



HU000231506B1

(19) **HU****MAGYARORSZÁG**
Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala(11) Lajstromszám: **231 506**(13) **B1**

SZABADALMI LEÍRÁS

(21) A bejelentés ügyszáma: **P 22 00460**(51) Int. Cl.: **G01N 13/02** (2006.01)(22) A bejelentés napja: **2022. 11. 23.****G01B 13/02** (2006.01)**G01F 11/24** (2006.01)(40) A közzététel napja: **2023. 05. 28.**(45) A megadás meghirdetésének dátuma a Szabadalmi
Közlöny és Védjegyértesítőben: **2024. 05. 28.**

(66) Belső elsőbbség adatai: P2100405 2021. 11. 24. HU	(73) Jogosult(ak): Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest (HU)
(72) Feltaláló(k): Dr. Nagy Norbert, Budapest (HU)	(74) Képviselő: Osváth Valéria Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest (HU)

(54) **Eljárás és berendezés folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározására**

(57) Kivonat

Eljárás folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározására, amelynek során fluidum közegben mérőelem kerületi körperemmel rendelkező végrésze és szilárd vizsgálandó felület között folyadékból lévő hengersizmetrikus kapilláris híddal kapcsolatosan

- a hengersizmetrikus kapilláris hídon hengersizmetria-megtartó változtatást végrehajtva

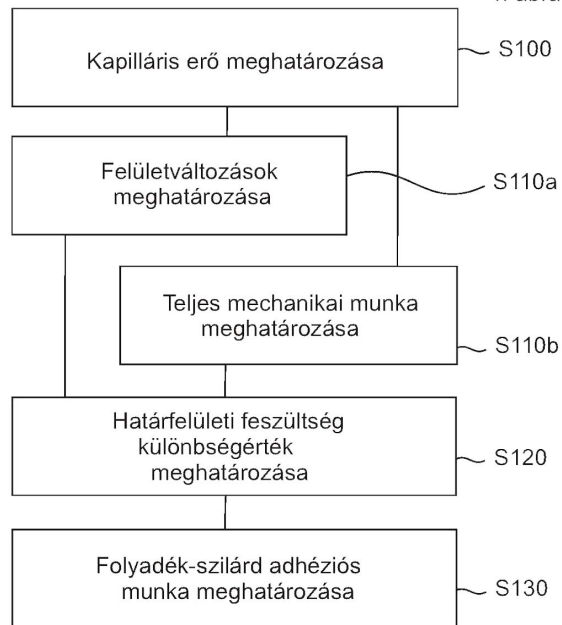
• meghatározzuk (S110a) a kapilláris híd és a fluidum közeg, valamint a kapilláris híd és a vizsgálandó felület határfelületének felületváltozását, valamint

• kapilláris erőt meghatározva (S100) meghatározzuk (S110b) a kapilláris erőhöz tartozó teljes mechanikai munkát, és

- a hengersizmetria-megtartó változtatásra a felületváltozások, a teljes mechanikai munka, valamint a folyadék-fluidum határfelületi feszültség alapján meghatározzuk (S120) a szilárd-folyadék és a szilárd-fluidum határfelületi feszültségek első különbségértékét, amelyet kivonva a folyadék-fluidum határfelületi feszültségből meghatározzuk (S130) a folyadék-szilárd adhéziós munkát.

A találmány továbbá berendezés folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározására.

1. ábra



12396H

ELJÁRÁS ÉS BERENDEZÉS FOLYADÉK-SZILÁRD ADHÉZIÓS MUNKA MEGHATÁROZÁSÁRA

MŰSZAKI TERÜLET

- 5 A találmány folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározására szolgáló eljárásra és berendezésre vonatkozik.

A KORÁBBI TECHNIKA

- A folyadék-szilárd adhéziós munka általánosan használatos mennyiség a szilárd-folyadék határfelületek jellemzésére, értéke az egységnyi felületen érintkező szilárd és folyadék fázis kölcsönhatásáról ad információt. Tehát fajlagos mennyiség, mértékegysége megegyezik a felületi feszültségével (Nm/m^2), jelölésben ugyanakkor arra a munkánál szokásos „W”-t alkalmazzuk, de akár kis „w”-vel is jelölhetnénk a fajlagos munkát. Minden olyan iparágban kiemelkedő jelentősége van, ahol folyadék szilárd felülettel érintkezik (pl. elektronikai, kozmetikai, papír-, ragasztó-, festék-, nyomda- és textilipar, forrasztás- és fogtechnika, stb.). Ezt a mennyiséget közvetve, a folyadék-szilárd fázishatáron kialakuló peremszög méréséből, a Young-Dupré egyenlet segítségével határozzák meg:
- 10
15

$$W_a = \gamma_{LF} \cdot (1 + \cos \vartheta_Y) \quad (1)$$

- ahol W_a a folyadék-szilárd adhéziós munka, γ_{LF} a folyadék és a fluidum közeg határfelületi feszültsége, ϑ_Y a folyadék-szilárd-fluidum közeg hármas fázishatáron kialakuló egyensúlyi (Young) peremszög.
- 20

- Ez a módszer magában hordozza a különböző peremszögmérési módszerek jellegéből adódó mérési és elméleti bizonytalanságokat. Egyes esetekben a peremszög értékének meghatározása csak jelentős bizonytalansággal végezhető, különösen kis ($<10^\circ$ - 20°) és nagy ($>150^\circ$) peremszögek esetén. Továbbá, a ϑ_Y Young-féle egyensúlyi peremszög nem mérhető, a gyakorlatban a peremvonal előrehaladását követően, annak nyugalmi állapotában határozzák meg a haladó peremszöget, a peremvonal hátrálását követően, annak nyugalmi állapotában a hátráló peremszög mérhető. Egyes munkák alapján ezen két értékből ϑ_Y számítható
- 25
30 [A. Marmur Solid-Surface Characterization by Wetting. *Annu. Rev. Mater. Res.* 39,

