

A kenőanyagok és a nanofizika

Napjainkban egyre több szó esik egy új és ígéretes tudományterületről, amely már túl van a szárnypróbálgatáson. Ez a tudományterület a nanofizika, illetve a sajátos vizsgálati módszereit és gyártási eljárásait leíró, szintén dinamikusan fejlődő nanotechnológia. A tribológiához hasonlóan nehéz lenne egyértelműen kijelölni azokat a határvonalakat, amelyek a nanofizikához kapcsolódó elméleti kutatások és alkalmazások területeit jelölhetnék ki. Ennek megfelelően a nanotudományok definíciója is bizonytalan. Egy gyakorlati megközelítés szerint a nanofizika tárgyát olyan anyagok és rendszerek képezik, amelyek tulajdonságait nagymértékben meghatározzák a rájuk jellemző, 100 nm alatti méretek.

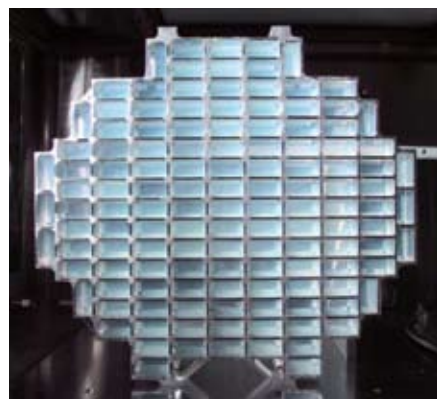
A nanofizika és nanotechnológia elsősorban anyagtudomány, de az eredményei a rövid – hozzávetőlegesen két évtizedes – múltja ellenére máris jelentős hatást gyakoroltak más tudományágakra, és az élet számos területére. Ezek a hatások a jövőben erősödni fognak. Nem túlzás kijelenteni, hogy a nanotudományok forradalmának kezdetén vagyunk, ami a jövőt jó értelemben kiszámíthatatlanná teszi. Nehéz ma megjósolni, hogy a nanotudományok mikor és milyen mértékben fogják megváltoztatni a mindennapokban használt anyagainkat, a mikroelektronikát, az energiapiart, orvostudományt stb. Egy dolog látszik biztosnak: az élet kevés területe fog kimaradni a nanotudományok hatása alól.

Aerogélek

Az aerogéleket nem szokás szorosan kapcsolatba hozni a nanotudományokkal, még-

is érdemes foglalkoznunk e témával. Többek között a felfedezésük körülményei, a fejlődésük gyorsasága, az alkalmazási lehetőségeik sokfélesége és általuk kinyitott perspektíva teszi ezt indokolttá, és teremt szokatlan hasonlóságot a nanotudományok természetével. 1931-ben Samuel (Steven) Kistler amerikai fizikus fogadást kötött egy barátjával, Charles Learneddel, hogy kiszárítja a gyümölcszelét olyan módon, hogy annak térfogata nem változik meg. Előállította az első aerogélt, és megnyerte a fogadást. Semmi mást nem kellett tennie, mint a gyümölcszelében található 70–90% vizet levegővel helyettesíteni. A feladat persze nem volt egyszerű.

A hagyományos értelemben vett gélek – pl. a gyümölcszelé – pontatlan megfogalmazással valamilyen oldószerből és oldott anyagból állnak. A megfogalmazás azért pontatlan, mert éppen az „oldat” (solution, sol) fogalmát írja le. A gél azonban nem sol.

