

5. Sínillesztések, sínhegesztések

5.1. A sínillesztések feladata

A sínillesztések feladata, hogy a sínszálak *folytonosságát* függőleges és vízszintes lépcső, illetve iránytörés nélkül biztosítsák, és tegyék lehetővé a jármű kerekeinek akadálymentes átgördülését a két sínszál között, továbbá a sínszál folyamatos teherbírását. A hevederes és dilatációs sínillesztéseknél illesztéseknél további feladat a sínvégek megfelelő mértékű *mozgásának* lehetővé tétele is.

Erre azért van szükség, mert a vasúti vágány folytonos, elméletileg végtelen hosszú sínszálakból kell, hogy álljon, ugyanakkor a sínszálak gyártási hosszának – mint azt a *2. fejezetben* láttuk – a technológia és a szállítási lehetőségek szabnak határt. Tehát a pályaszerkezet „végtelenítéséhez” szükség van a sínek illesztésére.

A sínillesztések problémaköre azért érdemel nagy figyelmet, mivel a hőmérsékletváltozás hatására a sín acélanyaga változtatja a hosszát. Hazai viszonyok között a sín anyagának szélső hőmérsékleti értékeire -30 °C -t és $+60\text{ °C}$ -t vehetünk figyelembe. Tehát a 90 °C értékű hőmérsékleti tartományban – a sín $\alpha=11,5\cdot 10^{-6}$ lineáris hőtágulási tényezőjének figyelembevételével – a MÁV-nál alkalmazott 24 m hosszú 48 rendszerű sín 25 mm hosszváltozáson esik át. Tehát abban az esetben, ha a nyári időszakban a sín maximális hőmérsékleti értékénél a sínben feszültség nincs és a szomszédos sínek az illesztésnél pontosan összeérnek, a téli időszakban a minimális hőmérsékletnél 25 mm hézag keletkezik. Ez a hézag már nem kedvező a járművek kerekeinek áthaladásához.

A sínillesztések történhetnek többféle módon:

- hevederkötéssel (hagyományos vágányok esetében)
- hegesztéssel (hézag nélküli vágányok esetében)
- dilatációs készülékkel (speciális esetekben, pl. hidakon, egyes vasutaknál a hézag nélküli pálya bizonyos pontjain, hézag nélküli és hagyományos pályák csatlakoztatásánál)

5.2. A hevederkötések

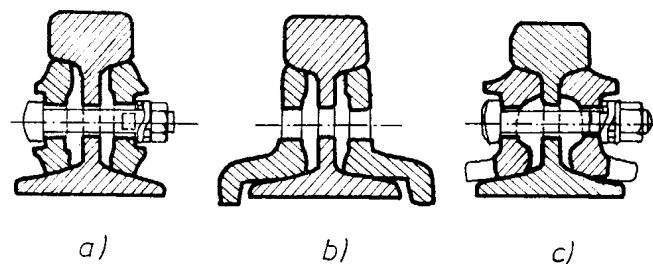
5.2.1. A hevederkötések jellemzői

A sínillesztések legrégebbi módja a hevederkötés. Ebben az esetben a sín *hevederkamrájába* (*2.1. fejezet*) kétoldalt illeszkedő hevedereket hevedercsavarokkal fogják össze. A hevederek vállai beleillenek a sínszelvény hevederkamrájába, ahol is a sínfej és a sántalp közé beékelődve biztosítják a megfelelő kapcsolatot.

Mivel a hevederes illesztéseknek lehetővé kell tenni a sínek dilatációját is, így a kapcsolat nem lehet olyan szoros, mint amit az erőátadás megkíván. További probléma, hogy a hevederek inercianyomatéka sem éri el a sínszelvény inercianyomatékát, annak csak 40-60 %-a lehet, így az illesztések kényes és karbantartás igényes pontjai a vágánynak. Az illesztések környezetében az igénybevételek csökkentése végett aljsűrítés szükséges.

A hevederek alakja többféle lehet, mint ahogy az **5-1. ábrán** látható. Így tehát megkülönböztethetünk:

- lapos hevedert (**5-1. a.) ábra**)
- szöghevedert (**5-1. b.) ábra**)
- csont alakú szöghevedert (**5-1. c.) ábra**)



5-1. ábra: A hevederek típusai

A *szögheveder* alakjából kifolyólag a merevsége mind függőleges, mind oldalirányú értelemben történő hajlítás esetén nagyobb. A hevederek vállai pontosan beilleszkednek a hevederkamrába, ahol a talp és a sínfej első részére támaszkodnak, illetve ékelődnek be, miután a hevedercsavarokkal összeszorítottuk őket. A hevederek kopásának, lazulásának és fáradásának egyik oka lehet az illeszkedés tökéletlensége, vagyis amikor a hengerelt sín és a hevederszelvények mérete nem pontosan egyezik. Ilyenkor a heveder nem felületek, hanem élként támaszkodik, ez túligénybevételeket okozhat. Ezt a hátrányt az **5-1. c.) ábrán** látható *csont alakú szöghevederrel* igyekeznek kiküszöbölni, ez esetben figyelembe veszik a modernbb sínszelvények alakját, így nem sín felületen, hanem hengerfelületen fekszenek a sín hevederkamrájába, így jobb beékelődést biztosítanak.

A hevederes sínillesztéseknek a vasút története folyamán 3 fő elhelyezése alakult ki. Mindegyik abból adódik, hogy a hevedereknek a síneknél kisebb inercianyomatéka miatti teherbírás-csökkenést ellensúlyozni kell.

a.) Szilárd sínillesztés

A vasutak őskorában az illesztéseket aljakkal támasztották alá, ez volt a *szilárd illesztés*. Ez a megoldás azonban túl merevnek bizonyult. A kerekek ütései miatt az illesztési alj alatti ágyazati gerenda gyorsan fellazult, így süppedések keletkeztek, melyeket csak gyakori pályafenntartással lehetett megakadályozni. Ma már nem alkalmazzák.

b.) Lengő sínillesztés

A szilárd illesztés hátrányai miatt tértek át a *lengő illesztésre*. A sínhézag ebben az esetben egy aljköz közepére esik, a heveder hossza átfogja a két szomszédos sínlekötést. Az illesztési aljtávolság a folyópályán alkalmazott k aljtávolságnál kisebb (kb. $0,7 k$). Az áthidalandó távolság azonban még így is elég nagy, így az erősebb szögheveder alkalmazandó, hat hevedercsavarral.

A lengő illesztések előnye a megfelelő rugalmasság, hátránya azonban, hogy a nagy aljtávolság miatt, ha a hevederek kilazulnak, *sínvégelverődés* keletkezik, a sín végei lehajlanak és szétlapulnak, mivel a kilazult heveder a sínvégeket nem tudja megfelelően összetartani. Amennyiben a sínvégek elverődtek, a járműkerék áthaladása komoly dinamikus többletterhelést okoz az illesztésnél. Jelenleg hazánkban betonaljak esetében alkalmazzák, mivel ott nem vált be c.) pontban említendő ikeraljas sínillesztés.

c.) Ikeraljas sínillesztés

A lengő illesztésben a hevederekre ható nagy igénybevétel csökkentése végett az aljakat – a vízvezetés miatti 20 mm-es hézag biztosításával – közvetlen egymás mellé helyezték. Így alakult ki az *ikeraljas sínillesztés*. Mivel a hevederre jutó hajlítófeszültség a kis áthidalási távolság miatt lecsökken, a kis inercianyomatékú 4 lyukú lapos hevederek is alkalmazhatók.