- p.473–89 (2009)]. További problémát jelent, hogy bizonyos felületeken a hátráló peremszög értéke nem állandó, hanem pl. az ülőcsepp térfogatával csökken [pl. J. Drelich et al.: The Effect of Drop (Bubble) Size on Advancing and Receding Contact Angles for Heterogeneous and Rough Solid Surfaces as Observed with Sessile-Drop and Captive-Bubble Techniques. *J. Colloid Interface Sci.* 179, p.37–50 (1996)].
- 5 Továbbá, a mért peremszög értékéből meghatározott adhéziós munka értéke számos esetben jelentős eltérést mutat a számított, illetve más módon meghatározott értékekkel (pl.: R. Tadmor et al. Solid–Liquid Work of Adhesion. *Langmuir* 33, p.3594–3600 (2017)]).
- 10 Ismert olyan berendezés és eljárás, ahol a folyadék-szilárd adhézió jellemzésére, meghatározott geometria és paraméterek mellett, a szilárd-folyadék határfelület megszüntetéséhez szükséges erőt mérik (JP 2011191277 A dokumentum). Hidrofób, illetve szuperhidrofób felületek vízperemszöge jellemzően csak nagy hibával határozható meg, ezért ilyen felületek jellemzésére született az a
- 15 berendezés (EP 3571483 A1 dokumentum), mely egy erőmérőre rögzített körlap segítségével egy folyadékcseppet a felülethez nyomva annak közelítése majd távolítása során fellépő erőket méri, beleértve a szilárd-folyadék határfelület kialakulásának és megszűnésének pillanatát is. Hasonló berendezést és eljárást ismertet a JP 2004144573 A dokumentum, amelyben szilárd felületek között
- 20 elhelyezkedő folyadéktérfogatból származó adhéziós erőt mérik a szilárd felületek közelítése és távolítása során (a kapilláris erőt, amelyet egyes ismertetésekben adhéziós erőnek is nevezik; ld. még az ezen megnevezésekkel kapcsolatosan leírtakat).
- A DE 102012221490 B3 dokumentum olyan eljárást mutat be, amely bizonyos
- 25 paraméterekkel rendelkező testeket folyadékba márt és ez alapján következtet bizonyos mennyiségekre.
- Dinamikus peremszögek mérésére alkalmas berendezést és eljárást ismertet a JP 2013174478 A dokumentum. A megoldásban nem alkalmaznak erőmérőt. Hasonló műszaki megoldást ismertetnek a CA 2968623 dokumentumban.
- 30 A JP 2001116675 A dokumentum peremszögmérő és dinamikus felületi feszültséget mérő berendezést és eljárást mutat be.

Peremszögek meghatározására alkalmas berendezést ismert az N. Nagy: Contact Angle Determination on Hydrophilic and Superhydrophilic Surfaces by Using r - θ -Type Capillary Bridges. *Langmuir* 35, p. 5202 (2019) tudományos szakcikk. A szakcikkben a peremszögekkel kapcsolatos aspektusok kerülnek elő.

- 5 A szakcikkben ismertetethez hasonló berendezést mutatnak be a fentebb említett EP 3571483 A1 dokumentumban.

- Az US 6,537,499 B1 dokumentum felületen lévő molekulák azonosítását erőmérésre vezeti vissza. Ennek során egy elasztikus oszlop ismert felületű alaplapiját nyomják neki közvetlenül a molekulákat tartalmazó vizsgált felületnek. Az
- 10 összenyomás során alkalmazott erő az elasztikus oszlop deformálására szolgál, a befektetett munkát az oszlop rugalmas energia formájában tárolja. A dokumentum szerinti eljárás a felületek összenyomásakor és széthúzásakor mért erők elmozdulás szerinti integráljának különbségét azonosítja a molekulák és az ismert felület közötti adhéziós munkával, azaz a molekulákat jellemző mennyiségként.
- 15 Adhéziós munka peremszögmérés nélküli meghatározására az eddigiektől alapvetően eltérő megközelítést mutat be a US 2011118993 A1 dokumentum, amely forgatásos (centrifugálásos) mérésre, valamint arra alapul, hogy a csepp leszakadása pillanatában a cseppre ható erő a pillanatnyi fordulatszámából számítható.
- 20 Az ismert megoldások fényében felmerült az igény olyan folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározására szolgáló eljárás és berendezés iránt, amellyel az ismert megoldásoknál hatékonyabban határozható meg a folyadék-szilárd adhéziós munka.

A TALÁLMÁNY ISMERTETÉSE

- 25 A találmány elsődleges célja olyan folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározására szolgáló eljárás és berendezés megalkotása, amelyek a lehető legnagyobb mértékben mentes a technika állása szerinti megoldások hátrányaitól.

- A találmány célja olyan eljárás és berendezés megalkotása, amelyek alkalmazásával a folyadék-szilárd adhéziós munka a folyadék-szilárd felületen
- 30 mérhető peremszögtől függetlenül meghatározható, azaz a találmány elé

megoldandó feladatként a folyadék-szilárd adhéziós munka peremszögméréstől független meghatározását tűztük ki.

A találmány vonatkozásában kitűzött célokat az 1. igénypont szerinti eljárással és a 4. igénypont szerinti berendezéssel értük el. A találmány előnyös kiviteli alakjai az
5 aligénypontokban vannak meghatározva.

A találmány szerinti eljárás és berendezés azon a felismerésen alapul, hogy ha egy kör alakú szilárd felület és egy vizsgált szilárd felület között hengerszimmetrikus kapilláris hidat hozunk létre a folyadékból az ezeket körülvevő fluidum közegben úgy, hogy a folyadék peremvonala a kör alakú szilárd felület élén megtapad, és
10 mérjük a kapilláris erőt a kapilláris híd hengerszimmetria-megtartó változtatása (azaz hosszának vagy térfogatának változtatása) során, miközben meghatározzuk a folyadék-fluidum határfelület megváltozását és a folyadék és a vizsgált szilárd felület határfelületének megváltozását a folyamat során, akkor a kapilláris erő integrálásával a rendszer energiaváltozása, ezáltal a folyadék-fluidum határfelületi
15 feszültség ismeretében a szilárd-folyadék adhéziós munka meghatározható.

A RAJZOK RÖVID LEÍRÁSA

A továbbiakban a találmány példaképpen előnyös kiviteli alakjait rajzokkal ismertetjük, ahol az

1. ábra a találmány szerinti eljárás folyamatábrája,
- 20 2. ábra a találmány szerinti eljárás egy kiviteli alakjának végrehajtására alkalmas berendezés vázlatos rajza, a
3. ábra a találmány szerinti eljárás egy további kiviteli alakjának végrehajtására alkalmas berendezés vázlatos rajza, és a
- 4A és 4B ábrák hidrofil és hidrofób vizsgálandó felületen végrehajtott méréseket
25 szemléltető grafikonok.

A TALÁLMA NY MEGVALÓSÍTÁSI MÓDJAI

A találmány eljárás folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározására (a találmány szerinti eljárással kapcsolatosan hivatkozunk az eljárás folyamatábráját bemutató 1. ábrára, valamint a 2. és 3. ábrákra, amelyek a találmány szerinti eljárás
30 végrehajtására szolgáló berendezéseket szemléltetnek), amelynek során fluidum közegben mérőelem kerületi körperemmel rendelkező végrésze és szilárd

vizsgálendő tárgy vizsgálendő felülete között létrehozott, folyadékból lévő hengerszimmetrikus kapilláris híddal kapcsolatban az alább megadott lépéseket hajtjuk végre (ld. 6 fluidum közeget, a vizsgálendő 4 felületet és 9 kapilláris hidat a 2. és 3. ábrán). A szilárd vizsgálendő tárgy (természetsszerűleg szilárd) vizsgálendő felületét – hangsúlyozva, hogy az eljárásban szilárd felület alkalmazása szükséges – a leírásban röviden vizsgált szilárd felületnek is nevezzük (ld. 2. és 3. ábrák leírása).

