

Vékonyfalú zártszelvényű Idomacélból készült hegesztett csomópont vizsgálata fotoelasztikus optikai rétegbevonatos eljárással

Kóku Attila*

A mérnöki gyakorlatban egy-egy hegesztett csomópont kialakítása mindig kompromisszumos döntések eredménye. A konstrukció kidolgozásánál éppoly fontos a szilárdsági viszonyok ismerete, mint a gyárthatóság, gazdaságossági és funkcionális paraméterek figyelembevétele. Mindezek miatt célszerű egy olyan gyors és olcsó vizsgálat bemutatása, mely alkalmas többek között a hegesztett csomópontok felszíni nyúlásviszonyainak, és így feszültségviszonyainak a tisztázására is.

A felszíni nyúlások ismeretében a csomópont szilárdsági paraméterei nagy biztonsággal megállapíthatók, melyek mind a konstrukciók kialakításánál, mind pedig annak módosításánál mint alapinformációk használhatók.

A fotoelasztikus rétegbevonatos mérési technika Magyarországon az ismeretlenebb eljárások sorába tartozik, amit a témakörrel foglalkozó hazai cikkek alacsonyabb száma is mutat.

Jelen dolgozatban ezen eljárás egy járműiparhoz kapcsolódó alkalmazását mutatom be. Teszem ezt azért is, mert a hazai járműépítési gyakorlaton belül elképzelhető, hogy lesznek olyan kritikus problémák, amelyeknek tisztázásához felmerülhet ennek a módszernek az alkalmazása.

Előzmények

Mint tervezőnek számos esetben szembe kellett néznie azzal a problémával, hogy a járműszerkezetek vékonyfalú zártszelvényű csomópontjai milyen módon legyenek kialakítva, illetve az alkalmazott szelvények hegesztett kötése hogyan és milyen mértékben befolyásolja a csomópont szilárdsági paramétereit.

A kérdéskörre vonatkozóan a hazai szabványok nem igazán igazítják el a gyakorló mérnököt az ilyen csomópontok biztonsági, gazdaságossági és megbízhatósági szempontjainak figyelembevételével történő szilárdsági ellenőrzésére, illetve kialakítására.

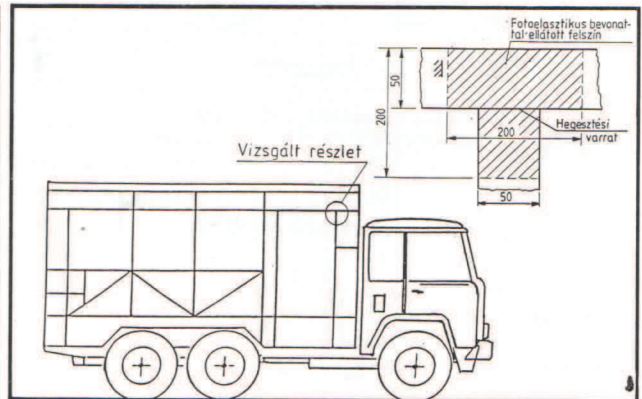
A vonatkozó szabványok szerinti ellenőrző számítások a hegesztett csomópont csak egy bizonyos területére vonatkozathatók, és a törvényesen alkalmazandó absztrakció mértéke és módja is nehezen becsülhető. Az ún. szinguláris helyek vizsgálata a szabvány szerinti metodikában nem lehetséges és a hegesztésből adódó járulékos hatások még inkább csökkentik a tényleges igénybevételek helyének és mértékének becsülhetőségét. A technológiai, valamint a járulékos megmunkálásból adódó hibák csak igen nagy közelítéssel vehetők figyelembe.

Ennek a ténynek felismerése tette szükségessé valamely olyan mérési eljárást alkalmazásának a keresését, amely a mérnöki gyakorlat keretei között is gyorsan, és viszonylag egyszerű eszközökkel megbízható eredményeket szolgáltat. Mindezek alapján esett a választás a fotoelasztikus rétegbevonatos mérési eljárás használatára.