Előnyös tulajdonsága ennek az illesztési megoldásnak, hogy alkalmazható átmenő, hídszerű alátétlemez (az ikeraljas sínillesztés két alján közös alátétlemez van), ez erősen csökkenti a lépcsőképződést a sínvégeknél. Az ikeraljas sínillesztés hátrányai főleg betonaljas sínillesztésnél mutatkoznak. A betonalj egyrészt nem eléggé rugalmas, így a két betonalj egymás mellett túl merev tömeget képez, nem tud rugalmasan kitérni. Másrészt a nagyobb tömegű és trapéz keresztmetszetű betonaljakat nem lehet megfelelően aláverní (hiszen az illesztés felőli oldalon a 20 mm-es hézag miatt ez lehetetlen), ugyanakkor a trapéz keresztmetszet miatt az aljak egymáshoz sem tudnak támaszkodni. E hatások miatt az ikeraljas vasbetonaljak befelé

hajolnak, nem tudják többé biztosítani a megfelelő alátámasztást. Hazánkban faaljas vágányoknál alkalmazzák, mert faalj esetére legjobbnak ezen illesztési mód bizonyult.

A sínillesztéseknek általában is hátrányuk a nagy fenntartási igény, mert a sínvégek deformálódásának hatására a járműkerek nagy dinamikus hatásnak teszik ki az illesztést és környezetét, az aljak kilazulnak, és a vágány megfelelő állapota csak gyakori fenntartási munkával biztosítható.

A sínillesztéseknél megengedett maximális hézag – a járműkerék okozta dinamikus hatások miatt – 20 mm, ezért a hevederben és a sínben található furatok úgy vannak kialakítva, hogy a sín dilatációja miatti hosszváltozáskor az illesztési hézag ne nyíljon 20 mm-nél nagyobbra.

Összefoglalásul megállapítható, hogy az ikeraljas sínillesztés a sínvégelverődés szempontjából kedvezőbb, azonban ezt csak a megfelelő rugalmassággal bíró faaljaknál alkalmazhatjuk, a merevebb beton-aljaknál lengő illesztést alkalmaznak.

5.2.2. A hevederkötések típusai

a.) 48-as rendszerű faaljas vágány ikeraljas sínillesztése

A hazánkban alkalmazott ikeraljas sínillesztést mutatja az **5-2. ábra**. Az alátétlemezt átmenő, tehát a sínillesztés mindkét aljára felfekszik. A sínvégek alatt egy 12×12 cm-es kivágás biztosítja a sínvégek rugalmas lehajlásának lehetőségét.

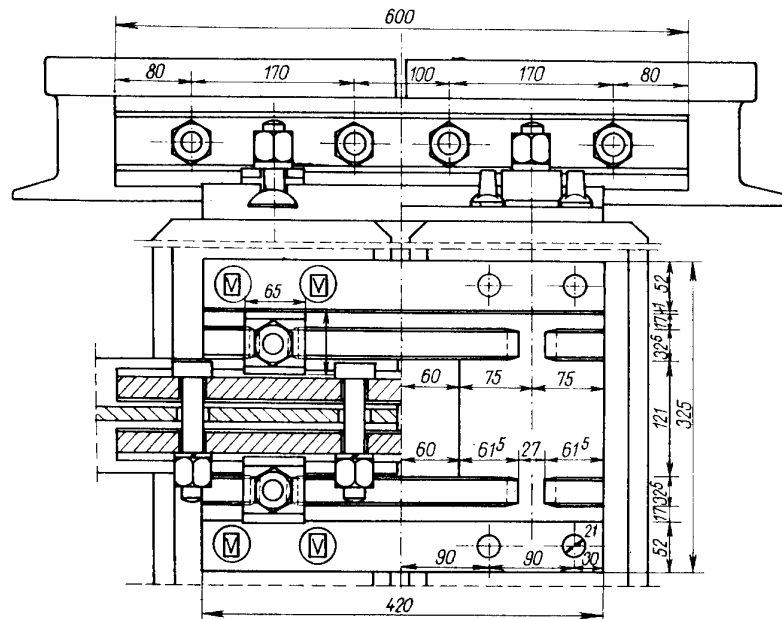
A hevederek *4 lyukúak, 600 mm hosszúak*, azonban annak ellenére, hogy statikailag megfelelő lenne a lapos heveder is, mégis szöghevederek kerülnek alkalmazásra. Ennek oka, hogy a szögheveder lenyúló szárai közrefogják az alátétlemezt, így megakadályozzák a sínvándorlást és az illesztési aljak elvándorlását. A hevederek a sínlekötések felett - az azokhoz való jó hozzáférhetőség miatt – ki vannak marva.

A hevederek ékesen fekszenek be a hevederkamrába, ezért kívánatos a felületek megfelelő kialakítása, ellenkező esetben a felület helyett a heveder csak egy vonalon érintkezik, ez kilazuláshoz vezet. Megfelelő felületek esetén a csavarok utánhúzásával a kisebb kopások kiegyenlíthetők. Kilazulás ellen a hevedercsavarokat *Grower-gyűrűkkel* biztosítják.

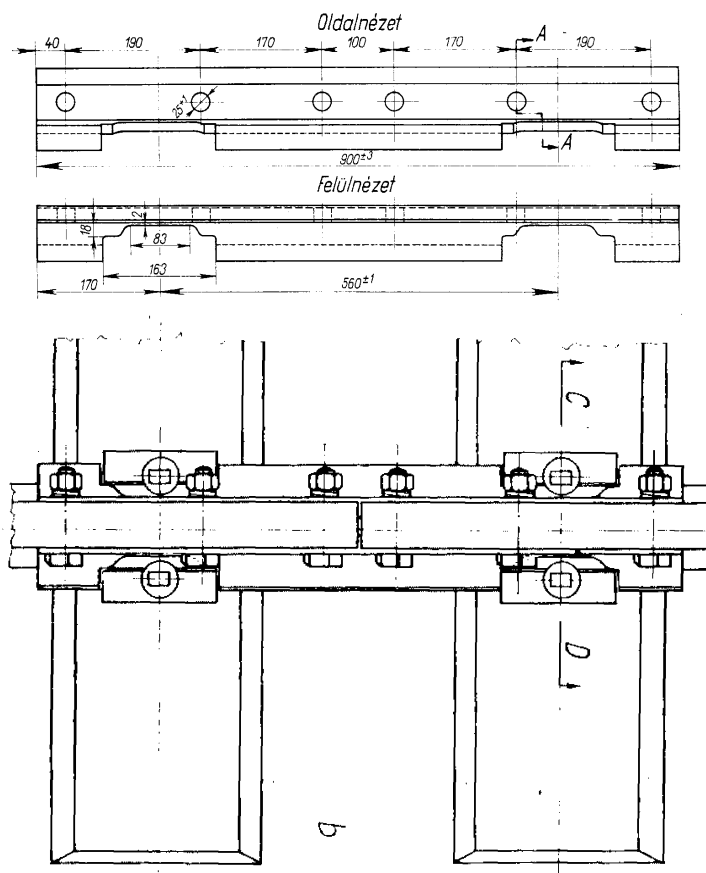
b.) Vasbetonaljas vágányok lengő sínillesztése

Az előzőekben említett hibák miatt a MÁV 1963 óta *lengő illesztést* alkalmaz a beton-aljas vágányokban (**5-3. ábra**). Ennek eltérése az *a.)* pontban említett illesztéstől, hogy természetesen nem alkalmazhatók átmenő alátétlemezek az aljak nagy távolsága miatt, illetve a

heveder hosszabb (90 cm), 6 lyukú, illetve ebben az esetben már statikai szempontok alapján is kívánatos a szöghevederek alkalmazása.



5-2. ábra: Ikeraljas sínillesztés



5-3. ábra: Lengő sínillesztés

c.) Szigetelt sínillesztések

A biztosítóberendezések működéséhez szükséges, hogy egyes sínillesztések a két sínvéget egymástól *villamosan is elszigeteljék*. Ennek megoldásaként *szigetelt sínillesztések* alkalmazhatók, melyek biztosítják a sínszál két végének villamos szigetelését.