A kapilláris híd létrehozását nem tekintjük a találmány szerinti eljárás részének. Ez összhangban van azzal, hogy az eljárás magán a kapilláris hídon végrehajtott méréseken alapul, azaz az eljárás során mindvégig fennáll a kapilláris híd. Megtehetnénk azt is, hogy a kapilláris híd kialakítását – amikor a jellemzően a mérőelem kerületi körperemmel rendelkező végrészén lévő vagy kijuttatott cseppet közelítve (vagy eleve oda juttatva) a vizsgálendő felülethez létrehozzuk a kapilláris hidat – külön lépésként kezeljük.

Továbbá, a fentiek szerint megkövetelve a kapilláris híd hengerszimmetriáját egyszersmind az is előnyösen meghatározásra kerül, hogy a kerületi körperemmel rendelkező végrész körpereme merőlegesen áll a mérőelem hossz tengelyére (ez itt annak mozgástengelye is, azaz a hengerszimmetriához tartozó szimmetriatengely) az eljárás során, mivel így jöhet létre a híd hengerszimmetriája.

Hengerszimmetrikus kapilláris híd jön létre a kerületi körperemmel rendelkező végrésznek köszönhetően annak élén megtapadva. Ugyanakkor a hengerszimmetria megkövetelésével a vizsgálendő felülettel szemben azt követeljük meg, hogy ne rontsa el ezt a hengerszimmetriát, azaz előnyösen legyen a kerületi körperemmel rendelkező végrésszel párhuzamosan elrendezett sík, vagy például megfelelően elrendezett gömbfelszín (ld. még alább). Ez utóbbi esetben kitüntetett (dedikált) a hengerszimmetria miatt, hogy mérőelem felé néző végrészhöz képest hogyan rendezzük el a vizsgálendő tárgyat (más ilyen felület is elképzelhető). Általánosan, a vizsgálendő felület a hengerszimmetriát megtartóan van elrendezve.

A találmány szerinti eljárás során (ebben a bekezdésben kezdődnek a találmány szerinti eljárás lépései) a hengerszimmetrikus kapilláris hídon hengerszimmetria-

megtartó változtatást végrehajtva kiindulási állapotból indulva és végállapotba érkezve (a kiindulási állapot és a végállapot értelemszerűen azon állapotok, amelyek között az eljárást végezzük, azaz a kapilláris hídon méréseket hajtunk végre, az egyes mérések tekintetében szükség szerint; az egyes mennyiségekkel

- 5 kapcsolatosan ld. még alább a képleteket)
- meghatározzuk (ehhez tartozik a felületváltozások meghatározására vonatkozó S110a műveleti lépés) a kiindulási állapot és a végállapot között a kapilláris híd és a fluidum közeg első határfelületének első felületváltozását, valamint a kapilláris híd és a vizsgálandó felület második határfelületének második felületváltozását (az első határfelület tehát a folyadék – kapilláris híd – és a fluidum határfelülete, ennek megváltozása az első felületváltozás, a második határfelület pedig a kapilláris híd és a vizsgálandó felület határfelülete – azaz az a felület, amelyen a kapilláris híd a vizsgálandó felülettel érintkezik, ld. 2. és 3. ábrák –, megváltozása a második felületváltozás), valamint
 - 15 ○ a hengersizimmetria-megtartó változtatáshoz tartozó munkavégzési elmozdulásnak a hengersizimmetria-megtartó változtatás folyamán legalább egy elmozdulásértékét és ahhoz rendre a kapilláris hídhöz tartozó kapilláris erő erőértékét meghatározva (az elmozdulásérték meghatározásáról ld. alább, az erőérték meghatározása ez egy méréssel történő meghatározás; úgy is
 - 20 mondhatjuk, hogy mérés alapján meghatározva; ehhez tartozik a kapilláris erő meghatározására vonatkozó S100 műveleti lépés; ld. még a 4A-4B ábrákat a felvett értékek lefutásával kapcsolatban, valamint az eljárással vizsgált tartományra vonatkozó aspektusokat) a hengersizimmetria-megtartó változtatás folyamán meghatározott legalább egy elmozdulásérték és az ahhoz rendre
 - 25 rendelt erőérték alapján meghatározzuk (ehhez tartozik a teljes mechanikai munka meghatározására vonatkozó S110b műveleti lépés) a hengersizimmetria-megtartó változtatásra a kapilláris erőhöz tartozó teljes mechanikai munkát.

- Fentebb úgy fogalmazunk, hogy „a hengersizimmetria-megtartó változtatáshoz tartozó munkavégzési elmozdulás legalább egy elmozdulásértékét”. Ezen azt
- 30 értjük, hogy a változtatáshoz tartozik egy teljes munkavégzési elmozdulás és annak értékeit határozzuk meg – mérési időpillanatokban – (egészben vesszük vagy több részre felosztjuk), azaz az elmozdulásértéket jellemzően több ponton meghatározzuk (pl. mérjük) és ehhez a jellemzően több ponthoz erőértéket is

meghatározunk. Az egy vagy több elmozdulásérték összege kiadja a teljes munkavégzési elmozdulást, a hengerszimmetria-megtartó változtatás során ezeket az elmozdulásértékeket mérjük (általánosan: határozzuk meg).

5 Ha egy elmozdulásértéket veszünk fel (azaz egyben kezeljük a hengerszimmetria-megtartó változtatáshoz tartozó teljes munkavégzési elmozdulást), akkor jellemzően annak két végpontjában (azaz a kezdeti állapotban és a végállapotban) mérjük az erőt is (megengedett ily módon egy elmozdulásértékhez több (természetesen kettő) erőérték meghatározása). Ha már legalább kettő elmozdulásértéket meghatározunk, akkor azokhoz határozzuk meg rendre a
10 kapilláris erő erőértéket, és a teljes mechanikai munkát az elmozdulásértékek és az azokhoz rendre rendelt egyes erőérték alapján határozzuk meg.

A fentieknek megfelelően az egy vagy jellemzően több elmozdulásérték és az ahhoz vagy azokhoz rendre rendelt erőérték alapján határozzuk meg a munkát. A mérés során jellemzően felvett diszkrét elmozdulásértékekhez (a jellemző esetek miatt
15 ezzel kapcsolatosan sok esetben többszámban fogalmazunk, de lehet egyetlen is) az azokhoz rendre rendelt erőértékekhez felösszegzéssel meghatározhatjuk a teljes mechanikai munkát (vö. 4A-4B ábrával, amelyen látható az erőt az egyes elmozdulásértékekhez meghatározzuk, ugyanakkor az, hogy milyen erőértéket rendelünk az adott elmozduláshoz választás kérdése, ld. alább: az adott
20 elmozdulásérték két végpontján mért értéket vagy például azok átlagát, azaz egy a mért erőértékekből származtatott erőértéket). Ekkor a teljes mechanikai munkát úgy határozzuk meg, hogy felösszegezzük az (egymást követő mérési időpillanatok között fellépő) elmozdulásértéket és az elmozdulásértékekhez tartozó erőértékek szorzatát.

