



lott, és Kínában kezdett új kiépülni. Londonban és Svájcban azokkal a kereskedőkkel beszéltem, akik az akkumulátorokhoz szükséges ásványokkal üzelnek. Az Egyesült Államokban pedig azt tudtam meg, miként próbálja az ország újjáéleszteni bányászati és akkumulátoriparát.

Első utamat Kongóba 2019 májusában tettem. Ott saját szemmel láttam, hogyan dolgoznak az ország legszegényebbjai a réz- és kobaltbányákban, olyan módszereket alkalmazva, amelyeket sok más országban már a 18. században modernibbekkel váltottak fel. Amikor hazatértem, arról szóltak a hírek, hogy Elon Musk 2,7 milliárd dollárnyi finanszírozást szerzett a Tesla számára. Még abban az évben ismét ellátogattam Kongóba. Megmutattam a telefonomat Zikinek, egy tizenöt éves volt gyermekbányásznak, és elmondtam neki, hogy a legújabb okostelefonmodellek – amelyek tartalmaznak néhányat azokból a fémekből, amelyek érceit ő ásta ki – akár 1000 dollárnál is többre kerülnek. „Szomorúság van a szívemben, amikor azokra gondolok, akik megvásárolják ezeket az ásványokat – mondta Ziki. – Olyan sok pénzt keresnek, mi pedig kénytelenek vagyunk így élni.”

Ezen az utakon és további négy kongói látogatásom során bányaterületeket láttam, beszéltem gyermekmunkásokkal, akik az ásványokat termelték ki, és találkoztam vezetőikkel, akik biztosították, hogy ezek a jövedelmező nyersanyagok eljussanak a gyárakba, végső soron pedig a fogyasztók kezébe. Beszélgettem politikusokkal és hírszerzőkkel is, akik ennek az új erőnek a geopolitikáját alakítják. Szakértő tanúként az Egyesült Államok Kongresszusa előtt is vallomást tettem arról, mennyire veszélyes lehet ez az ellátási lánc geopolitikai és környezeti szempontból.

lyes lehet ez az ellátási lánc geopolitikai és környezeti szempontból.

Szerencsés voltam. Néhány barátomat és kollégámat, akik megpróbálták kimondani az igazságot – különösen Kongóban –, bebörtönözték és megkínózták.

Engem is őrizetbe vettek kétszer, miközben az akkumulátor-ellátási lánc egyes aspektusait próbáltam feltárni. Egy 2017-es tudósítói megbízás során a marokkói hatóságok kiutasítottak Nyugat-Szaharából. Aggódtak a foszfátkészletek feletti ellenőrzésük miatt, amelyeket ekkorra már egyes lítiumion-akkumulátorokban is felhasználtak. 2022-ben, amikor a kongói újságíróval, Jeftour „Jeef” Kazadi Kamwangával dolgoztam együtt Lubumbashi városában, a kongói titkosszolgálat koholt vádak alapján őrizetbe vett. Számukra Kongó réz-, kobalt- és lítiumkészletei voltak az elsődlegesek. Hat nap után szabadon engedtek, és kitiltottak az országból. Kazadit közel három hétig tartották fogva.

Újra és újra – kevésbé drámai módokon – akadályokba ütköztem, kizártak, és azt mondták, ne foglalkozzam ezzel a történettel. E-mailekre nem érkezett válasz, telefonhívásokat rövidre zártak. Az emberek gyakran csak félreeső helyeken, névtelenségük megőrzésének feltételével voltak hajlandók találkozni velem. Kormányok még a beutazást is megtagadták tőlem. 2018-ban, amikor a könyv gondolata először megfogalmazódott bennem, egy átfogó tájékoztató út keretében Kínába utaztam, ahol találkoztam az ország nemzetközi üzleti életének néhány szereplőjével. Amikor 2023-ban vissza akartam térni, a New York-i konzulátus nem adott ki számomra vízumot.

Lente Gábor fordítása

Kutasi Csaba

Azbeszt szálasanyagokból készült textiltermékek?

Az „azbesztügy”-ről a 229. oldalon olvashattak véleményüket. Miután a textilipar alapanyagai között régóta ismertek az éghetetlen, hő- és saválló ásványi eredetű azbesztszálak/rostok, joggal vetődik fel a címben megfogalmazott kérdés.

A természetes eredetű szálasanyagok egyetlen ásványi eredetű képviselője az azbeszt. A magnézium-szilikát-alapú szál/rost fonható. Keletkezésére jellemző, hogy a föld mélyén előforduló kőzetek megrepedeznek, majd a repedésekben cirkuláló forró szén-savas talajvíz nagy mennyiségű ásványi anyagot old fel. Amikor ez a víz lehűl, akkor az oldóképesség csökkenésével a repedésekben lerakódó anyagok szálak kristályokat képeznek, így jönnek létre az azbesztszálak.