Legrégebbi megoldása e problémának a *fahevederes-talpfarácsos* sínillesztés. A síneket telített, nagy keresztmetszetű fahevederekkel fogták össze, a sínvégek alatt hosszgerendát, ezek alatt keresztaljakat fektettek. A szigetelés megvalósítása kielégítő volt ezzel a megoldással, azonban a fahevederek gyorsan tönkrementek, a hosszgerendák alatti, mélyen fekvő keresztaljak pedig a víz gyűjtőhelyeivé váltak.

Jobb megoldást jelentett a *fiberbetétes vashevederes szigetelt sínillesztés*. Ennek lényege, hogy a hevederek keresztmetszetét olyannyira megvékonyították, hogy egy 3-4 mm vastag szigetelő lemez betét (fiberbetét) kerülhessen a sín hevederkamrája és a heveder közé. A Hevedercsavarok is fibercsőben vannak, illetve a sínek homlokfelületeit is fiberbetétek választják el egymástól. Ennek a megoldásnak a nagy hátránya volt, hogy a fiberbetétek nem alkalmasak nagy erők felvételére, ezáltal gyorsan elhasználódtak, sűrű cseréjük sok pálya-fenntartási munkát okozott.

Később *préselt falemezes hevederekkel* kialakított szigetelt sínillesztéseket alkalmaztak, melyek lényege egy olyan heveder, mely műgyanta ragasztóval átítatott és réteges falemezekből összepréselt faanyagból készült. Ez az anyag megközelíti az acél szilárdságát, megmunkálása is fémmegmunkológéppel történik. Ezzel a megoldással elérték, hogy egy, az acélhevederekkel azonos szilárdságú, de szigetelő hevedert hoztak létre. A sínvégek homlokfelületei közé szintén préselt falemez került. A heveder 4 lyukú kivitelben készült, és ikeraljás illesztéseknél volt alkalmazható.

A fahevederek külföldi beszerzésűek voltak, ennek megszűnése után *TERAMID* és *METAMID* típusú, Magyarországon kifejlesztett öntött műanyag hevedereket fejlesztettek ki és kezdtek alkalmazni a fahevederek pótlására. A sínvégek közé műanyag profillemezt kell helyezni. A hevedercsavarok alá nyomáselosztó lemezt kell elhelyezni a heveder kímélése céljából.

c.) Ragasztott szigetelt sínillesztések

A szigetelt sínillesztések eddigi változatai olyan módon működtek, mint egy hagyományos sínillesztés, tehát a sínek mozgását lehetővé tették. A hézagnélküli vágányoknál azonban ezek beépítése hátrányos, mert a hézagnélküli szakaszt meg kell szakítani a szigetelt sínillesztés beépítése miatt.

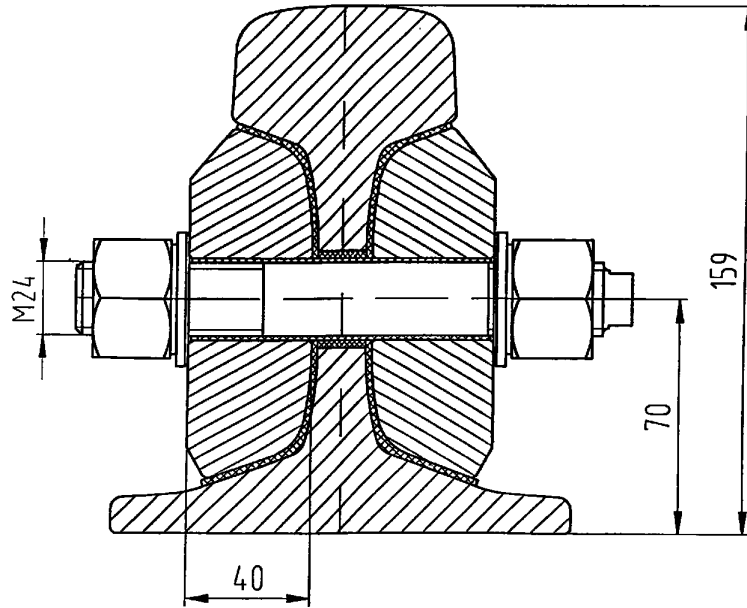
Ennek kiküszöbölésére ragasztott-szigetelt sínillesztéseket építenek be, melyek tervezésekor cél volt, hogy a sínvégek ne mozdulhassanak el egymáshoz képest, így az illesztés a hegesztett kapcsolathoz hasonlóan működik, és ahhoz hasonló szilárd kapcsolatot biztosít.

A ragasztott-szigetelt sínillesztés fő elve, hogy az acélhevedert a sínvégekhez – természetesen szigetelőréteg közbeiktatásával – *epoxi műgyantaragasztóval* ragasztják össze, majd nagyszilárdságú feszítőcsavarokkal feszítik össze. A műgyantaragasztó egyrészt szigetel, másrészt olyan szorítóhatást biztosít, amely a *nagyszilárdságú feszítőcsavarok* szorítóhatása segítségével a sínvégek mozdulatlanságát is biztosítja.

A gyártás pontos technológiát igényel a megfelelő szigetelőképeség és szilárdság elérése végett. Az előállítás menete:

- Az összeragasztásra kerülő síneket a sín kettévágása útján kell előállítani, majd a szabványos furatrendezés szerint meg kell fúrni őket.
- A hevedereket úgy kell megmunkálni, hogy azok a sínek hevederkamráiba pontosan illeszkedjenek.
- A két sínvéget és a hevederek felületeit meg kell tisztítani, és zsírtalanítani kell.
- A sínvégeket ragasztóanyaggal be kell kenni és 4 mm-es szigetelőbetét elhelyezése után össze kell ragasztani.
- A sínkamrákat és a hevedereket ragasztóanyaggal kell bevonni
- El kell helyezni 4 rétegben a ragasztóanyaggal bekent üvegszövet szigetelőréteget
- A furatokba el kell helyezni a szigetelőgyűrűket, majd a hevedereket és a nagyszilárdságú feszítőcsavarokat.
- A feszítőcsavarok enyhe meghúzása után a ragasztóanyag szilárdulását 100-120 C-on való hőkezeléssel kell elősegíteni.
- A hőkamrából való kivétel után a csavarokat még egyszer, majd a ragasztóanyag megkeményedése után ismét meg kell feszíteni.

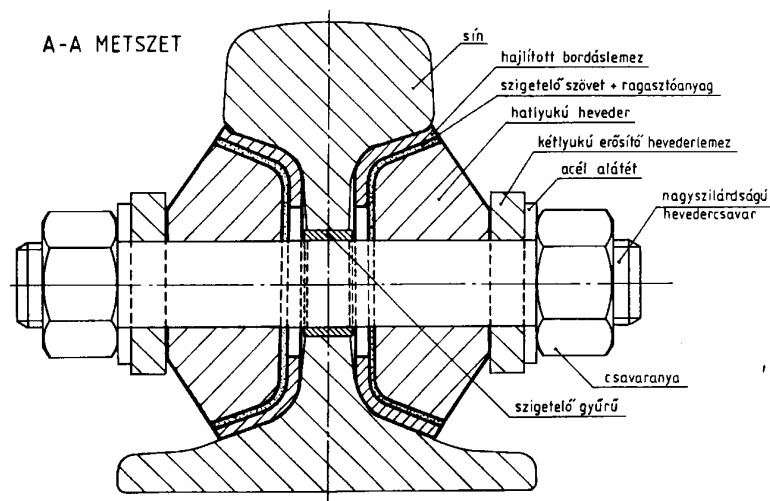
A ragasztott szigetelt sínillesztéseket általában előregyártják, és a helyszínre kiszállítva, 2 db hegesztéssel a megfelelő helyre építik be. Hazánkban ilyen megoldást a VAMAV Vasúti Berendezések Kft., Gyöngyös állít elő. **(5-4. ábra)**



5-4. ábra: A VAMAV Kft. előgyártott ragasztott-szigetelt sínillesztés.