25 Az elmozdulásértékek és az azokhoz rendre rendelt erőértékek alapján ugyanakkor felvehetők az elmozdulás-erő függvény pontjai, és akár olyan módon is meghatározható a teljes mechanikai munka, hogy a pontokra illesztett függvényt integráljuk (felösszegzés lényegében egy numerikus integrálás megfelelően kis elmozdulásértékek esetén), azaz a teljes mechanikai munkát előnyösen
30 felösszegzéssel, numerikus integrálással vagy integrálással határozzuk meg.

Amint az ábrák is szemléltetik, az elmozdulás iránya párhuzamos a kapilláris erő irányával (mindkettő előjeles mennyiség), ezért számolhatjuk a (2) képletben megadott módon ezek szorzatával a munkát.

5 A kapilláris hídhoz kapilláris erő tartozik, azaz a kapillaritás elvének megfelelően ezt kifejtí a kapilláris híd azon felületekre hatva, amelyeket összeköt. Ezzel kapcsolatosan hivatkozunk még a 4A-4B ábrákon ismertetett példaképpeni mérésekre, amelyeknél kifejtjük az erő alakulását. A hengerszimmetria-megtartó változtatáshoz tartozó – más szavakkal kapilláris erőhöz rendelt – munkavégzési elmozdulással kapcsolatban hivatkozunk a 2. és 3. ábrák leírására, amelyeknél 10 ismertetjük, hogy mely elmozdulás van a kapilláris erőhöz rendelve (mérőelem végrészének elmozdulása, kapilláris átvezető csatornában való folyadék elmozdulás), amivel – például felösszegezve – számítható a teljes mechanikai munka, azaz a teljes hengerszimmetria-megtartó változtatáshoz tartozó mechanikai munka (ez az elnevezés azért is helytálló, mert a gravitációs hatásokat 15 elhanyagoljuk; nevezhetjük még kapilláris erő-munkának vagy akár egyszerűen első munkának).

Az eljárás elvégzésekor a kapilláris híd előnyös mérettartományában a folyadék-fluidum közeg határfelületi feszültségéből származó erő és a folyadék-fluidum közeg határfelületének görbületéből származó erő (melyek összege a kapilláris erő) 20 nagysága mellett a kapilláris híd súlya jellemzően elhanyagolható. Ezáltal a gravitációs erő is elhanyagolható, ezért a képletekből elhagyható.

A fenti két pont szerinti lépések között nincs hierarchia, azaz sorrendjük nem jelent végrehajtási sorrendet. Mivel az erőt a hengerszimmetria-megtartó változtatás (vagy hengerszimmetriát megtartó változtatás; nevezhetnénk hengerszimmetria- 25 fenntartó vagy -megőrző változtatásnak is) során végig mérjük az értelmezhető mintegy hamarabbiként, mint a felvett erőértékekből a teljes mechanikai munka meghatározása és a felületváltozások meghatározása, ugyanakkor ez utóbbi kettő végrehajtása tetszőleges sorrendben vagy egyszerre is történhet, ezt fejezi ki hivatkozási jelük is.

30 Megjegyezzük továbbá, hogy a felületváltozás meghatározása egy olyan mérési lépés, amely előnyösen optikai felvételek készítésével és azokból az adott

időpontbeli felületek, majd a kiindulási állapot és végállapot közötti különbségük kiszámításával végzünk.

- A hengersizmetria-megtartó változtatásra való felösszegzéssel kapcsolatosan hivatkozunk a (2) képlet ismertetésére. A felösszegzés határesetben integrálásba
- 5 megy át – ahogy a jelölésben meg is jelenik a (2) képletben – ugyanakkor, amint a 4A-4B ábrák is szemléltetik a mérések diszkrét jellegéből adódóan kis értékű, de véges elmozdulásokkal számolunk. Az erőértékeket az elmozdulásértékekkel az adott (teljes, tehát az eljáráshoz a kapilláris hídon alkalmazott) hengersizmetria-
- 10 megtartó változtatásra szükséges felösszegezni (tehát a teljes vizsgált folyamatra, amelyet kijelöltünk a mérési adatok rögzítése során, a kiindulási- és végállapotok között) ahhoz, hogy a teljes mechanikai munkát meghatározzuk (az így kapott teljes mechanikai munkát a kapilláris erőhöz tartozónak nevezzük, annak megfelelően, hogy annak az elmozdulásra való felösszegzésével, integrálásával kapjuk: ld. alább a (2) képlet $\int F dz$ tagját).
- 15 A találmány szerinti eljárás során továbbá (ebben a bekezdésben a találmány szerinti eljárás további lépéseit adjuk meg) a hengersizmetria-megtartó változtatásra az első felületváltozás, a második felületváltozás, a teljes mechanikai munka, valamint a (folyadékból lévő) kapilláris híd és a fluidum közeg folyadék-
- 20 fluidum határfelületi feszültsége alapján meghatározzuk (ehhez tartozik a határfelületi különbségérték meghatározására vonatkozó S120 műveleti lépés)
- a vizsgálandó felület és a (folyadékból lévő) kapilláris híd szilárd-folyadék határfelületi feszültsége és
 - a vizsgálandó felület és a fluidum közeg szilárd-fluidum határfelületi feszültsége
- 25 első különbségértékét, és
- a folyadék-fluidum határfelületi feszültségből kivonva az első különbségértéket meghatározzuk (ehhez tartozik a folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározására vonatkozó S130 műveleti lépés) a hengersizmetria-
- 30 megtartó változtatáshoz tartozó, a (folyadékból lévő) kapilláris hídra és a vizsgálandó felületre jellemző folyadék-szilárd adhéziós munkát.

A találmány szerinti eljárás és berendezés lényege, hogy egy kör alakú szilárd felület és a vizsgált szilárd felület között hengersizmetrikus kapilláris hidat hozunk

létre a folyadékból az ezeket körülvevő fluidum közegben. A folyadék a kör alakú szilárd felületet jól nedvesíti, a folyadék meniszkusza a kör alakú szilárd felület élén megtapad.

5 A mérőelem végrészére az eljárás fenti bevezetésénél kerületi körperemmel rendelkező végrészként hivatkozunk (ez a – körvonal alakú – perem a kerületén van, célszerűen egy henger alakú elem előnyösen sík végrészének éle). A kapillaris híd hengersizmetrikus kialakításának megfelelően ez is hengersizmetrikus kialakítású. Ennek a szemléltetett megvalósítását leírásban kör alakú (szilárd) felületnek nevezzük, az ábrákon sík kialakításúként van szemléltetve (ennek 10 megfelelően a kerületi körperemmel rendelkező végrész is lehet előnyösen sík kialakítású, illetve természetszerűleg szilárd kialakítású).

A 2. ábra szerinti kialakításban a kör alakú felület egy – természetszerűleg sík – körlap a mérőelem alján, a 3. ábra szerinti kialakítás szerint ugyanakkor a kör alakú felületre nyílik a 11 kapillaris cső 14 csatornája, aminek megfelelően a végrész lehet 15 sík (lapos) körgyűrű alakú vagy olyan kör külső kerületű sík (lapos) gyűrű alakú, amelynek belső kerülete körtől eltérő, például négyzet vagy téglalap alakú.