Az azbeszt bányászatára a lelőhelyek szerinti körülmények jellemzők: föld alatti vagy külszíni fejtésre van lehetőség. A bányászott azbesztet megtisztítják a meddőközetektől, majd feldolgozzák. Ennek a folyamatnak a végrehajtása őrlő- vagy golyósmalmokban, kollerjáratokban (hengeres aprító-, őrlőberendezés) történik, ahol a porrá őrölt kőzettől különválasztják a rugalmas szálakat. A megtisztított azbeszt szálasanyagot a rázószítákon hosszúságuk alapján osztályozzák (csak a 10–20 mm-nél hosszabb szálak alkalmasak fonásra).

Textilipari szempontból kedvező a Dél-Afrikában és Ausztrá-



Azbesztbányászat külszíni fejtéssel

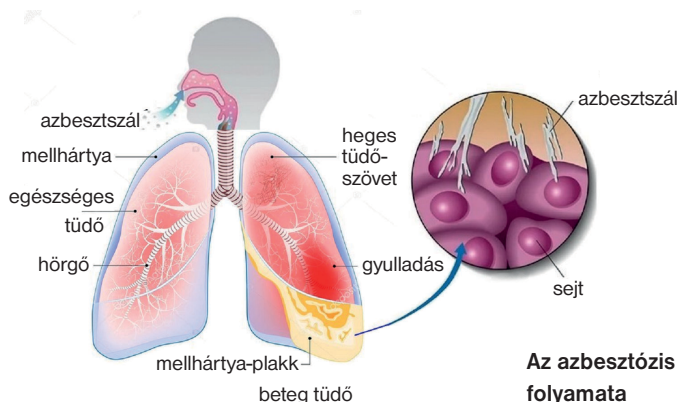
liában bányászott *amfibol azbeszt* (amozit, krocidolit), valamint az Oroszországban, Kanadában és Arizonában fellelhető *szerpentin azbeszt* (krizotil), mert mindkettő hosszú szálú, jól fonható alapanyag.

Az *éghetetlen* azbesztszálak *hő- és savállósága* kiemelkedő. Korábban hőszigetelő védőeszközök (ruhákat, kötényeket és kesztyűket), lángálló függönyök készültek, sőt a porlekötő képesség folytán poros helyiségek (megtisztítás, szőrmék tisztító kezelése stb.) falait is azbeszttel borították. A vegyiparban az azbeszt szűrők, tömítések, szigetelők nyersanyagát képezi/képezte.



Egészségi kockázat

Az *azbesztózis* súlyos krónikus *tüdőbetegség*, amelyet az azbesztrostok belélegzése okoz. A betegség különösen az olyan területeken (bányászat, építőipar, hajógyártás, éghetetlen és saválló anyagokat előállítók stb.) bekövetkező jelentős foglalkozási *expozíciókra* vezethető vissza, amelyek széles körben használnak (használtak) azbesztet. Az ilyen helyek közelében a *lakosság kitettségével* is számolni kell. Másodlagos terhelést jelenthet, ha a munkavállalók azbesztport visznek haza a ruhájukon. Az azbesztanyagok kopása során felszabaduló *tűszerű kristályok* tüdőbe kerülése rendkívül veszélyes.



Az azbesztrostok belélegzése okozta azbesztózis hosszú távú *gyulladással és hegesedéssel* jár. Kialakulásához viszonylag *hosszú idejű* expozíció szükséges, a betegség jelei és tünetei a kitettség után gyakran több évtized múlva jelentkeznek (légszomj lassú kialakulása fizikai aktivitás során, előrehaladott állapotban légzési elégtelenség). A légzési zavar a *tüdőtérfogat* – főként a vitálkapacitás és a teljes *tüdőkapacitás* – csökkenésében nyilvánul meg, az apró légchólyagocskák falának megvastagodása miatt, amely a rugalmasság mellett a gázdifúziót is csökkenti (gyengíti az oxigén bejutását, a szén-dioxid eltávolítását), így az artériás vérben alacsony lesz az oxigénszint. Az azbesztózisban szenvedők esetében nagyobb a *daganatnövekedési* hajlam, miután az azbeszt csökkenti a természetes ölüsejtek citotoxicitását.

Az azbeszt korlátozása, tilalma

A lapban már szerepelt, hogy az Európai Unió átfogó tilalmat tart fenn a „szándékosan hozzáadott formában tartalmazó árucikkek és keverékek” gyártására, felhasználására. Eszerint az azbeszt tartalmú textíliák szigorúan tiltottak. A 2016/1005/EK rendelet (XVII. melléklete) az elektrolitikus berendezések krizolit-szálakat tartalmazó diafragmáinak forgalomba hozatalával és felhasználásával kapcsolatos szigorító módosítás. Azok a textíliák és cikkek, amelyek már tartalmaztak azbesztet, és a tilalom előtt használatban voltak, általában a helyükön maradhattak élettartamuk végéig, ekkor *veszélyes hulladékként* kell ártalmatlanítani őket. Időközben pedig megjelentek olyan helyettesítő anyagok vagy alternatívák, amelyek kevésbé veszélyesek, nem rákkeltők.