Az előgyártott ragasztott-szigetelt sínillesztéseket azonban nem minden esetben van lehetőség a pályába beépíteni. Ekkor helyszínen gyártott szigetelés kialakítására van mód.

A helyszíni megoldás a MÁV-Thermit hegesztő Kft. MT-rendszerű, S típusú ragasztott-szigetelt sínillesztése, amely az 5-5. ábrán látható. A hevederkamra alakjának megfelelő hajlított bordáslemez és a külön erre a célra gyártott hevedert szigetelőszövet + ragasztóanyag segítségével erősítik össze, ezzel egy szigetelő hevedert nyernek, melyet a hevederkamrába helyezve 6 db M24-es nagyszilárdságú feszítőcsavarral összefeszítenek. E hevederkapcsolatnál alkalmaznak 2 vagy 4 lyukú erősítőhevedert is a teherbírás növelése céljából.



5-5. ábra: A MÁV-THERMIT Kft. MT rendszerű S típusú ragasztott-szigetelt sínillesztése

5.3. Sínhegesztések

A sínillesztések tárgyalásakor megállapítottuk, hogy az illesztések igen *gyenge pontjai* a vágánynak, melyek nem csak *kis teherbírásúak*, hanem állandó *fenntartási munkákat* igényelnek, ezzel növelve a ráfordított pályafenntartási munkákat és költségeket. A hevederese vágányoknál a pályafenntartás költségeinek *40 %-át* is elérheti az illesztések állandó karbantartása.

Érdekes módon a hevederes sínillesztések tökéletesítéseként a megoldást nem egy újfajta keresztmetszetű heveder, hanem a hézag teljes megszüntetése, vagyis a sínek összehegesztése jelentette.

E megoldás alkalmazásával megszűnt a sínhézag, a lépcsőképződés, a sínvéglehajlás és a dinamikus hatások, illetve a hevederkötések összes hibái, létrejött egy folytonos, *hézag nélküli* vágány, vagyis megvalósul a sínszalak teljes *folytonossága*.

A sínhegesztés azonban az előnyökkel együtt problémákat is felvet, éspedig:

- A hézaggal együtt eltűnik a *dilatáció* lehetősége is, ezért a dilatáció hatása nem hosszváltozásban, hanem belső feszültségben jelentkezik, melyeket a pályaszerkezetnek deformáció nélkül el kell viselnie
- A hegesztés *teherbírásának* lehetőleg minél jobban meg kell közelíteni a sínanyag teherbírását, mert csak így nyújt teljes biztonságot a hegesztési törésekkel szemben.

Az első sínhegesztések már a *XX. század elején* megjelentek (hazánk is úttörő szerepet játszott, már 1904-ben alkalmaztak sínhegesztéseket), azonban a jelenlegi tömeges alkalmazásukig a fenti problémákat kielégítően meg kellett oldani, ehhez évtizedekig tartó kísérletekre és fejlesztésekre volt szükség.

A sínhegesztések bevezetésével először az ún. *hosszúsínes vágányok* építését kezdték meg. Ebben az esetben a vágányok hossza nem *24 m*, hanem *36, 48, 60 m* volt, tehát a hevederes illesztések nem szűntek meg, csak megritkultak. Itt már jelentkezett a gátolt dilatáció, hiszen a *36-60 m* hosszban összehegesztett sínszalakat egymáshoz hevederekkel illesztették, ezek a hevederek azonban csak *maximum 20 mm*-es maximális sínmozgást engednek meg, azonban egy *36-60 m* hosszú sínszal ennél többet mozogna gátolatlan dilatáció esetén. Így már ehhez a pályaszerkezeti megoldáshoz is megfelelő *keretmerekű* vágányra és szorítóhatású sínleerősítésre, illetve megfelelő ágyazati ellenállásra volt szükség a deformáció elkerüléséhez.

A sínhegesztések alkalmazási köre tehát széles:

- Hézag nélküli vágányok létesítése
- Hosszúsínes vágányok létesítése
- Használt, rövid sínek szabványossá történő hegesztése

- Átmeneti sínek kialakítása
- Felületi hibák javítása

A sínek hegesztési technológiája hosszú ideig tartó fejlődésen ment keresztül, melynek eredményeként az alábbi eljárások alakultak ki:

- Villamos ellenállás-hegesztés (leolvasztó tompa hegesztés)
- Alumínótermikus sínhegesztés (AT vagy termithegesztés)
- Villamos ívhegesztés
- Sajtoló gázhegesztés (autogénhegesztés)
- Kézi gázlánghegesztés (kézi autogénhegesztés)

Általában mindegyik módszerrel lehet kielégítő minőségű és teherbírású sínhegesztéseket készíteni. Különbözőség csak a *gazdaságosságban*, a helyszíni *kivitelezhetőségben* illetve a munkai igényben és a *szakértelem igényében* jelentkezik.

Európában és hazánkban is általában a *villamos ellenállás-hegesztést* és az *alumínótermikus hegesztést* használják, az előbbit inkább hegesztőtelepen, az utóbbit helyszínen. A többi hegesztési eljárásnak kisebb a jelentősége a sínhegesztésekben, de pl. az *ívfényhegesztés* alkalmas a váltók alkatrészeinek felhegesztésére.

5.3.1. Villamos ellenállás-hegesztés (leolvasztó tompa hegesztés)

A hegesztés lényege, hogy a két *befogópofába* (egyik mozgó, másik álló) fogott sínvégek között – melyeket egymáshoz közelítenek és távolítanak – kis feszültségű, de nagy áramerősségű ívet hoznak létre. Az ív hatására keletkező hőmennyiség egyrészt *felmelegíti*, másrészt *fém tisztára* olvasztja le a sínvégeket. A varrat anyaga a sín anyagából áll elő. A hegesztésnek három fázisa van:

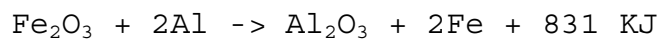
- *Előmelegítés*: ebben a fázisban a mozgó befogópofa az általa befogott sínt közelíti és távolítja az álló pofába befogott sínhez, így a sínvégek a villamos ív hatására felmelegednek.
- *Leolvasztás*: ebben a fázisban a sínvégeket a befogópofák olyan közel tolják egymáshoz, hogy folyamatos villamos ív alakul ki, ezáltal fém tisztára felület áll elő, mivel minden szennyeződés kiég.
- *Egyesítés*: a befogópofák a sínvégeket hirtelen, nagy tengelyirányú erővel összenyomják, ezáltal a sín anyagából a sínvégek között teljesen tiszta, zárvány- és oxidmentes fémes kapcsolat alakul ki. Az összenyomódás miatt 7-8 mm-t veszít a sín a hosszából, a sín felületén varratdudor keletkezik, amit pneumatikus vésővel távolítanak el.

E sínhegesztési technológiát a MÁV helyhez kötötten, a *gyöngyösi hegesztőtelepen* használja, mely az egész ország szükségleteit képes kielégíteni. Itt elsősorban a 24 m hosszú 54-es és a 21 m hosszú 48-as sínek 120 m, illetve 126 m hosszra való összehegesztésére használják.

1975-től azonban beszerzésre került egy önjáró villamos ellenállás-hegesztő gép is, mely a pályában is képes elvégezni a hegesztést, 60, 54, 48 és I rendszerű sínek esetében. Mivel két hegesztőfejjel van felszerelve, ezért a vágányban, amiben mozog, mindkét sínszálat egyszerre képes hegeszteni. Rendeltetése elsősorban a helyszínrre kiszállított 120 m, illetve 126 m hosszú sínek pályában történő hézagnélkülivé való hegesztése.