Az előbbi megállapításnak is megfelelően a folyadék a kör alakú szilárd felületet jól nedvesíti, a folyadék meniszkusza a kör alakú szilárd felület élén (peremén) megtapad, azaz kerületi körperemmel rendelkező végrész és a kapillaris híd 20 határfelülete tekinthető állandónak. Előnyösen alkalmazhatunk megfelelő anyagú felületet a végrésznél (pl. üveg vagy platina), ami a megfelelő nedvesítésben segít, illetőleg a perem megléte biztosítja a végrész és a kapillaris híd határfelületének állandóságát, mivel arról a folyadéknak nem előnyös leválnia (azaz a peremvonal-megtapadás segít). Ez független attól, hogy a vizsgálandó (vizsgálati) tárgy hidrofíl 25 vagy hidrofób.

Az ábrákra való hivatkozással az eljárásnak kétféle kiviteli alak szerinti végrehajtását tárgyaljuk. Elsőként a 2. ábra szerinti végrehajtásra utalunk. A két szilárd felület távolságát ebben az esetben megváltoztatjuk úgy, hogy a relatív elmozdulás iránya egybeesik a kapillaris híd szimmetriatengelyével (azaz 30 hengersizmetria-megtartó változtatást eszközölünk, olyan módosítást, amely nem rontja el a kapillaris híd hengersizmetriáját). A szilárd felületek távolságának

változtatásával változtatjuk a kapilláris híd hosszát. A két szilárd felület közelítésekor a kapilláris híd rövidül, távolításukkor a kapilláris híd hossza nő. Mindkét irányú folyamat esetén megváltozik a folyadék-fluidum határfelület nagysága, illetve a folyadék és a vizsgált szilárd felület határfelületének nagysága is. A folyadék és a kör alakú szilárd felület közötti határfelület nem változik meg, mert a folyadék meniszkusza a kör alakú szilárd felület élén megtapad.

A folyamat közben mérjük a kapilláris erőt és a szilárd felületek relatív elmozdulásának mértékét. A mért erő a relatív elmozdulás szerinti integrálja megadja a munkát (azaz a rendszeren, illetve a rendszer által végzett munkát), amely munka a határfelületek nagyságának megváltoztatására fordítódik (a képletekkel kapcsolatosan hivatkozunk a 4A-4B ábrán látható szemléltető mérési eredményekre):

$$\int F dz = \Delta A \cdot \gamma_{LF} + \Delta B \cdot (\gamma_{SL} - \gamma_{SF}) \quad (2)$$

ahol F a kapilláris erő, dz a relatív elmozdulás (munkavégzési elmozdulás) a közelítés vagy a távolítás során, ΔA a folyadék-fluidum határfelület nagyságának megváltozása, γ_{LF} a folyadék-fluidum határfelületi feszültsége (ez ugyanúgy görög gamma, mint a képletben), ΔB a folyadék és a vizsgált szilárd felület határfelületének nagyságának megváltozása, γ_{SL} a folyadék és a vizsgált szilárd felület határfelületi feszültsége, és γ_{SF} a vizsgált szilárd felület és a fluidum közeg határfelületi feszültsége.

A szilárd felületek közelítésekor és távolításakor a kiinduláskor és a végpontban meghatározva a határfelületek nagyságának megváltozását, a $(\gamma_{SL} - \gamma_{SF})$ kifejezés tehát számítható. Ez marad az egyenletben a számítandó mennyiség, mivel a (2) képletben a bal oldalon szereplő integrálértéket meghatározzuk, amint a felületváltozásokat is. A kísérletekben a vizsgálandó felület paraméterei az ismeretlenek, így az ahhoz kapcsolódó határfelületi feszültségek is, ugyanakkor a γ_{LF} folyadék-fluidum határfelületi feszültséget ismertnek tekintjük. Ezzel összhangban van a folyadék-szilárd adhézión munkák kiszámításának fentebb részletezett menete is.

A képlet jelöléseit a fentebb bevezetett fogalmakkal is összhangba hozva, az első különbségértéket (ld. fentebb) előnyösen a (2) képletből átrendezéssel kifejezett

$$\gamma_{SL} - \gamma_{SF} = \frac{\int F dz - \Delta A \cdot \gamma_{LF}}{\Delta B} \quad (3)$$

képlet szerint számoljuk (ld. a képlet alkalmazására vonatkozó előjelkonvenciót az erővel kapcsolatosan alább), amelynél

- 5 - γ_{SL} a szilárd-folyadék határfelületi feszültség, és γ_{SF} a szilárd-fluidum határfelületi feszültség,
- $\int F dz$ a teljes mechanikai munka,
- a γ_{LF} a folyadék-fluidum határfelületi feszültség, valamint
- a ΔA az első felületváltozás, valamint a ΔB a második felületváltozás.

10 A folyadék-szilárd adhéziós munka (W_a) definíció szerint (a (2) egyenlet mennyiségeivel szemben ez egy fajlagos mennyiség, amint a bevezetőben említettük):

$$W_a = \gamma_{LF} - (\gamma_{SL} - \gamma_{SF}) \quad (4)$$

ezért a folyadék-fluidum határfelületi energiájának (γ_{LF}) ismeretében a folyadék-szilárd adhéziós munka kiszámítható.

- 15 A fentiek némiképp módosulnak, amennyiben az eljárást egy másik kiviteli alak szerint hajtjuk végre. Ezzel kapcsolatosan utalunk a 3. ábrára. Ebben az esetben a kör alakú szilárd felület egy kapilláris cső keresztmetszete (végrésze), a szilárd felületek távolságának változtatása helyett a folyadékból létrehozott kapilláris híd térfogatát változtathatjuk. Tehát ekkor a szilárd felületek távolságát változatlanul
- 20 tartjuk, de mérjük a kapilláris híd térfogatának dV változását. A térfogat növelése a szilárd felületek közelítésének, csökkentése a távolításának felel meg. Ebben az esetben a munka számításához a kapilláris erőt a kapilláris csőben lévő folyadékoszlop relatív elmozdulása (munkavégzési elmozdulás), azaz a ' dV/a ' mennyiség szerint kell integrálnunk, ahol ' a ' a kapilláris cső belső keresztmetszete.
- 25 Minden más lényegében megegyezik a fent leírtakkal.

Amennyiben (a gyakran használt konvenció szerint) a vonzó kapilláris erőt pozitív előjelűnek tekintjük (másképpen: a kapilláris erőt vonzó esetben pozitív előjelűnek tekintve), a fenti (2) és (4) egyenleteknek megfelelően a mechanikailag végzett munka és a folyadék-fluidum határfelület megváltoztatásához szükséges munka

30 különbségéből és a folyadék-szilárd határfelület megváltozásából képzett

hányadost kell kivonnunk a folyadék-fluidum határfelületi feszültségből, így a keresett folyadék-szilárd adhéziós munkát kapjuk.

Amennyiben eltérnénk ettől a konvenciótól, és a vonzó kapilláris erőt negatív előjelűnek vesszük, a folyadék-szilárd adhéziós munka akkor is meghatározható.