Mint kiinduló vizsgálatra, a járműépítési gyakorlatban szinte általánosan alkalmazott ún. vékonyfalú zártszelvényű derékszögcsomópontra esett a választás. A vizsgálat tárgyát képező csomópont kialakítását az 1. ábra mutatja, melynek főbb jellemzői a következők:

- csatlakozó szelvények mérete: MSZ 7329-73 szerinti 50/30x2 méretű, hidegen hajlított, zártszelvényű, téglalap alakú idomacél,
- csatlakozó szelvények anyagminősége: MSZ 500 szerinti A38,
- alkalmazott hegesztési eljárás: fogyóelektródás, CO₂ védőgáz,
- alkalmazott elektródahuzal: Ø 0,8 SG-2.

A csomópontokra vonatkozó szabványok szerint számított, valamint mért feszültségviszonyok elemzésével olyan általánosítható következtetések és javaslatok is levonhatók voltak, melyek úgy érzem, segítséget adhatnak a kérdéskör gyakorlati kezeléséhez.



1 ábra: A vizsgált csomópont környezete és elhelyezkedése a járművázszerkezeten

A mérési technika

Az eljárás részletes ismertetését a dolgozat terjedelmi keretei sajnos nem teszik lehetővé, ezért most csak néhány, a kapott eredmények értékeléséhez elengedhetetlenül szükséges kivonatos ismertetésére célszerű szorítkozni.

Az optikai feszültségvizsgálat elmélete arra a felismerésre épül, hogy az optikailag átlátszó izotróp homogén anyagok terhelés hatására kettőtörővé válnak, törésmutatójuk megváltozik. A rétegbevonatos technika, mint ahogy azt a neve is mutatja, egy, a már előzőekben említett opto-mechanikai tulajdonságokkal rendelkező bevonatot ragasztunk a vizsgált szerkezeti elem felszínére, és így az a vizsgált alkatrész, illetve felület terhelés hatására bekövetkező alakváltozásait átveszi. A kialakult kettőtörés mértéke reflexiós polarizskóp segítségével megfigyelhető, illetve mérhető.

Amikor a bevonattal ellátott terhelte szerkezetet a készülék síkban polarizált fehér fényével vizsgáljuk, fekete és színes sávminiták láthatók, melyek feltárják a felszíni deformációk eloszlását.

A fekete sávok, vagy izoklin sávok azoknak a pontoknak a helyei, ahol a főfeszültségeknek iránya állandó. Az eljárással az analizálandó felület minden egyes pontjára meghatározható a főfeszültségek iránya.

A készülék körkörösén polarizált fényével vizsgálva a felületet az izoklin vonalak eltűnnek és csupán színes sávok, az ún. izokromátá vonalak láthatók. Az izokromátá sávok azoknak a pontoknak a helyeit jelölik, ahol a főfeszültségek különbsége konstans. Az izokromáták az átlépési színek számával az ún. rendszámmal jellemezhetők.

Itt érdemes megjegyezni, hogy amennyiben egy adott konstrukció fejlesztésének közbenső szakaszában tartunk, többnyire elégséges az izokromátá eloszlás minőségi értékelése. Az izokromáták alapján ugyanis minden számszerűsítés mellőzése mellett egyértelműen megállapítható egy-egy terület teherviselés szempontjából homogén vagy inhomogén volta. Egyértelműen kijelölhetők a feszültségcsúcok helyei. Ezek alapján a szükséges konstrukciós javítások elvégezhetők, és az így kialakított újabb változat ismételt vizsgálatnak vethető alá.

