre, illetve meghatározásra a szerkezetvédelem szükségessége, milyensége. Ez a magyarázat nélküli egyszerűsítés teljes egészében figyelmen kívül hagyta az acélszerkezet terhelését, az őt ért tűzterhelés mértékét, és az ebből adódó felmelegedés nagyságát, pedig a szerkezet tűzzel szembeni ellenállását, illetve a szerkezet „jóságát” pont ezek az a fizikai tényezők határozzák meg.

Az Eurocode szerinti statikai tervezés az erőtani méretezésen túl, leképzi a szerkezet egyéb, így a tűz hatásaiból is adódó igénybevételt, és ezek közös vizsgálatát követően mondja ki a szerkezet megfelelését. Ez a módszer lehetőséget ad az acélszerkezetek szélesebb körben – akár védelem nélkül – történő alkalmazására, kihasználva az anyag kedvező fizikai tulajdonságait. Ezzel egyidejűleg megnöveli a tervezői felelősséget a helyes alapadatok meghatározásánál, mi alapján a szerkezet méretezése történik.

### **A termikus reagálás**

A szerkezeti acélok tűzben történő viselkedésénél egyetlen fizikai jellemzőt kell szem előtt tartani: a szerkezet mindenkor hőmérsékletét. A szerkezet hőmérséklete meghatározza a mindenkor hőtágulás mértékét, mely semmilyen körülmények között sem elhanyagolható, illetve az acél szilárdsági mutatóit.

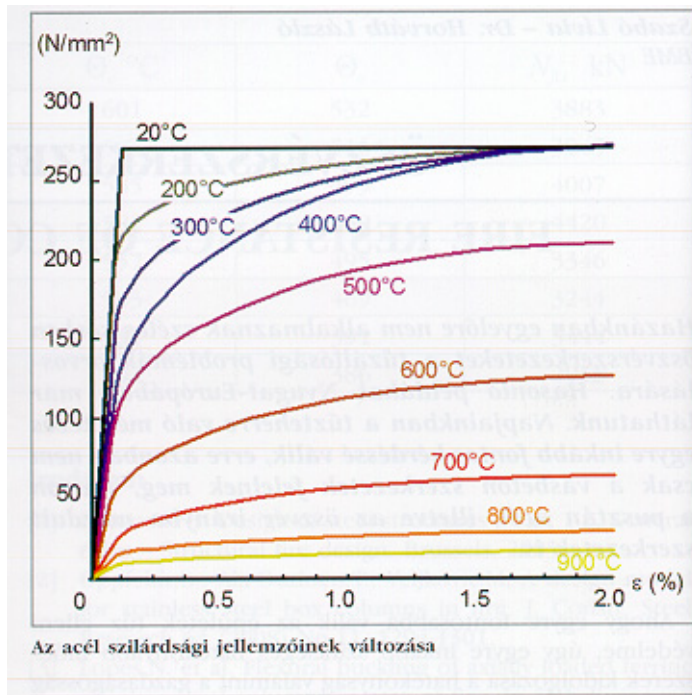
Ez a termikus reagálás az alapja a tervezési modelleknek, melyek három lépcsőben vizsgálják az acél-szerkezetek megfelelésségét:

- A kritikus acélhőmérséklet – amely a tönkremenetelt okozza – meghatározása során figyelembe vételre kerül az aktuális terhelés és a hőmérséklet függő teherbíró képesség.

- A termikus reagálás vizsgálatából a szerkezeten belüli hőmérséklet eloszlás meghatározásra kerül.
- Az első két pont kombinációja meghatározza az acélemek tűzállóságát.

### Milyen változások zajlanak az acélban?

Ahhoz, hogy el tudjuk fogadni azt az elvet, hogy hőterhelésnek kitett acélszerkezet meghatározható teherbírással rendelkezik fontos, hogy ismerjük az acélban a hőmérséklet növekedés okozta változásokat, valamint a tervezés és a lehetőségek határait.



### Az acél szilárdsági jellemzőinek változása

A vas (Fe, ferrum) elemi állapotban szürkésfehér, szívós, jól alakítható fém. A földkéreg 4,8% vasat tartalmaz különböző vegyületek alakjában. Az elemek közül ennél több csak oxigénből, szilíciumból és alumíniumból van.

Az elemi vas  $1538\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on olvad. A vasnak három kristályos módosulata van. Az olvadt vas hűlés közben szabályos térben középpontos kockarácsú kristályokká dermed ( $\delta$ -vas), további hűlés során a *kristályszerkezet*  $1394\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérsékleten felületen középpontos rácsúvá ( $\gamma$ -vas) alakul át. Ismételt átalakulással  $912\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérsékleten a kristályok térben középpontos kockarácsúak ( $\alpha$ -vas) lesznek, mely módosulatot szobahőmérsékleten is megtartanak. Általánosságban elmondható, hogy a felületen középpontos kockarácsú kristályszerkezetes fémek, a sok lehetséges „elcsúszási-siklási” síknak köszönhetően (pl.: alumínium) viszonylag képlékenyek. Ennek köszönhetően a vas megalakítási eljárásai is ebben a  $\gamma$ -vas állapotban történnek, mivel a  $\gamma$ -vas állapotú acél mindennemű terhelésre maradandó alakváltozással reagál. Az elemi vasra vonatkozó átalakulási hőmérsékleteket az ötvöző anyagok jelentős mértékben befolyásolják.