- 5 Ekkor a mechanikailag végzett munka ellentettje és a folyadék-fluidum határfelület megváltoztatásához szükséges munka különbségéből, valamint a folyadék-szilárd határfelület megváltozásából képzett hányadost kellene levonnunk a folyadék-fluidum határfelületi feszültségből, hogy ezzel a keresett folyadék-szilárd adhéziós munkát kapjuk. Tehát, ha más előjelkonvenciót használnánk, az a fenti (2)
- 10 képletben a bal oldali integrál előjelváltozását okozná (hatva a (3) képletre is, amelyben ekkor az integrál negatív előjellel szerepelne). Ennek megfelelően a kiszámítás pontos menete függ a választott előjelkonvenciótól, ugyanakkor a fenti módon meghatározott mennyiségek alapján a folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározható.

- 15 A folyadék szilárd felületen kialakított peremvonalának előrehaladása közben meghatározott adhéziós munka a folyadék területének hajtóerejét jellemzi, míg a hátráló szituációban meghatározott adhéziós munka a folyadék lefejtésének nehézségét, a felület folyadékmegtartását jellemző mennyiség. A mozdulatlan peremvonal mellett befektetett mechanikai munka kizárólag a folyadék-fluidum
- 20 határfelület megváltoztatását szolgálja, azaz mozdulatlan peremvonal mellett a folyadék-szilárd adhéziós munkáról nem nyerhetünk információt.

- A jelen találmány a fentiekkel összhangban azon a felismerésen alapul, hogy a rendszeren (illetve a rendszer által) végzett munka a folyadék-fluidum (közeg) és a folyadék-szilárd határfelületek megváltoztatására fordítódik, ezáltal a mechanikai
- 25 munka, a folyadék-fluidum határfelületi feszültség és a határfelületek nagyságának megváltozásának ismeretében a folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározható.

- Ennek megfelelően a jelen találmány eddigiekből nem következő, alapjaiban új eleme, hogy a kapilláris híd peremvonalának haladása majd hátrálása mellett a mechanikai munkából és a határfelületek megváltozásának mértékéből a folyadék-
- 30 szilárd adhéziós munka külön-külön és abszolút módon határozható meg a haladó és a hátráló szituációra.

A továbbiakban bemutatjuk, hogy a folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározására szolgáló eljárásban alkalmazott mennyiségek milyen módon mérhetők vagy határozhatók meg. Ezzel kapcsolatosan utalunk még a 2. és 3. ábrák leírására is.

- 5 A kapilláris erő oly módon mérhető, ha a kör alakú szilárd felület egy erőmérőhöz csatlakozik, vagy a vizsgált felületű szilárd test (vizsgálandó tárgy) egy erőmérőn (mérlegen) kerül elhelyezésre.

A határfelületek méretének és a kapilláris híd térfogatának megváltozása oly módon határozható meg, hogy a folyadék által alkotott kapilláris hídról oldalnézetből felvétel
10 készül a szilárd felületek közelítésekor is és távolításakor is, illetve a térfogat növelésekor is és csökkentésekor is, legalább a kiinduláskor és a végpontban.

A folyadék és a vizsgált szilárd felület határfelületének nagysága – mivel a kapilláris híd hengerszimmetrikus – a képen a kapilláris híd alkotói és a vizsgált szilárd felület érintkezési pontjai távolságát (azaz a folyadék kör alakú peremvonalának átmérőjét)
15 meghatározva a vizsgált szilárd felület geometriájának ismeretében kiszámítható (a kamerával készített felvételekre alapuló számításokkal kapcsolatosan hivatkozunk a már a bevezetőben is említett N. Nagy: Contact Angle Determination on Hydrophilic and Superhydrophilic Surfaces by Using r - θ -Type Capillary Bridges. *Langmuir* 35, p. 5202 (2019) szakcikkre). Amennyiben pl. a vizsgált szilárd felület
20 sík, a szóban forgó határfelület körlap. Amennyiben pl. a vizsgált szilárd felület gömbfelszín (melynek legfelső vagy legalsó pontja a kapilláris híd szimmetriatengelyére esik) a határfelület gömbsüveg felszíne.

A kapilláris híd hengerszimmetriájára vonatkozó fenti kitétellel, valamint a fentebb említett körülménnyel (a relatív elmozdulás iránya egybeesik a kapilláris híd
25 szimmetriatengelyével) alátámasztjuk azt, hogy a kapilláris hídon végzett változtatás megtartja (megőrzi) a hengerszimmetriát. Szintén alátámasztja ezt, hogy a mozgatás lineáris mozgatóval történik. Ezzel analóg a térfogatváltoztatás esete, mivel ott is alkalmazhatjuk a képi elemzést, valamint ott sem áll fenn
30 semmilyen olyan körülmény – a térfogatváltoztatás a kapilláris cső csatornáján keresztül történik –, amely hengerszimmetriát sértő változtatást okozhatna.

A folyadék-fluidum határfelület nagysága előnyösen meghatározható a kapilláris híd alakjának képi elemzése alapján. A határfelület nagysága számítható a kapilláris híd alakjának analitikus matematikai leírása segítségével, vagy meghatározható úgy, hogy a kapilláris híd alkotóját (kontúráját) közelíthetjük egy megfelelő

5 függvénnyel (pl. polinommal), és ezen görbe a kapilláris híd szimmetriatengelye körüli megforgatásával nyert forgásfelület nagyságát számítjuk ki (integráljuk). Ettől kissé eltérő megoldás, ha a hengerszimmetrikus kapilláris híd alkotóját diszkrét elemekre, azaz a forgásfelületet kis magasságú hengerpalástokra bontva, a forgásfelület nagyságát ezek összegeként számítjuk (numerikusan integráljuk).

- 10 A kapilláris híd térfogatának változása – az azt számításba vevő kiviteli alakhoz – meghatározható a térfogatváltozást biztosító berendezés segítségével (ld. még alább a 3. ábrával kapcsolatban). A térfogat meghatározható a kapilláris híd alakjának képi elemzése alapján is. A kapilláris híd térfogata kiszámítható alakjának analitikus matematikai leírása segítségével, vagy a folyadék-fluidum határfelület
- 15 meghatározásához hasonlóan, eljárhatunk a kapilláris híd alkotójához illesztett függvénygörbe megforgatásával nyert forgástest térfogatának számítása, vagy a kapilláris híd profiljának numerikus integrálása szerint.

- A szilárd felületek távolságának változása (a megfelelő kiviteli alakokhoz), azaz a kapilláris híd hosszának változása meghatározható a lineáris mozgást biztosító
- 20 mechanika segítségével, vagy a kapilláris hídról készült képek elemzéséből.