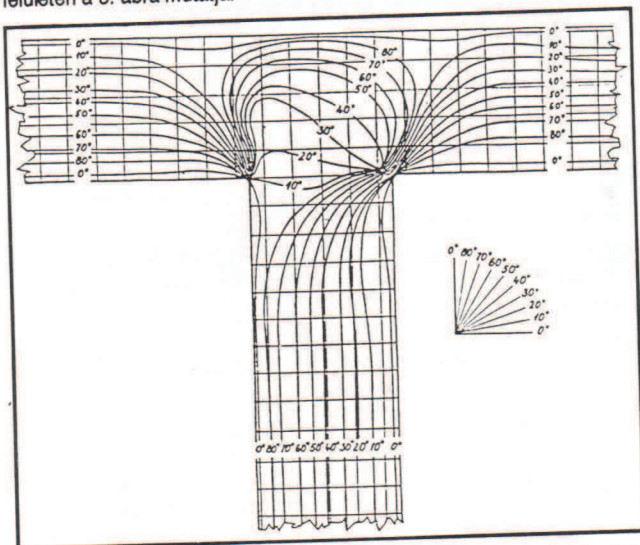
Az eljárás természetesen kvantitatív eredmények meghatározását is lehetővé teszi, az alkalmazható eljárások, illetve módszerek megismerésében a vonatkozó irodalmak nyújtanak segítséget [1], [2], [3], [4].

Vizsgálati eredmények

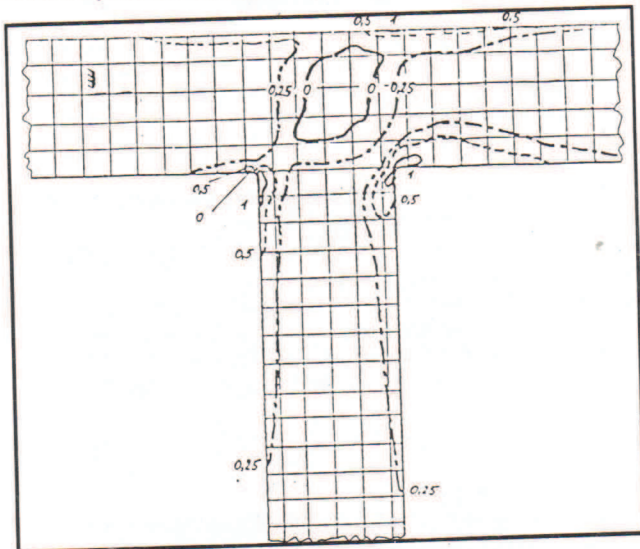
Az 1. ábrán bemutatott hegesztett csomópont vizsgálatánál az alkalmazott rúderőket és igénybevételeket egy meglévő járművázszerkezeten végzett nyúlásmérő-bélyeges mérés adatai szolgáltatották.

* Tornádó International Kft., Szeged

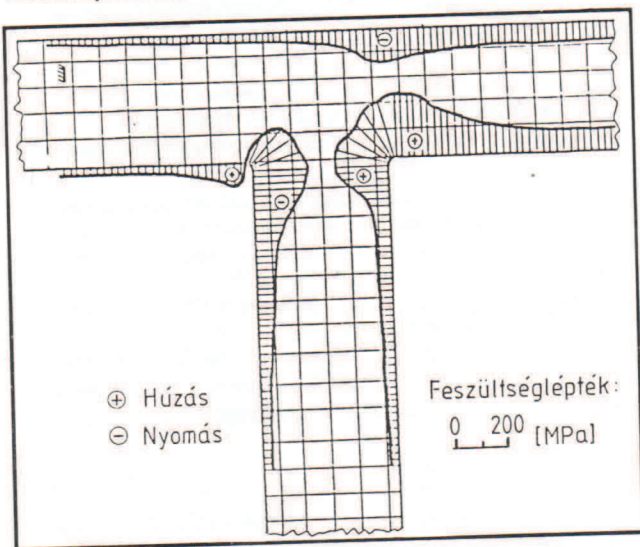
A rétegbevonatos méréssel végzett izoklin elemzés alapján 10°-ként felvett izoklineket a 2. ábra, míg az izokromáták síkbeli eloszlását a vizsgált felületen a 3. ábra mutatja.