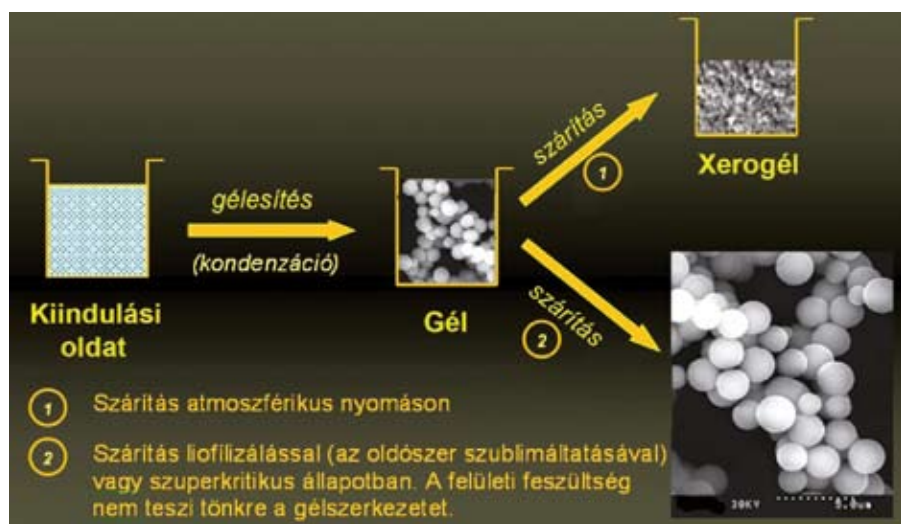


2. ábra: az 1999-ben felbocsátott Stardust űrszonda porgyűjtő kollektorának anyaga szilika aerogél volt (Forrás: NASA)

A különbség az, hogy a gélekben az „oldott anyag” részecskéi a köztük lévő kölcsönhatások következtében nem képesek elmozdulni egymáshoz képest, hanem általában szabálytalan vázszerkezetet alkotnak. Ez a különbség eredményezi azt, hogy az oldat folyékony halmazállapotú, a gél pedig nem. A gélek folyadéktartalmának eltávolítása nem történhet egyszerű szárítással. Ebben az esetben a vázszerkezeten belül folyadék-gőz fázishatárok alakulnának ki, a folyadék felületi feszültsége pedig tönkretenné a vázszerkezetet.

Valamilyen „trükköt” kell tehát alkalmazni. Megtehetjük, hogy a folyadékot megfagyasztjuk, és szublimáció útján távolítjuk el. A szilárd fázis és gőzfázis határán nem keletkezik felületi feszültség. A gőz pedig már könnyen helyettesíthető levegővel.

A másik megoldás szerint a folyadékot szuperkritikus állapotba hozzuk, amikor nem értelmezhető gőz- és folyadékfázis. Ismeretes, hogy a kritikus állapothoz „alulról” közelítve



1. ábra: az oldat, a gél, a xerogél és az aerogél értelmezése Sinkó Katalin nyomán



3. ábra: a szilika aerogélek tulajdonságai rendkívül változatosak lehetnek: kiváló hőszigetelők, ha kell, szilárdak, ha kell hajlékonyak (Forrás: NASA)

a folyadék és a gőz fizikai tulajdonságai közelednek egymáshoz, a kritikus állapotban pedig éppen megegyeznek. Ha a folyadékot szuperkritikus (kritikus „feletti”) állapotban távolítjuk el, megszabadulunk a felületi feszültség romboló hatásától.

Kistler nem elégedett meg azzal, hogy megnyerte a fogadást. Vízüvegből (Na_2SiO_3) is készített hasonló szerkezetű anyagot, előállította az első szilika aerogélt. Ezt követően eredményei kb. ötven évre a feledés homályába merültek.

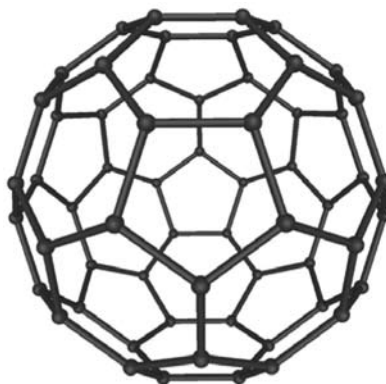
A nyolcvanas évek végén a NASA kezdett el foglalkozni aerogélek kutatásával. A Föld közelében elhaladó Wild-2 üstökös csóvjából készültek pormintát venni, ehhez kellett valamilyen speciális porcsapda. A szilika aerogél ígéretesnek bizonyult. Az 1999-ben felbocsátott Stardust űrszonda 2004. január 2-án sikeresen mintát vett az üstökös csóvjából. Azóta az aerogélek rohamos fejlődésen mentek át, és ma is intenzíven fejlődnek. A kutatásokban magyar szakemberek is részt vesznek. A Debreceni Egyetem fizikusai 2008-ban szilárdabb szilika aerogélt állítottak elő, mint a NASA szakemberei. Ma már sokféle összetételű aerogélt ismerünk:

– *Szilika aerogélek*

Alkalmazási területeik: hőszigetelő anyagok (üvegfelületek esetén is), hangszigetelő anyagok, villamos szigetelőanyagok, adszorbensek, szűrők, szeparátorok, katalizátorhordozók, csontpótló anyagok stb.

– *Polimer aerogélek*

Lehetséges alkalmazási területük: gyógyászat, gyógyszerészet.