- A szilárd testek közelítése, illetve a kapilláris híd térfogatának növelése során a folyadék a vizsgált szilárd felületen kialakult peremvonala előre mozog. Ezért az így meghatározott folyadék-szilárd adhéziós munka a folyadék terülésére jellemző a vizsgált felületen, így annak megfelelő, amikor a Young-Dupré egyenletbe (ld. a fenti
- 25 (1) egyenletet) a folyadék a vizsgált felületen mért haladó peremszögét helyettesítjük. A szilárd testek távolításakor, illetve a kapilláris híd térfogatának csökkentésekor a folyadék peremvonala hátrafelé mozog. Ezért az így meghatározott folyadék-szilárd adhéziós munka a folyadék leválasztását jellemzi a vizsgált felületről, így annak megfelelő, amikor a Young-Dupré egyenletbe a
- 30 folyadék a vizsgált felületen mért hátráló peremszögét helyettesítjük.

Az így meghatározott folyadék-szilárd adhéziós munka értékéből a Young-Dupré egyenlet segítségével (azaz a fenti (1) egyenlettel) a folyadék a vizsgált felületen kialakuló – haladó és hátráló – peremszögének (jellemző) értéke annak közvetlen mérése nélkül, számítás útján meghatározható. Ez például olyan esetekben

5 előnyös, ha a peremszögmérés bizonytalansága jelentősen ront a további számítások eredményének pontosságán. A folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározásnak találmány szerinti módját ilyen tekintetben hatékonyabbnak tekintjük az ismert megoldásoknál.

Az alábbiakban a 2. és 3. ábrák ismertetését adjuk meg, azok kapcsán szemléltetve

10 az eljárás megfelelő kiviteli alakjainak végrehajtásának részleteit, illetve a végrehajtáshoz kapcsolódóan a 2. és 3. ábrákon szemléltetett berendezések egyes részleteit (opciókat is ismertetve és sok esetben példa szintjén való bemutatást adva, amely információk értelemszerűen általánosíthatók).

A 2. ábrán a találmány szerinti eljárás egy kiviteli alakját szemléltetjük a vonatkozó

15 berendezés vázlatos rajza segítségével. A találmány 2. ábrán bemutatott előnyös példaképpen (példakénti) kiviteli alakjában a kör alakú szilárd 1 felület (az ábrának megfelelően ezzel a hivatkozási jellel jelölhetnénk inkább akár a kerületi körperemmel rendelkező végrészt is) például lehetne egy 2 mm átmérőjű üveghenger alaplapja (illetve a 2. ábrának megfelelően lehet más – fentebb kissé

20 karcsúsított – tárggyal is kialakítva, amelynek a végrésze megfelelően, azaz kör alakú szilárd felülettel van kialakítva), vagy egy ezzel azonos átmérőjű platina korong. Ezen a felületen függ a folyadék $>1 \mu\text{L}$ térfogatú cseppje. Az üveghenger felső vége egy például $\leq 5 \mu\text{N}$ felbontású erőkompenzált 2 erőmérőhöz csatlakozik (a megegyező funkciójú elemeket, így az erőmérőt, a 2. és 3. ábrán ugyanúgy

25 jelöltük, de némileg eltérő kialakítást a jelölésben az egyik változatnál – például ennél – példaképpen felső vesszővel (') megjeleníthetjük, ilyen lehet még például kör alakú szilárd 1 felület és 5 mintakamra is). Ennek vertikális mozgatásáról egy léptetőmotor által hajtott menetesorsós 3 lineáris mozgató gondoskodik, amellyel az elérhető legkisebb vertikális mozgási sebesség $<0,02 \text{ mm/s}$.

30 Az üveghenger alaplapja alatt, annak síkjával párhuzamosan, előnyösen egy kétirányban síkban mozgatható állványon (egy x-y mozgatón) helyezkedik el a vizsgált szilárd 4 felület (a kapilláris híd létrejötte után a találmány szerinti eljárás

folyamán ezt nem használjuk). Az üveghenger alsó vége és a vizsgált szilárd 4 felület előnyösen közös 5 mintakamrában helyezkedik el, az 5 mintakamrát kitöltő fluidum (azaz a 9 kapilláris hidat körülvevő 6 fluidum közeg) például a folyadék közel telített ($\geq 80\%$) gőztere (gáz halmazállapotú fluidum közeg alkalmazása esetén

5 természetesen megoldható a mintakamra olyan módon való lezárása – ez tehát nem teljes lezárás –, hogy a mintakamra felső lapján kialakított kis méretű nyíláson nyúlik be a mérőelem végrésze a kamrába). Azért alkalmazzuk a mintakamra elnevezést, mert abban van elrendezve a vizsgálandó minta, azaz a szilárd vizsgálandó tárgy, de nevezhetnénk mérőkamrának is, mivel a mérések abban,

10 illetve az abban lévő részegységekre (kerületi körperemmel rendelkező végrész, kapilláris híd, szilárd vizsgálandó tárgy) összpontosulnak.

A kapilláris híd, az azt létrehozó részegységek nem feltétlenül helyezkednek el mintakamrában, lehetnek akár szabad levegőn is, a mérési elvet, a folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározásának módját nem befolyásolja az, hogy a kapilláris

15 hidat milyen fluidum veszi körül. Természetesen lehet előnyös mintakamrában megfelelő fluidum közeg alkalmazása (azaz, ha a kör alakú szilárd 1 felület, a vizsgált szilárd 4 felület, és a 9 kapilláris híd közös 5 mintakamrában helyezkednek el).

A fluidum közeg előnyösen lehet tehát mintakamrában, az így elhelyezett fluidum

20 közegben kerül elrendezésre a vizsgálat során vizsgálandó felülettel rendelkező szilárd vizsgálandó tárgy és ide kerül a mérőelem kerületi körperemmel rendelkező végrésze. A mintakamrát előnyösen tartalmazhatja a berendezés, hiszen az lehet egy fixen elrendezett részegysége (abban pedig szükség esetén cseréljük a vizsgálandó tárgyat), de elrendezhető csak a mérés (eljárás) végrehajtásának

25 idejére is, azaz ezzel együtt is cserélhetjük a vizsgálandó tárgyat.

Előnyösen az üveghenger tengelyére merőlegesen, annak egyik oldalán előnyösen egy homogén megvilágítást biztosító 7 fényforrás, esetünkben például egy diffúzorral ellátott LED lámpa, vele szemben a másik oldalon egy legalább 1024×768 pixel felbontású, például CMOS (Complementary Metal-Oxide

30 Semiconductor – komplementer fém-oxid félvezető) 8 kamera helyezkedik el (előnyösen alkalmazhatunk több kamerát is, illetve fogalmazhatunk úgy, hogy legalább egy kamerát alkalmazunk, mivel úgy jobban lehet vizsgálni a

hengersizimmetrikus testet). A 2 erőmérő, a 3 lineáris mozgató és a 8 kamera adatait a 10 integrátor egység ((fel)összegző egység vagy röviden: integrátor) dolgozza fel, amelyek a 2. ábrának megfelelően előnyösen rendre összeköttetésekkel rendelkeznek a 10 integrátor egységhez.