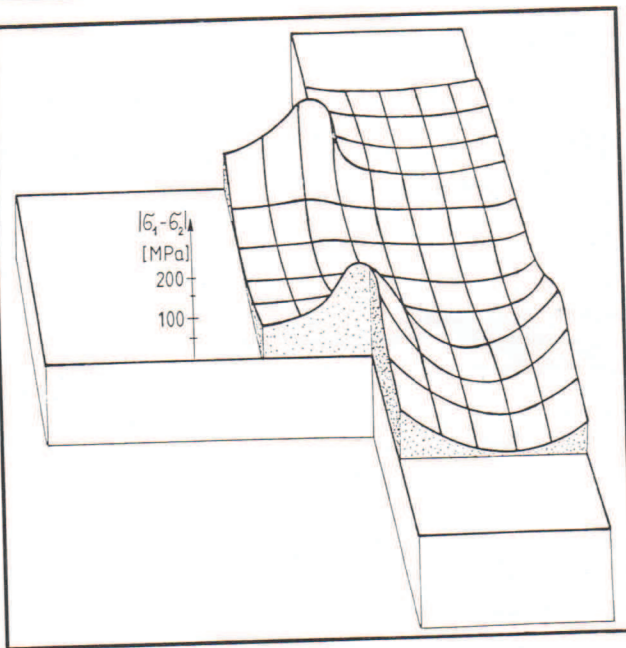
2. ábra: Nyúlási (feszültségi) főirányok helyzetét mutató izoklin eloszlás



3. ábra: Nyúláseloszlást mutató összerajzolt rendszer (izokromátá) ábra



4. ábra: Kapcsolódó rudak élei mentén kiértékelt feszültségeloszlás



5. ábra: Főfeszültség-különbség abszolút értékét bemutató térbeli diagram

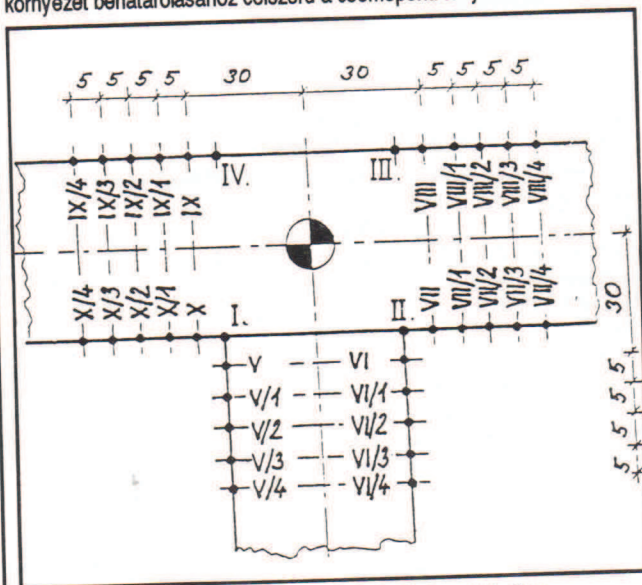
Megjegyzendő, hogy az izokromátá eloszlások tulajdonképpen feszültségeloszlást jellemeznek, azaz az éleken az érintőleges, míg a belső felületeken a $\sigma_1 - \sigma_2$ feszültségérték abszolút értékeivel arányosak.

Az éle menti feszültségek izokromátákból számítható abszolút értékeit a 4. ábra, míg a főfeszültség különbségek térbeli eloszlását az 5. ábra szemlélteti.