4. ábra: a C_{60} fullerén modellje

– Szén aerogélek

Lehetséges alkalmazási területük: szuperkondenzátorok (elektromos vezetők), energiatárolás.

– Fém aerogélek

Lehetséges alkalmazási területük: katalizátorok (pl. üzemanyagcellákban).

A már megvalósult és lehetséges alkalmazási területek óriási perspektívákat nyitnak.

Bebizonyosodott, hogy az aerogélek fizikai tulajdonságai rendkívül széles határok között változtathatók.

Az aerogél termékek ma már kereskedelmi forgalomban vannak, holott az első alkalmazás (Stardust) óta csupán 12 év telt el. A termékek széles válasz-

téka megtekinthető pl. az ASPEN Aerogels Inc. honlapján (www.aerogel.com).

Az aerogéleket ma már elterjedten használják az építőiparban, a járműiparban, háztartási gépek gyártásában, a megújuló energiaforrások hasznosításában, szűrő- és szeparációs technikákban, sporteszközök gyártásában stb. Várható, hogy felhasználási területeik a jövőben jelentősen bővülni fognak.

Nanofizika és nanotechnológia

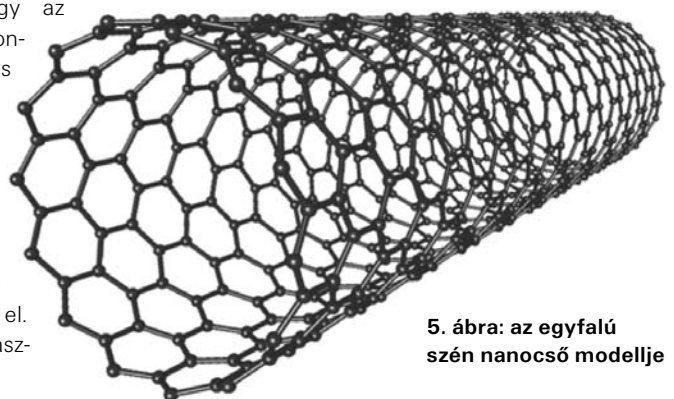
Miért mutatnak más tulajdonságokat valamely anyag nanométer méretű részecskéi a nagy tömegű anyaghoz képest? Az eltérést alapvetően két okkal magyarázhatjuk:

– A szilárd test összenergiájának változása, amely az elektronszerkezet változására vezethető vissza. Ennek következtében megváltozhat az adott anyag energetikailag legkedvezőbb kristályszerkezete, és megváltozhatnak az elektronszerkezettel közvetlen módon összefüggő tulajdonságai (rugalmasság, elektromos vezetési tulajdonság stb.)

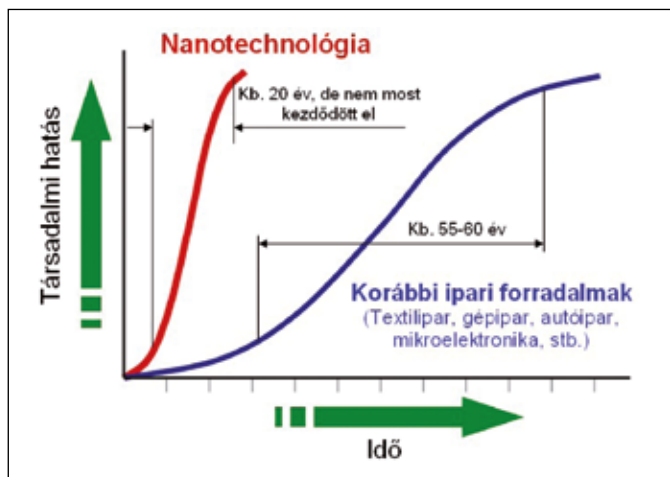
– A határfelületeken lévő atomok nagyobb aránya, amelyek kapcsolatai különböznek egy nagy tömegű anyag belsejében lévő atom kapcsolataitól.

Az eltérő tulajdonságokra tehát egyértelmű magyarázatok adhatók, amelyek korábbi ismereteink alapján egyértelműen leírhatók. Az újítások inkább az alkalmazási lehetőségek felismerésében, és a nanostruktúrák mesterséges előállításában mutatkozik, rohamosan bővülő lehetőségekben rejlenek. Az idők kezdetétől fogva együtt élünk a nanorészecskéikkel. A 60 atomból álló szénmolekulák létezéséről először mégis az űrkutatás révén szereztünk tudomást.