5.3.2. Aluminotermikus sínhegesztés (AT vagy termithegesztés)

Az AT hegesztéshez a hőt a vasoxidnak alumíniummal való redukálása közben felszabadult hőmennyiség adja:



Ezt az eljárást *Goldschmidt* találta fel, 1899-ben. A *fémoxidpor* és az *alumíniumpor* keverékét ő *termitnek* nevezte. A hegesztéskor az előbbi reakció alapján a vas-oxidból az alumínium kivonja az oxigént, és tiszta vasat nyerünk, mellette pedig nagy hőmennyiség szabadul fel.

A hegesztés végrehajtásához a *termitport* meg kell gyújtani. Ezt egy *olvasztótégelyben* tesszik meg *gyújtórudacska*val meggyújtva. A reakció erős szikrázás mellett lezajlik. A felszabaduló hőmennyiség pár másodperc alatt megolvasztja a tiszta vasanyagot, mely a tégely aljában helyezkedik el. Ha ezután a tégely *csapolónyílását* kinyitjük, a folyós vas a két sínvéget összefogó tűzálló kiöntőformába folyik, ott felolvasztja és nyomás nélkül összehegeszti azokat.

Az eljárás gazdaságosságának növelése miatt a sínvégeket a hegesztést megelőzően gázlánggal 1000 °C körüli hőmérsékletre melegítik, így kevesebb termitpor is elegendő a hegesztés végrehajtásához.

A keverékből előálló *termitvas* kémiaiilag csaknem tiszta, így hegesztőanyagként nem alkalmas. Ezért ezt a tiszta vasat ötvözni kell, melynek az olvasztótégelyben kell megtörténnie. Cél, hogy a sínanyagból keményebb anyagot kapjunk hegesztőanyagként. Ezt azonban nem szén hozzáadásával, hanem fémes *ötvözőanyagokkal* érik el (pl. mangán, vanádium, stb.). A termithegesztés előnye tehát, hogy az acélminőséghez kellőképpen lehet alkalmazkodni a termitpor összetételének megválasztásával, így bármilyen összetételű – nagy széntartalmú, vagy ötvözött – acélok esetén is alkalmazható. Nagy gondot kell azonban fordítani az előkészítésre (előmelegítés), illetve a megfelelő utókezelésre (lehülés szabályozása).

A termithegesztésnek az idők során többféle módja alakult ki.

a.) Kombinált termithegesztés

A hazánkban világviszonylatban is elsőként alkalmazott *Goldschmidt-féle* eljárást tökéletesítve a második világháborúig használták ezt az eljárást. Ennek lényege, hogy az összehegesztendő sínfejeket egy *markolószerkezetbe* fogták bele és így végezték el a hegesztést, mely ekkor csak a sántalpat és a síngerincet hegesztette össze. A sínfejet ezután a –sínhézagba helyezett acéllemez megolvasztásával, a markolószerkezettel kifejtett összehúzással hegesztették össze. A hegesztés tehát az ömlesztő és a sajtoló hegesztés kombinációja volt. Az eljárás nehézkes volt, sok időt vett igénybe, így ma már nem alkalmazzák

b.) Közbeöntéses, oldalmelegítéses termithegesztés

Az újabb igényeknek megfelelően az 50-es évektől alkalmazták ezt a módszert. Lényege, hogy elmarad a nehézkes markolószerkezet, így a sín egész keresztmetszetét a *termitacél-ömladék* hegeszti össze. A sánt nem kell összehúzni, a sínvégek mozdulatlanok maradtak, kb. 12-14 mm hézaggal. A gondosan kialakított öntőformába több öntőforma-csatornán juttatják el a sántalponhoz, a gerinchez és a fejhez. Az új összetételű termitanyag már megfelelő minőségű, így a belőle készült termitvasat az átgördülő kerekek nem koptatják ki. A hegesztés lefolyásának lépései:

- **Hegesztendő sínek előkészítése.** A sínvégeket a nagyobb rozsdától letakarítva, egymástól 12-14 mm-re helyezik el. Fontos a gondos kiirányítás. Mivel a fej zsugorodása nagyobb mértékű, ezért a síneket a készülő illesztés helyén kb. 1 m-en 2 mm-re ki kell emelni.
- **Öntőforma elkészítése és felrakása.** Különleges minőségű formahomokkal és sablonnal elkészítik a két fél öntőformát, amely a sínprofilnak pontosan megfelel. Ebben a sablonban járatok is vannak a lecsapolt termit-vas részére. A két fél öntőformát a sínvégekre szerelik egy szorítópofo segítségével.
- **Előmelegítés.** Egy benzingőzzel, propán-bután gázzal vagy acetilénnel működő *elgázosítófejjel* az öntőforma *előmelegítő nyílásán* keresztül a két sínvéget kb. 800-1000 °C-ra felmelegítik. Az előmelegítés ideje 30-40 perc, de oxigén hozzáadásával 10-15 percre csökkenthető.
- **Öntőtégely és a hegesztés előkészítése.** A fordított csonkakúp alakú *olvasztótégely* egy, a sántszálra szerelt kis állványon az előmelegítés alatt álló öntőforma fölé állítható. A tégelybe alul a kifolyónyílásnál elhelyezik a *csapolószeget*, körbetömedékelik tűzálló homokkal, beleöntik az adagonként zsákokban tárolt termitport, és lefedik a tégelyt.

- **Reakció és csapolás.** Az előmelegítés befejezésével az előmelegítő nyílást befedik, és a termitanyagot a tégelyben egy *gyújtórudacskával* meggyújtják. A reakció kb. 15 másodperc alatt zajlik le, ezután kb. *4 másodperc* múlva a tégely alján található csapolószeget felütik. Ez azonnal elolvad és az izzó vas az öntőformába folyik kb. 2200 C hőmérsékleten. A sínvégeket megolvasztja, és a vasömlédekkel együtt hibátlan, hegesztett sínkötést képez. Az acél felett elhelyezkedő salak is lefolyik, de ez csak a forma tetején talál magának helyet, vagy külön, a salakfogó csészében.
- **A hegesztési hely megdolgozása.** A csapolás után kb. *5 perccel* az öntőformát lebontják a hegesztésről. A sinton és a gerincen levő hegesztési dudort azonnal le kell munkálni, ez kalapáccsal vagy légkalapáccsal történik. Utána a sín járófelületét és oldalfelületeit gondosan meg kell munkálni, lehetőleg erre a célra rendszeresített *sínprofil-köszörülőgéppel*.

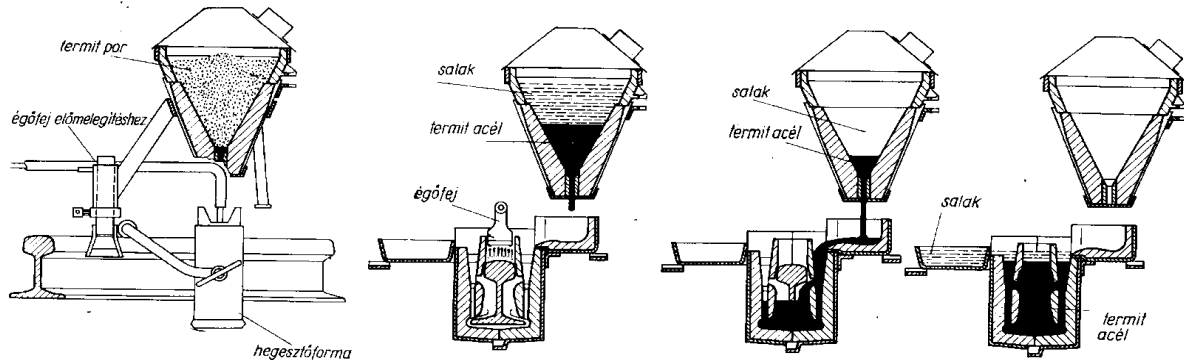
Az elkészült hegesztésnél törekedni kell arra, hogy a frissen kialakított varrat ne hűljön le gyorsan. Ezért szélről és csapadéktól óvni kell. A megdolgozott hegesztésen a forgalom azonnal elindulhat. A hegesztés időtartama kb. 30 perc.

c.) Termit gyorshegesztési eljárás

Az esseni *Elektrothermit GmbH.* fejlesztésének eredményeképpen jött létre ez az eljárás. 1960 óta a MÁV is alkalmazza. A módszer a közbeöntéses eljárás továbbfejlesztésének tekinthető, lényege, hogy kb. a felére, 15 percre csökken a hegesztés ideje.