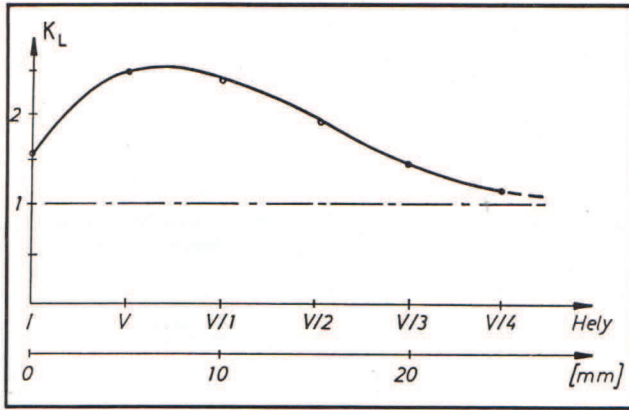
A szóbanforgó csomópont 6. ábrán jelölt jellemző helyein a feszültségek a vonatkozó szabványok szerinti számításával és méréssel is meghatározásra kerültek, így lehetőség nyílt azok összehasonlítására. Az összehasonlítás célszerűen a K_L ún. csomóponti tényező bevezetésével végezhető el, amely a mért és a számított feszültség hányadosa. (A jelölésben „L” a tényező helyi, lokális voltára utaló index.)

$$K_L = \frac{\sigma_{\text{mért}}}{\sigma_{\text{szám}}} \quad (1)$$

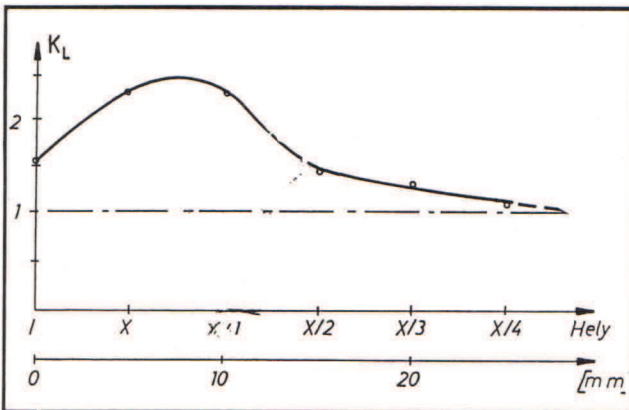
A méréssel meghatározott éle menti feszültségeloszlás (4. ábra) egyértelműen mutatja, hogy a csomópont környezetében a feszültségek ugrásszerűen nőnek, és legnagyobb értéküket a keresztmetszet változási helyek környezetében veszik fel. A feszültségeloszlás szempontjából zavart környezet behatárolásához célszerű a csomóponti tényezőket a 6. ábrán



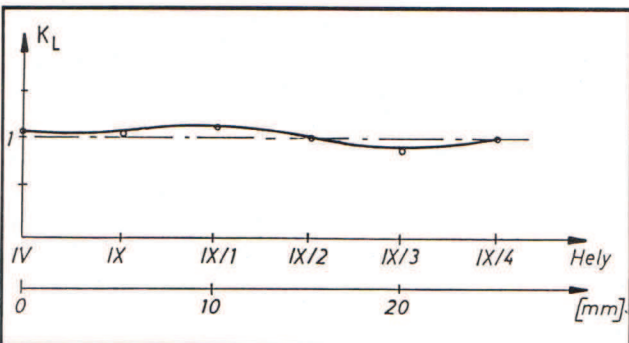
6. ábra: Vizsgált éle menti helyeket mutató ábra



7. ábra: Csomóponti tényező változása az I-V/4 él mentén



8. ábra: Csomóponti tényező változása az I-X/4 él mentén



9. ábra: Csomóponti tényező változása a IV-IX/4 él mentén

bemutatott jellemző élmenti helyek függvényében ábrázolni, melyekből néhányat a 7., 8., és 9. ábrák szemléltetnek.