Mérföldkőnek számított, amikor Harold W. Kroto és munkatársai 1985-ben laboratóriumi körülmények között is előállították ezt a molekulát, elterjedt nevén a C_{60} fullerént.



5. ábra: az egyfalú szén nanocső modellje



6. ábra: a nanotechnológia forradalma különbözik a korábbi technikai forradalmaktól

Ennek az eredménynek óriási elvi jelentősége volt. Megkezdődött a nanorészecskék előállításának kutatása. Sikerült a C_{60} fullerénrészecskéket összekapcsolni, láncot alkotni belőlük. 1995-ben már nátriumatomot – később kálium-, héliumatomot, La_2 lantanmolekulát, stb. – illesztettek a C_{60} gömb belsejébe.

A kísérletezés újabb és újabb felfedezésekhez vezetett

1991-ben Iijima japán tudós felfedezte a többrétegű szén nanocsöveket. Két évvel később sikerült mesterségesen előállítani egyfalú szén nanocsövet is. Ezek a formációk már gyakorlati jelentőséget hordoztak, forradalmasították a kompozitanyagok fejlesztését. 2004-ben a Manchesteri Egyetem két kutatója, A. Geim és K. Novoselov bejelentette a grafén előállítását. A grafén felfedezéséért és a vele folytatott további kutatásáért a két kutató 2010-ben fizikai Nobel-díjat kapott. Jó esély látszik arra, hogy a grafén módosulatai felválthatják a mikroelektronikában a szilíciumot, mintegy három nagyságrenddel tovább növelve az elméleti műveleti sebességet.

A grafén gyakorlatilag az egyfalú szén nanocső síkba terített változata, a kiterjedése azonban a két dimenzió mentén tetszőleges lehet. A grafén méretrre „szabását” egy magyar kutató, Bíró László Péter, a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet (MTA MFA) Nanoszerkezetek Osztályának vezetője oldotta meg először.

A nanofizika és a hozzá kapcsolódó területek ma is rohamosan fejlődnek. Az elméleti kutatások mellett intenzíven folyik az elért

eredmények gyakorlati hasznosítása. Jó példát szolgáltat erre az MTA MFA honlapjáról származó alábbi részlet:

„Feladataink:
 – Komplex funkcionális anyagok és nanométeres méretű szerkezetek interdiszciplináris kutatása, fizikai, kémiai és biológiai elvek feltárása és alkalmazása integrált mikro- és nanorendszerekben, valamint a vizsgálati módszerek fejlesztésében.

- A megszerzett ismeretek közzététele, hasznosítása a graduális és posztgraduális képzésben, nemzetközi és hazai ipari K+F programokban, különös tekintettel a kvv-igényekre.”

Mit hoz a jövő?

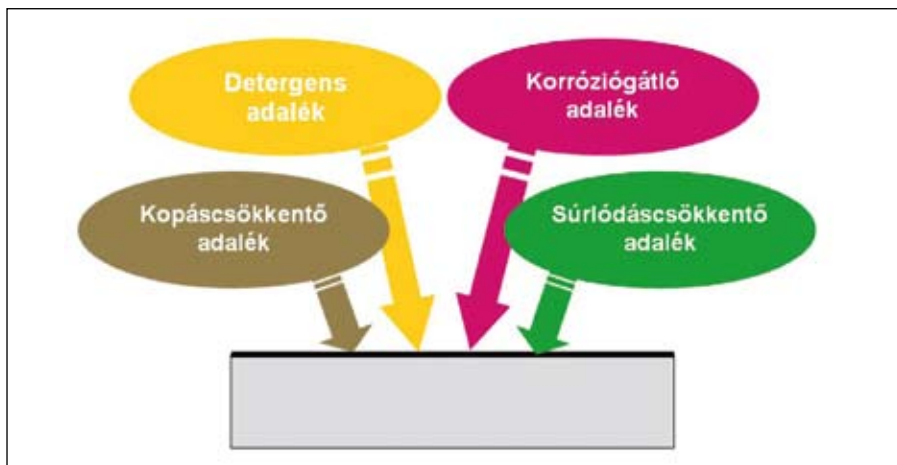
Valami szokatlan dolog történik körülöttünk. Bíró László Péter és a Siemens AG egy mérnöke, Manfred Weick elemezte a korábbi technikai forradalmak (a gőzgép, a textilipar, az autópár, a mikroelektronika stb.) lefutását. Arra a következtetésre jutottak, hogy ezekhez tartalmuktól függetlenül kb. 55–60 év intenzív fejlődési szakasz tartozott. A nanotechnológia forradalma jól láthatóan más lefutású lesz: a fejlődés sokkal intenzívebb a megszokottnál, a társadalmi hatása sokkal rövidebb idő alatt fog érvényesülni. Emellett a nanotechnológia „hatósugara” sokkal nagyobb, mint a megelő-

ző technikai forradalmaké volt: az életünk minden szögletére ki fog terjedni.