Az eljárás – folyamata az **5-6 ábrán** látható – megegyezik az előzőekkel, azzal a különbséggel, hogy az idő rövidítése céljából a szerszámokat és eszközöket egyszerűbben alakították ki.

- Az *előmelegítés* sokkal hatékonyabb, mert oxigént használnak a gáz mellett, másrészt a különleges égőfej olyan, szalagformájú lángot állít elő, mely a sín egész keresztmetszetét egyszerre melegíti.
- *Öntőformaként* előregyártott, száraz, kemény formákat használnak, ezzel elmarad a helyszíni munka és könnyebb a minta elhelyezése.
- A szorítópofákat egyszerűsítették, az alkalmazott univerzális szorítóberendezés könnyen kezelhető, mert magába foglalja a formafelszorító, az *olvasztótégely-tartó* és az *előmelegítő-tartó* szerepét is.



5-6. ábra: A Thermit-gyorshegesztés folyamata

Az *Elektrothermit GmbH.* munkája ezzel nem állt meg, később kétféle új típusú hegesztési módszert is kidolgozott, azonban ezek az előző gyorshegesztési eljárásoktól alig különböznek, csupán az öntőforma kialakításában:

- **Az előmelegítés nélküli gyorshegesztés.** Lényege, hogy szükségtelen az előmelegítés, mert az öntőforma speciális kialakításával ún. melegítőjáratokat helyeztek el benne, és a 80%-kal megnövelt termitadag egyik része a melegítést végzi, másik része a varrat kialakítását szolgálja. Előnye, hogy még rövidebb a hegesztési idő, illetve a gáz- és oxigénpalcok szállítása elmarad.
- **A varratdudor nélküli termit-gyorshegesztés.** Tulajdonképpen az előmelegítéses eljárással azonos, azzal a különbséggel, hogy a speciálisan kiképzett öntőformák hatására a varratdudorok csak 2-3 mm-esek. Erre a fejlesztésre azért volt szükség, hogy a majdan elhasználandó sínek a kissugarú ívek számára használtan beépíthetők legyenek, a sínhajlító gépen keresztülhajtva. Emellett azonban két előnye is lett, hiszen a varratdudor elmaradása miatt egyrészt csökken a keresztmetszet-változás mértéke, másrészt pedig a sínfűzőgép vágányfektetésnél a nagy varratdudor nem jelent akadályt a gép görgőinek.

d.) Különleges termithegesztések

- **Ikerhegesztés.** Akkor alkalmazzák, ha a hegesztendő sínvégek közötti hézag nagyobb, mint 14 mm. Ezzel az eljárással 160 mm-ig lehet sínhézagot hegeszteni. Ekkor a hézagot 162 mm-re bővítik, és egy 138 mm hosszú sındarabot helyeznek el a hézag közepére. Így a probléma visszavezethető 2 db, egymástól 150 mm-re levő hézag hegesztésére. Ezt a feladatot speciálisan erre a kiképzett, kettős öntőformával, két adag termitporral, nagyobb olvasztótégellyel végzik, a technológia azonos a gyorshegesztési technológiával. Ez a megoldás anyagtakarékos, hiszen ilyen esetekben a másik megoldás, hogy egy 10 m-es sındarabot hegesztenek két külön hegesztéssel.

- **Termit feltöltőhegesztés.** A sínek futófelületén keletkezett hibák kijavítására alkalmazzák. A hiányos helyeken a sínfejet megmunkálják, majd a kivágott fejrészt egy speciális öntőformával, a kivágott rész köbtartalmának megfelelő termitmennnyiséggel előmelegítés után felhegesztik. A felhegesztett sínfejet a varratoktól meg kell szabadítani, azután pontos méretre kell csiszolni.

5.3.3. Villamos ívhegesztés

Ezzel a hegesztési eljárással a sínvégeket teljes keresztmetszetben, a hegesztő kezében tartott elektródpálcából nyert, egymásra helyezett varratsorokkal kötik össze. A hegesztés menete a következő:

- A sínvégeket magassági értelemben kiemelik és kiirányítják, majd kis melegítőkemencékben propángázzal $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra előmelegítik. A sínvégek között $11\text{-}13\text{ mm}$ hézagot hagynak
- Az elektródát az áramkör pozitív, a sínszalakat pedig a negatív sarkához kötik, és megkezdik a hegesztést. A talpvarrat és a gerincvarrat készítésekor különböző profillemezeket alkalmaznak. A salakréteg letisztítására ügyelni kell.
- A teljes keresztmetszet feltöltése után a hegesztéseket $713\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra való utánmelegítéssel kemencében normalizálják
- A kemence eltávolítása után a varratokat csiszológéppel lecsiszolják

Az így elkészített hegesztés időszükséglete $1,5\text{-}2\text{ óra}$. Ez az idő kedvezőtlenül hosszú, ezért nem alkalmazzák sínek összehegesztésére. További hátránya, hogy a minősége elmarad az előzőekben említett eljárások minőségétől, illetve a hegesztés minősége nagyban függ a szakmunkás hozzáértésétől.

Előnye azonban, hogy alkalmas sok olyan hegesztési probléma megoldására, melyek nem nagy tömegben adódnak, ugyanakkor az előző eljárásokkal nem lehet megvalósítani őket. Ilyenek:

- lehajlott sínvégű sínek összehegesztése
- Kitérőalkatrészek felhegesztése
- Kopott keresztvezések, könyöksínek, csúcssínek feltöltése
- leszakadt sínszékek visszahegesztése

5.3.4. Sajtoló gázlánghegesztés (autogénhegesztés)

A módszert egy magyar mérnök, *Renner Oszkár* találta fel az 1930-as években. Európában azonban nem terjedt el, csak a második világháború után alkalmazták sikerrel és tömegesen Amerikában, Japánban és Kínában. Európában az 1960-as évektől kezdtek vele foglalkozni, a MÁV azonban nem alkalmazza.

Az eljárás lényege hasonló a villamos ellenállás-hegesztéshez, a hegesztés itt is egy gép segítségével, automatikusan történik, azonban a villamos áram helyett egy gázláng melegíti fel az összesajtolandó sínvégeket. A hegesztés lefolyása a következő:

- A sínvégeket *1-2 cm-en lecsiszolják*, esetleg levágják, hogy tiszta és a tengelyre merőleges felület álljon rendelkezésre
- Pontosan tengelybe állítva befogják a síneket a sajtolószerkezetbe, és *100 kN erővel* összenyomják.
- Ezután meggyújtják a *melegítőkészüléket*, a gázláng felmelegíti a sínvégeket, azok tágulnak, de a sajtolószerkezet ennek gátat szab.
- A sínek kb. *1200 °C-ra* való felmelegedéskor plasztikussá válnak, ekkor a nyomás a felére csökken. Ebben a pillanatban a sajtoló készülék 15 mm-t egymásba nyomja a sínvégeket.
- A hegesztés érdemi része ezzel befejeződött, az *500 °C-ra* lehűlt hegesztési helyet még egyszer *850 °C-ra* melegítik fel, normalizálás céljából. Ennek az utómelegítésnek a célja az, hogy a kristályok átrendeződjenek és finomabb szemcsékké alakuljanak.