Azbeszthelyettesítő szálanyagok

Az 1980-as évektől gyártják a *hőstabil, lángálló* szerves és szervetlen *mesterséges szálakat*. Kifejlesztésüket nemcsak az emberek növekvő *biztonsági* igénye indokolta, hanem az egészségre ártalmas azbesztszálak megfelelő helyettesítése is.

Az 1938-tól ipari méretekben előállított *üvegszál* ugyan nem újszerű szálanyag, de csak a 20. század végén vált fontos azbeszthelyettesítővé. Az amorf szálát *szilícium-dioxidból* és *fém-oxidokból* állítják elő. Nagy hőállóságú (650–850 °C között lágyul), vegyszerállósága jó. Az újszerű *szilícium-dioxid-szál* alapanyaga *nátrium-vízüvegből* készül, amelyet homok és szóda összeolvasztásából nyernek. Többek között *hővédő* szövet, kábel- és kemenceajtó-*szigetelés*, forró gázok szűrésére használható *szűrő* céljára alkalmas.

A mesterséges szervetlen eredetű szálanyagok közül az alumínium-szilikát- és alumínium-oxid-alapú *kerámiaszálak* kitűnő *hő- és lángállósággal* rendelkeznek (1000 °C-ot meghaladó mértékben), kémiai stabilitásuk és *vegyszerállóságuk* előnyös azbeszthelyettesítőt jelent. Ezeket a szálakat nagy tisztaságú *tím-föld-szilikátból* gyártják, olvasztásos szálképzéssel.

A *bazaltszál* vulkanikus bazaltkőzetből (magma kőzet), magas hőmérsékletű (1500 °C) olvasztással képzett, szálak vázerősítő (a gyorsan lehűlő olvadékból apró kristályok képződnek). Kiváló mechanikai tulajdonságai és magas korrózióállósága következtében több területen alkalmazzák (pl. az építőiparban, a járműgyártásban és a szigetelésteknikában). A Balaton-felvidéken található *Hegyestű* kőzete is kiváló alapanyag, a szál előállítása olcsóbb a többi azbeszthelyettesítőnél.

A bazaltszálak szálátmérője 10 és 20 µm közötti, jóval *meghaladja az 5 µm-es belélegzési határt*, így kiváló azbeszthelyettesítők. Nagy rugalmassági moduluszal rendelkeznek, fajlagos szilárdságuk háromszorosa az acélénak. A vékony szálakat általában a textiliparban használják, *műszaki szövetek* gyártásához. A vastagabb szálakat a száltekercseléssel (pl. sűrített földgáz-palackok vagy csövek) hasznosítják. A legvastagabb rostokat pultrúzió során *uni- és multidirekcionális* szövetként alkalmazzák, az aprított szálakat *betonacél*-erősítéshez is. Ily módon kiváltható a hagyományos szénacél betonacél, és könnyebben megelőzhető a légköri szén-dioxid által okozott *betontakaró-karbonizáció*.

Az 1960-as évektől kifejlesztett *aromás poliamidok* nagy teljesítményű harmadik generációs szálak (pl. Nomex, Kevlar). Ezek a „high performance” szálak többek között *hőstabil* tulajdonságúak, így azbeszthelyettesítőként jól alkalmazhatók.

Az 1960-as évek közepén elterjedő *szénszálgyártás* új időszak kezdetét jelentette. Az eljárásban nagy szilárdságú és modulusú, döntően szénatomokból felépülő, kétdimenziós, rétegstruktúrájú anyagok keletkeznek. A 90%-nál nagyobb széntartalmú (grafitizált) szálanyagok kiváló mechanikai tulajdonságúak és égesgátoltta tehetők.

A *poliamid-imid* (PAI – Kermel) szálak magas hőstabilitással, jó vegyszerállósággal rendelkeznek. Főként hőterhelésnek kitett felhasználásoknál, ipari hőszigetelőknél, védőruházatoknál jelentősek.

További nagy hőállóságú szálak – például a *polibenz-imidazol* (PBI), a *polifenilén-oxazol* (PBO – Zylon), a *polifenilén-szulfid* (PPS – Sulfar), az *aromás poliészter* (LCP – liquid-crystal polymers) szálak – is előtérbe kerülnek az *azbeszthelyettesítő* szálanyagok között.

IRODALOM

Dr. Jederán Miklós, Tárnoky Ferenc (főszerk.), Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
<https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/asbestosis>

Az EPT 1999/77/EK irányelve

Az EPT 2016/1005/EK rendelet (XVII. melléklete)

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2093791118300933>

Fenyvesi Éva: Újszerű textilipari és műszaki szálanyagok, *Magyar Textiltechnika* különszáma, 1994/6.