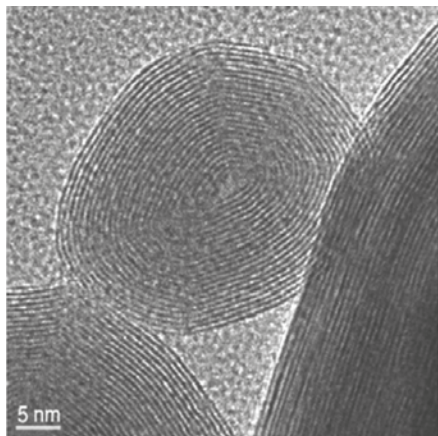
Nanotechnológia a kenőanyagokban

A 7. ábra a kenőanyagok klasszikus formulázását mutatja be. Az alapolajjal nem biztosítható funkcióknak (tisztító hatás, korróziógátló hatás, kopáscsökkentő hatás stb.) adalékok szereznek érvényt. Egy adalék természetesen lehet többfunkciós is.

Napjainkban a kenőanyagok kiemelt feladata lett a jobb energiahatékonyság biztosítása, mivel ilyen módon járulhatnak hozzá a szén-dioxid-kibocsátás csökkentéséhez. Egyszerűen fogalmazva el kell érniünk, hogy a korszerűbb kenőanyagok alkalmazásával a gépeink kisebb súrlódási veszteséggel üzemeljenek. A cél érdekében alkalmazhatunk súrlódáscsökkentő adalékot. Ennek hatása azonban erősen megkérdőjelezhető, mivel már többféle adalék igyekszik kifejteni hatását a gépelemek felületén. Ebből fakadóan a különböző adalékok rontják egymás érvényesülésének lehetőségét. A nanotechnológia új lehetőségeket kínál. Ma már léteznek olyan kenőanyagok, amelyekben nanotechnológiai úton előállított szilárd adalékok vannak. A leggyakoribbak az úgynevezett szervesetlen fullerényszerű (Inorganic Fullerene-like, IF) adalékok, amelyek legfontosabb képviselői az IF- WS_2 és az IF- MoS_2 . A 8. ábrán fullerényszerű titán-diszulfid részecskék elektronmikroszkópos felvétele látható, amelyet a Weizman Institute of Science készített. A részecskék szférikusak és többhéjúak. Az ilyen, szintetikus úton előállított anyagokat az IF- MX_2 gyűjtőnéven említik, ahol az M jelentése molibdén, wolfram vagy titán, míg az X kén, szelén és tellur lehet. A szervesetlen fullerényszerű részecskék kenőolajokban történő alkalmazása a következő előnyöket nyújtja:



7. ábra: a klasszikus formulájú kenőanyagokban az adalékok harcolnak a felületekért



8. ábra: IF – TiS₂ részecskék TEM (Transmission Electron Microscopy) felvétele

- A létező felületi érdesség ellenére is képek egyenletesen lefedni a felületeket.
- A gömbszerű részecskék kis nyomások mellett gördülnek a felületeken, csökkentve a súrlódási erőt.

- A gömbszerű részecskék atomjai nem rendelkeznek szabad vegyértékkel, emiatt kémiaiilag közömbösek.
- Nagy nyomás hatására a gömbszerű formációk felbomlanak, a felületeken stabil bevonatot képeznek.

A működésük mechanizmusát a **9. ábra** szemlélteti, amely az Infineum UK nyomán készült.

Az oxidálódás azt jelenti, hogy az IF-MX₂ alakzatban az X jelű atomok egy részét oxigén helyettesíti. Ennek hatására a bevonat egyébként rendkívül kedvező súrlódási tényezője tovább csökken.