A sajtoló gázlánghegesztés előnyei:

- A két sínvég fémes kötése nagyon jó minőségű, mivel a hegesztés gázláng védelme alatt történik, így a vas oxidációja miatt nem lehet minőségromlás
- A hegesztőgép sokkal kisebb, egyszerűbb és olcsóbb, illetve könnyen mozgatható
- A hegesztés kivitelezése is olcsó
- Viszonylag gyors, teljes időtartama 7-8 perc

5.3.5. Kézi gázlánghegesztés (kézi autogénhegesztés)

Ezzel az eljárással a hegesztendő részeket és a hegesztőpálcát acetilén és oxigén keveréknek egy hegesztőpisztolyban való elégetése útján nyert 3200 C hőmérsékletű lánggal ömlesztik meg, és raknak fel varratokat. Az eljárást sínek összehegesztésére nem alkalmazzák, mert időigényes, illetve kézi módszer lévén minőségét befolyásolja a hegesztést végző szakmunkás szaktudása.

A kézi autogén hegesztőpisztoly azonban jól felhasználható a lehajlott sínvégek fölmelegítésére, ezért elsősorban erre, illetve kicsorbult kitérőtartozékok (könyöksínek, keresztezések) felhegesztésére használják.

5.4. Dilatációs készülékek

Amint azt az előzőekben tárgyaltuk, a sínillesztések előző két fajtája közül a hevederes sínillesztés maximalizálja a sínvégek dilatációs mozgását, egy megengedett határérték körül mozog, a hegesztett sínillesztés pedig a sínvégek mozgását egyáltalán nem engedi meg.

Egyes esetekben azonban a hevederes illesztéseknél megengedett maximális 20 mm-es hézag nem felel meg a kívánalmaknak, ekkor olyan, ún. dilatációs készülékeket alkalmaznak, mely lehetővé teszi a sínvégek nagyobb mértékű hosszirányú elmozdulását anélkül, hogy a kerék átvezetésében alátámasztási hiányok lépnek fel. Erre a feladatra alkalmas szerkezetként Magyarországon a *Csilléry-féle dilatációs szerkezetet (5-7.ábra)* alkalmazzák, melynek ± 110 mm-es és ± 160 mm-es sínvégelmozdulást lehetővé tevő típusa létezett, ma azonban már csak a 160 mm-est gyártják.

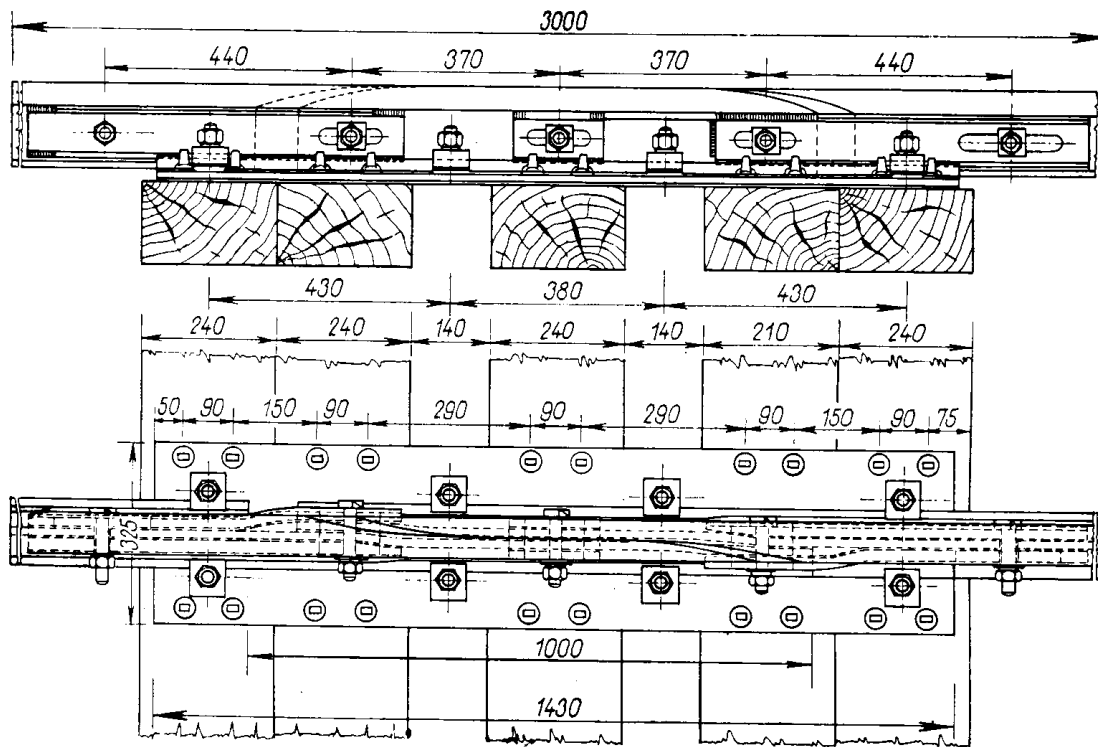
A Csilléry-féle dilatációs szerkezet részei

- 1430 mm hosszú hosszlemez, melyet 3 aljra vagy hídfára kell leerősíteni síncsavarokkal
- 2 db, inflexiós harmadfokú parabola alakban, 1000-1000 mm hosszban inflexiósan megmunkált síncsúcs, melyek együttes hossza zárt helyzetben 3000 mm
- 5 db ovális furatokban elhelyezett hevedercsavar
- 4 db elmozdulást biztosító (megmunkált szorítólemezü) GEO leerősítés a mozgó csúcsnál
- 4 db szoros GEO leerősítés a fix csúcsnál

Dilatációs készülékeket hazánkban elsősorban hidakon alkalmaznak, a híd és a vágány dilatációjának eltérése miatt. Alkalmazási köre:

- Hevederes illesztésű pályán amennyiben az áthidaló szerkezet dilatáló hossza 40 m-nél nagyobb, a híd mozgó sarujának közelében a hídon. Ennek feladata a híd és a csatlakozó pályaszakasz mozgásának függetlenítése.
- Hézagnélküli pályán, amennyiben az áthidaló szerkezet dilatáló hossza 40-80 m között van, a híd mozgó és fix sarujának közelében a hídon. A mozgó saru közelében elhelyezett készülék feladata a híd és a csatlakozó pályaszakasz mozgásának függetlenítése, a fix saru közelében elhelyezett készülék pedig, hogy a házagnélküli pálya lélegző szakaszának mozgása a hídra jusson.

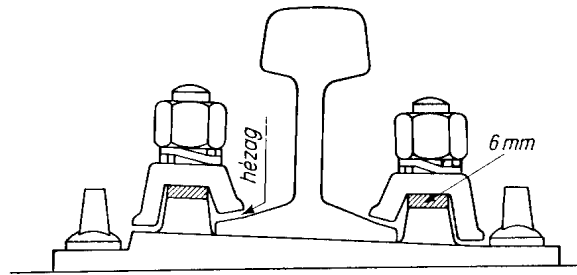
- Hézagnélküli pályán, amennyiben az áthidaló szerkezet dilatáló hossza 80 m felett van, a híd fix saruja közelében 1 db, a mozgó saru közelében 2 db (iker) dilatációs szerkezetet kell elhelyezni. Ekkor az iker szerkezet egyik tagja a hídon, a másik tagja a pályában van.
- Megemlítendő még, hogy a 40 m-nél kisebb hidakon nem szükséges dilatációs készüléket alkalmazni.