Az ábrák alapján megállapítható, hogy a zavart környezet kiterjedése, illetve mértéke az élszakaszok elhelyezkedésének függvényében változik. A hegesztési varratokból kiinduló éleken a zavart környezet hosszabb, a csomóponti tényező maximális értéke nagyobb. A csomóponti tényező értékei jól mutatják, hogy a legnagyobb feszültségi tényezők nem a varratban, hanem az ún. átmeneti zónákban lépnek fel.

Azokon az éleken, ahol hegesztési varrat nem található, a tényező értéke 1 körül, azaz a mért feszültséget a vonatkozó szabvány alapján számított értékektől alig térnek el.

Az elemi szilárdságtanon alapuló számítással nem elemezhető felületen (a 6. ábra alapján az I; II; III és IV által határolt terület) a 0-ad rendű izokromátával határolt részen $\sigma_1 - \sigma_2 = 0$ (3. ábra), vagyis az a teherviselés szempontjából a vizsgált esetben indifferensnek tekinthető.

Következtetések

A vizsgálatok eredményeit is figyelembevéve célszerűnek látszik tehát egy olyan egyszerűen elvégezhető számítás metodikájának rögzítése,

melynek segítségével a kritikus csomópontok előzetes ellenőrzése, illetve az esetleges későbbi konstrukciós átalakítás szükségessége már a tervezéskor behatárolható.

A vizsgált csomópontokhoz hasonló esetek előzetes számításához célszerű a vonatkozó szabványban is [5] rögzített eljárások használata. Ennek megfelelően a mérések eredményei alapján az alábbi figyelembevétele javasolható:

- A csomópont, illetve a csomópont környéki feszültségeket a (2) képlettel célszerű meghatározni:

$$\sigma_{sz} = K_L \cdot \sigma_{red} \tag{2}$$

ahol σ_{red} az [5] alapján számított feszültség és K_L a csomóponti tényező, értéke: $> 2,5$

- Csomóponti környezet alatt az elméleti csomóponttól a (3) összefüggés alapján meghatározható távolságra lévő keresztmetszeteket értjük:

$$e = 2 \cdot z \tag{3}$$

ahol z a csomópontba befutó tartóelemek mértékadó szelvénymérete.

Megjegyzendő, hogy a fenti számítási metodika az egyes csomópontokra csak közelítő eredmények képzését teszi lehetővé. Abban az esetben, ha a csomópont kritikus helyen fekszik, illetve ha a számítás eredményeként adódó feszültségértékek valamelyike az [5] szabványban rögzített aktuális feszültséget meghaladja, mindenképpen indokolt valamely mérési eljárás alkalmazása.

Mérési eljárásaként javasolható a felületi rétegbevonási technika, mely a további beavatkozáshoz szükséges információkat, akár valós körülmények között is, viszonylag egyszerűen és alacsony költség szinten nyújtja.

933 093 125

Irodalom

[1] Thamm F.-Ludvig Gy.-Huszár I.-Szántó I.: Szilárdságtan kísérleti módszerei. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1968.
 [2] Borbás L.: Felzíni rétegbevonatos optikai feszültségvizsgálat elméletének alapjai és kiértékelési lehetősége. Budapesti Műszaki Egyetem Közlekedésmérnöki Kar Gépelemek Tanszék Közleményei, 1984. 37. sz.
 [3] Zandman F.-Redner S.-Dally J. W.: Photoelastic Coatings. SESA, First edition 1977.
 [4] Schöpl H. J.-Kizler W.: Die Bohrlochmethode zur Trennung der Hauptdehnungen beim spannung-optischen Oberflächenschichtverfahren. Measurements Group Bulletin, 1987.
 [5] Építmények acélszerkezeteinek erőtani tervezése. MSZ 15024/1-85.

Mitutoyo

hivatalos szervize

hivatalos kereskedője

*Szeretettel várjuk
bemutatótermünkbe.*

TESTOR

H-1584 Budapest, Pf.: 528
 H-1124 XII., Törpe u. 8.
 Tel.: 361 155-9886
 Fax: 361 155-2618