A nanotechnológiai úton előállított szilárd adalékokat tartalmazó kenőanyagokkal kapcsolatos kutatásokra egy európai uniós forrásokat felhasználó konzorcium jött létre, amely az Addnano projekt keretében végzi munkáját. Költségerete 12,2 M€, ebből 8,5M€ EU forrás. A projekt 2009 októberében indult, időtartama négy év. A projekt tevékenysége a következőkre terjed ki:

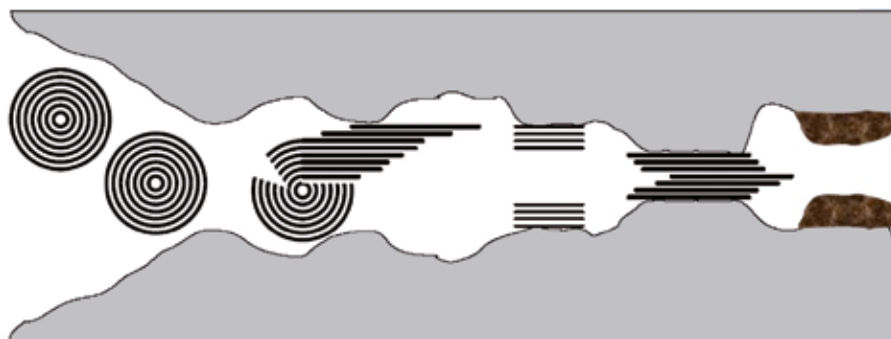
- Az inorganikus fullerénszerű részecskék (elsősorban IF-MoS₂ és IF-WS₂) tömegszerű gyártásához szükséges alapanyagok kiválasztása, és biztonságos, tömegtermelésre alkalmas gyártási eljárásuk kidolgozása.
 - A gyártási folyamat eszközeinek kiválasztása.
 - Kenőanyagok formulázása a kiválasztott alapanyagokkal.
 - Kísérletek végzése az új generációs kenőanyagokkal.
- Az Addnano projekt sikerén múlik, hogy néhány éven belül elterjednek-e a nanotechnológiai úton előállított szilárd adalékokat tartalmazó kenőanyagok.

KISDEÁK LAJOS
KENÉSTECHNIKAI SZOLGÁLTATÁS VEZETŐ,
MOL-LUB KFT.

Forrás: a Pannon Egyetem által szervezett XXIII. Nemzetközi Karbantartási Konferencián elhangzott előadás. 2011. június 6–7.

Felhasznált irodalom:

- Csanády Andrásné – Kálmán Erika – Konczos Géza (szerk.) 2009. Bevezetés a nanoszerkezetű anyagok világába. ELTE Eötvös Kiadó
- Sinkó Katalin 2008. Aerogél, a megszilárdult füst. Előadás az ELTE Kémiai Intézet által szervezett „Alkímia ma” előadás-sorozat keretében.
- Bíró László Péter 2006. Nanotechnológia: Alapoktól az alkalmazások felé. Előadás a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem „Innovatív oktatás és kutatás a Műegyetemen” című rendezvényén, 2006. február 28.
- www.nasa.gov home page



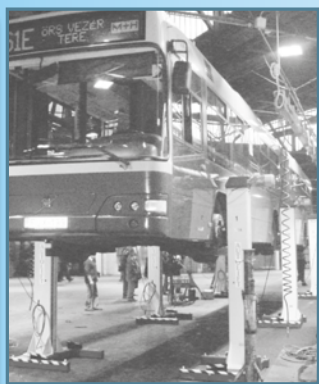
9. ábra: a szervesfullerényszerű részecskék hatásmechanizmusa: a szférikus alakzat felbomlik, bevonatot képez. A bevonat adszorbeálódik, a felületek között nyírást szenved és oxidálódik

AUTOLIFT 2005 Kft.

H-9400 Sopron, Csengery u. 60.
Tel./fax: 06-99/319-925 • Mobil: 06-30/526-3040.
E-mail: info@autolift.hu • Web: www.autolift.hu

Kínálatunkban szerepelnek még:

- fék- és lengéscsillapító próbapadok
- kétoszlopos emelőberendezések 2,5 t–5 t teherbírásig
- futómű-beállító berendezések
- gumiszerelő és centrírozógépek
 - négyoszlopos emelők
 - hidraulikus rámpás emelők
- vizsgasori emelőberendezések
- hagyományos soproni Autolift emelők, valamint a RAVAGLIOLI gyár teljes termépalettája



Elektromechanikus és hidraulikus emelőberendezések a gépjármű-javítási feladatok ellátására



Bővebb információ:
www.autolift.hu

Vevőszolgálati feladatainkat országos lefedettséggel látjuk el, ezek közé tartozik a gépjárműemelő javítása, szerkezeti és fővizsgálata, mellyel készségesen állunk tisztelt megrendelőink rendelkezésére.