5-7. ábra: Csilléry-féle dilatációs készülék 160 mm-es nyílással

Hézagnélküli vágányoknál azonban ebben az esetben a hídszerkezet a sínszálaktól függetlenül mozog, a ráerősített hídfákkal együtt. A sínszálak és a híd független mozgását az 5-8. ábrán látható módosított GEO rendszerű sínleerősítéssel kell lehetővé tenni. Ehhez a GEO lezorítólemez belsejébe 6 mm vastag acéllemezt hegesztenek, ez megakadályozza, hogy a lezorítólemez a sínre szorítóhatást fejtsen ki.

Hevederes vágányoknál pedig a mozgó hídsaru melletti hídfőn, attól 4 m-re hevederes illesztést kell elhelyezni, a fennmaradó 4 m hosszon pedig a sín szabad hosszirányú mozgását kell biztosítani a hézagnélküli vágányoknál említett módon.



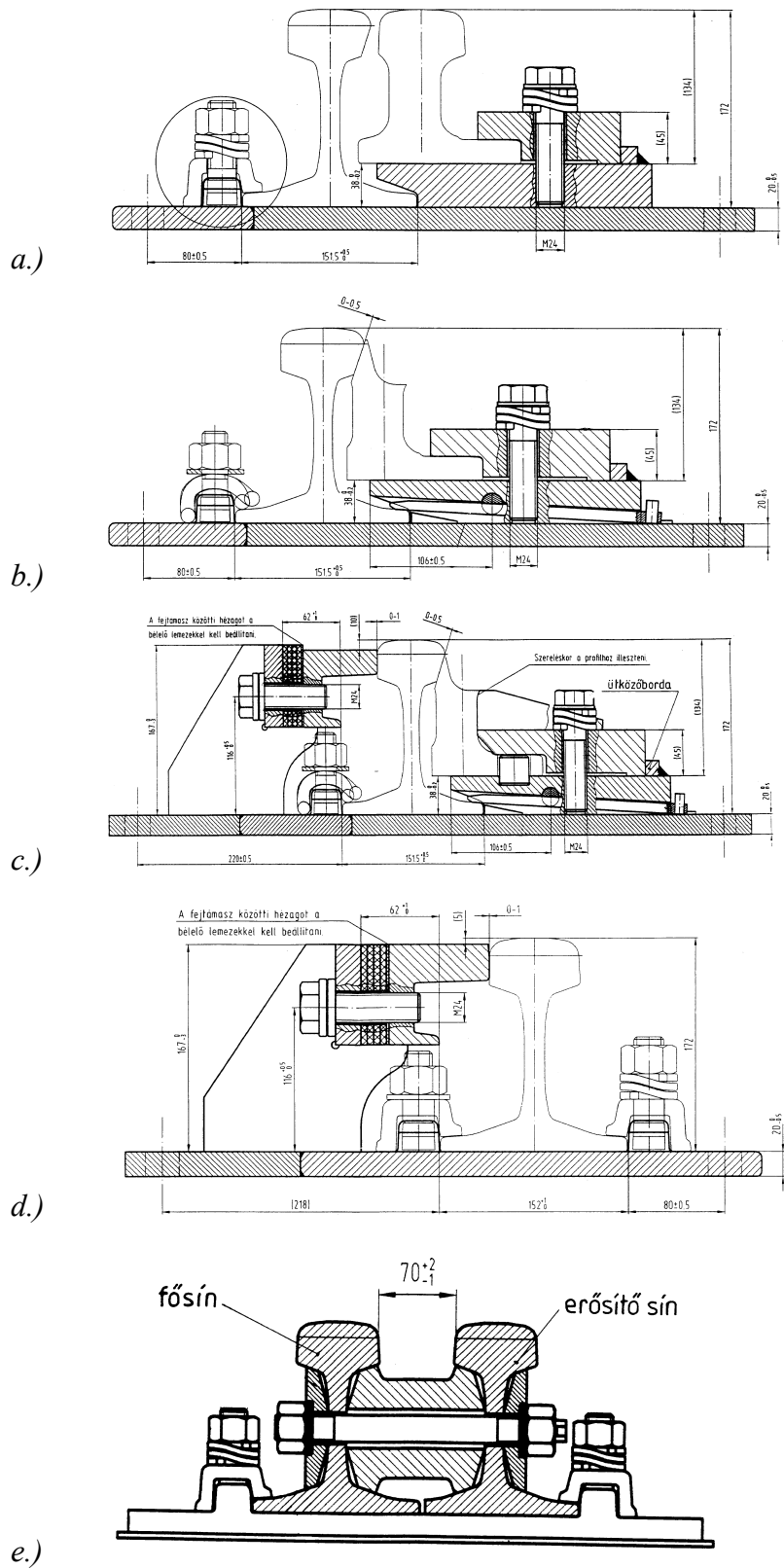
5-8.ábra: Felhegesztett GEO sínleerősítés

1999-2000-ben a Magyarország és Szlovénia között kötött államközi szerződés értelmében új vasútvonal épül Zalalövő (Magyarország) – Hodos (Szlovénia) között, a két ország vasúti kapcsolatának kialakítása érdekében. A nehéz terepviszonyok és a nagy sebességi igény miatt 1400 m hosszú viadukt építése válik szükségessé. A viadukt kialakítása olyan, hogy a Csilléry-féle dilatációs szerkezet ± 160 mm -es nyitása nem elegendő a dilatáció megvalósításához. Ezért a gyöngyösi székhelyű VAMAV Vasúti Berendezések Kft. megtervezte a B60VM rendszerű nagy nyílású dilatációs készüléket, melynek nyitása a híd igényeinek megfelelően ± 200 mm. A dilatációs készülék különböző keresztmetszetei sorrendben az **5-9. ábrán** láthatók.

A berendezés két alapvető, a működést meghatározó eleme az 1-1 pár síncsúcs és fősín. A két síncsúcs fixen lekötött, amelyek változó keresztmetszetű, egyik végén elvékonyított csúcshézagú sínből készülnek (**5-9. a., b., c. ábra**). A síncsúcsok hosszirányú elmozdulás elleni rögzítését csapos elmozdulás-gátlók biztosítják. A fősínek hosszirányban elmozdulhatnak – ezek végzik a dilatációs mozgást. A fősínek egyik vége ezért csökkentett szorítóerővel van lekötve, amely sínvég a síncsúcs elvékonyított hegyéhez simul és a vágánytengelyhez képest kifelé hajlik. A fősínek másik vége a dilatációs mozgást végző pályaszakaszhoz fixen csatlakozik. A fősínek UIC 60-as sínből készülnek, fejük a síncsúcsokhoz simuló oldalon szintén meg van munkálva (**5-9. a., b., c. ábra**).

A síncsúcsok és a fősínek egymás mellé szerelt szakaszán nagyon fontos a sínek pontos oldalirányú elhelyezkedése, ezért az oldalirányú erőkkel szemben ezek helyzetét biztosítani kell. Ez 3 pár olyan speciálisan kialakított sínszék segítségével lett megoldva, amelyekre a fősín fejét megtámasztó, ún. fejtámasz van szerelve (**5-9. c., d. ábra**).

Az egymáshoz csatlakozó, dilatációs mozgást végző pályaszakaszok közötti hídhézag miatt az aljtávolság – egy alj elmaradása miatt – a legkedvezőtlenebb esetben $2 * 60$ cm = 120 cm is lehet. Ez a pályasín (fősín) e szakaszon való megerősítését teszi szükségessé. Ez az ún. erősítő sín segítségével vált megoldottá, amely a 15.-től 20. sz. aljig a fősín belső oldalán helyezkedik el. Az erősítő sín szintén UIC 60-as szelvényű és a fősín megmunkálatlan, teljes keresztmetszetű szakaszához van hozzáerősítve (**5-9. e. ábra**).



5-9. ábra: A VM rendszerű síndilatációs készülék különböző keresztmetszetei