A vas a természetben nem fordul elő színes fém formájában (legfeljebb a meteoritvas ilyen), ezért azt érceiből, tűzi kohászati eljárással kell előállítani. A vas tűzi kohászata során a vasércből – amely főleg vasoxidos vegyületek keveréke – az oxigént redukálással távolítják

el. A redukálást szén segítségével végzik, minek eredményeként a nyersvasba jelentős mennyiségű szén kerül oldott állapotban. A nyersvas különböző szennyezőanyagokat (kén, foszfor, stb.) is tartalmaz, melyek általában nem teszik lehetővé a nyersvas ipari célú közvetlen felhasználását.

Az acél a vas legfeljebb 2,11 % szénrel alkotott ötvözete, de ötvözőelemként számos más elem is szóba jön (szilícium, mangán, króm, nikkel, molibdén, vanádium, volfrám stb.), melyekkel széles skálán lehet változtatni a végtermék tulajdonságait. Az acélgártás során a szennyezőanyagokat, illetve a felesleges szenet a nyersvasból kiégetik, továbbá szükség szerint ötvözőket adagolnak az acélhoz. Az építőiparban olcsó, könnyen előállítható szerkezeti acélokat alkalmaznak, melyek széntartalma gyártmányokként 0,08-015 % között változik, alacsony egyéb ötvöző-anyag tartalommal társultan.



*Prága tűzteszt – A könnyített acélgerendák meghajoltak*

## Hűlés és rácsszerkezet

Az elemi vas szobahőmérsékleten oldott állapotában a kristályrácsban kis mennyiségű szenet képes megtartani, így az acélban még oldott állapotú szén a hűlés során – alapesetben –  $\text{Fe}_3\text{C}$  (vaskarbid) fémes vegyület formájában kiválik a szilárd oldatból. Ez a kiválás a ferrit szemcsehatárokon történik. Az így létrejövő szövetszerkezet alapvető hatással bír az acél szilárdságára, szívósságára, képlékenységére, keménységére. (Az acél szövetében megjelenő fázisok és szövetelemek – ásványtani mintára – neveket is kaptak. A vas legfontosabb ötvözőelemével, a szénrel alkotott egyensúlyi diagramja a **vas-szén állapotábra** (*vas-karbon diagram*). A diagramban az átalakulásra jellemző vonalak láthatók, és a jellemző hőmérsékleteket és kémiai összetételeket lehet róla leolvasni.)

A hűlés során a szerkezeti acéloknál 727 °C-on kialakul a térközepes köbös rácsszerkezet, ezzel megszűnik a lapközepes kristályrácsból következő képlékenység. Ebből adódóan kimondható, hogy az acél, illetve acélszerkezeteket ezen hőmérsékletre történő igénybevételre tervezni nem szabad. A  $\gamma$ - $\alpha$ -vas átalakulás során kivált, finom eloszlású vas-karbid biztosítja az acél azon tulajdonságát, hogy terhelésre kis mértékű, számítható rugalmas alakváltozással reagál, amely terhelési határokon belül maradó alakváltozást a szerkezetben a terhelés megszűnését követően nem okoz. Alacsonyabb hőmérsékleten folyamatosan csökken a képlékenységre történő hajlam, egyre nagyobb lesz a rugalmassági, (ami a terhelésből adódó nem maradandó alakváltozást jelent) határ és szakítószilárdság, így nő a teherviselő képesség.

## **A szilárdság változása**

Ha megvizsgáljuk az acél szilárdsági jellemzőinek változását (lásd ábra) a hőmérséklet függvényében, láthatjuk, hogy 600 °C –on az általános szerkezeti acél már rendelkezik használható rugalmassággal (a diagram kezdeti lineáris szakasza), illetve teherbíró képessége már több mint harmada a szobahőmérsékleten igénybe vett acélnak. Ez a folyamat a hőmérséklet csökkenésével gyorsul, ami lehetővé teszi, hogy egy 500 °C –os igénybevételre számított acélszerkezet megengedett maximális húzófeszültségnek (természetesen ebben az esetben még a biztonsági tényezők beépítésre nem kerültek) 100 N/mm<sup>2</sup> értéket határozzunk meg maradó alakváltozás bekövetkezése nélkül.

Összességében elmondható, hogy az Eurocode bevezetésével, elterjedésével a magyar statikus tervező társadalom egy olyan új eszköz birtokába jutott, mellyel jobban kihasználhatók, jelen esetben az acélok tulajdonságaiból adódó lehetőségek. A lehetőségek kihasználása a tűzbiztonság sérülése nélkül megvalósítható, de ezzel párhuzamosan megnő a tervezői felelősség, a tervezői kockázat.

Horváth Lajos t. alez., főosztályvezető-h

Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, Budapest