- 5 A mérési folyamat során először a kör alakú szilárd 1 felületen függő folyadékcseppet a vizsgált szilárd 4 felülethez közelítjük. Onnantól, hogy a folyadékcsepp elérte az vizsgált szilárd 4 felületet, azaz a 9 kapilláris híd kialakulásának pillanatától, a mozgató sebességét például 0,0025 mm/s-ra állítjuk, és például 10 s-enként rögzítjük (feljegyezzük) az 2 erőmérő által mért erőt, a kör
- 10 alakú szilárd 1 felület elmozdulásának mértékét és a 9 kapilláris hídról készült képet. A közelítés során a 9 kapilláris híd hossza csökken, miközben a vizsgált 4 felülettel alkotott határfelület átmérője nő.

- Egy, a 9 kapilláris híd geometriai viszonyai alapján választott pillanatban a közelítést megállítjuk és azzal azonos paraméterekkel távolítani kezdjük a kör alakú szilárd 1
- 15 felületet és például a 9 kapilláris híd szakadásáig folytatjuk (a közelítéssel és a távolítással alkalmazunk hengersizimmetria-megtartó változtatást a kapilláris hídon).

- A kiértékelés során a közelítés kezdőpontjának (kezdeti állapot) a 9 kapilláris híd kialakulásától számított második mérési pontot, végpontjának (végállapot) a
- 20 fordulópontot tekintjük (vö. 4A-4B ábrákkal: a karika a kialakulás és onnan a második, azaz a karikázottat is beleszámítva a harmadik; végpont: természetesen 4A ábránál az ugrás előtti – ábra szerinti alsó – pont a fordulásnál). A távolítás kezdőpontjának (kezdeti állapot) pedig például a fordulóponttól számított második mérési pontot tekintjük, míg végpontjának (végállapot) azt a mérési pontot, amikor
- 25 a 9 kapilláris híd hossza éppen nem haladja meg a kialakulás pillanatában mért hosszát.

- Ezzel tulajdonképpen egy ökölszabályt adunk, hogy hogyan lehet az integrált a közelítő és a távolító fázisra külön számolni az adhézios munkát (amint máshol is említjük, a közelítő szakaszra számolt adhézios munka a folyadék területét jellemzi,
- 30 a távolító eset a folyadék lefejtését).

Közvetlenül kialakulását követően a folyadék-szilárd peremvonal még nem feltétlenül halad előre, ezért a második ponttól már biztonságosabb vizsgálni a folyamatot. A távolítás esetén is a második ponttól célszerű kezdeni, és egy praktikus támpontot adunk arra nézve, hogy a kialakulási hosszt nem célszerű meghaladni, mert ebben a fázisban a peremvonal jellemzően már nem hátrál, valamint kockáztatjuk a kapilláris híd elszakadását is. Arra a részre érdemes az eljárást alkalmazni, ahol a peremvonal valóban mozog, erre az ökölszabály jó támpontot ad.

A fentit tehát csak ökölszabályként kell kezelni, attól értelemszerűen el lehet térni, akár jóval rövidebb szakaszra alkalmazva a képleteket. Természetesen a mérési hiba is nagyobb rövidebb vizsgált változás tartomány esetén. Az ökölszabály hosszú mérési szakaszokat definiál a kapilláris híd haladására és hátrálására is.

Belátható, hogy nem érdemes túl rövid mérési szakaszt választani (kiindulási- és végállapotok között), azaz túl kismértékű hengerszimmetria-megtartó változtatást vizsgálni a találmány szerinti eljárásban. Például két szomszédos mérési pont közti változtatás még kicsinek tekinthető (várhatóan nagy mérési hiba jelentkezhet), de alkalmazása a találmányban annak sem kizárt. Három egymást követő mérési pont vizsgálata a hengerszimmetria-megtartó változtatás során már feltehetőleg kisebb hibával jár, azaz előnyös lehet, ha legalább három mérési pontot felveszünk (azaz legalább három mérés időpillanattal dolgozunk, ennyit fed le a hengerszimmetria-megtartó változtatás).

A továbbiakban a folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározása a fent leírtaknak megfelelően történik. Az 2 erőmérő által mért kapilláris erőt a kör alakú szilárd 1 felület 3 lineáris mozgató által mért relatív elmozdulása szerint az 10 integrátor egység integrálja. A folyadék-fluidum határfelület nagyságát a 8 kamera által rögzített kép alapján szintén az 10 integrátor egység számítja (integrálja).

A találmány szerinti berendezés egy másik, a 3. ábrán bemutatott előnyös példaképpeni kiviteli alakjában az 5 mintakamra a 2 erőmérőn, ebben az esetben egy $\leq 0,05$ mg felbontású analitikai mérlegen helyezkedik el. Az 5 mintakamrában található 6 fluidum közeg a 9 kapilláris hidat alkotó folyadékkal nem elegyedő folyékony halmazállapotú közeg.

Amennyiben a folyadékkal nem elegyedő folyékony halmazállapotú fluidum közeget alkalmazunk, akkor lehetséges az alábbi két előnyös eset a fluidum közeg betöltésére, amelyeknél az 5 mintakamrába a folyadékkal nem elegyedő folyékony halmazállapotú 6 fluidum közeget

- 5 - a 9 kapilláris híd kialakulása után töltjük, vagy
- a 9 kapilláris híd legrövidebb, vagy legnagyobb térfogatú állapotában töltjük.

Az utóbbi esetben például csak a hátráló esetre alkalmazzuk az eljárást. Általánosan megjegyezhető, hogy sok esetben célszerű megtenni mindkét irányú vizsgálatot (haladó, hátráló), de ez nem szükségszerű.

- 10 A kör alakú szilárd 1 felület (általánosan kerületi körperemmel rendelkező végrész, illetve a leírásnak megfelelően olyan kör alakú szilárd felület, amelyre a kapilláris cső csatornája nyílik) egy például 2 mm külső átmérőjű üveg 11 kapilláris cső keresztmetszete, amely kapilláris cső egy előnyösen hajlékony csövön keresztül egy 12 folyadékadagoló berendezéshez, praktikusán egy fecskendőpumpához
- 15 csatlakozik, amelynek minimális adagolási sebessége előnyösen $<0,2 \mu\text{L}/\text{min}$, azaz legyen képes $0,2 \mu\text{L}/\text{min}$ -nél lassabban adagolni. A 11 kapilláris cső lineáris mozgását előnyösen egy, a 2. ábrán szemléltetett kiviteli alakkal kapcsolatban leírt 3 lineáris mozgató végzi.

- A 7 fényforrás és 8 kamera elhelyezése és tulajdonságai is a 2. ábrán szemléltetett
- 20 kiviteli alakkal kapcsolatban leírtakkal megegyező. Az 2 erőmérő, a 12 folyadékadagoló és a 8 kamera adatait az 10 integrátor egység dolgozza fel.

- A mérés előtt a kör alakú szilárd 1 felületet a vizsgált szilárd 4 felület közelébe mozgatjuk úgy, hogy a köztük lévő távolság előnyösen $\leq 2 \text{ mm}$ legyen. A 11 kapilláris csőből ismert térfogatú folyadékot nyomunk ki a 9 kapilláris híd
- 25 kialakulásáig. Ezen a ponton az eljárás részeként a mérést előnyösen végezhetjük az előző előnyös kiviteli alak esetén ismertetett módon, azaz a kör alakú szilárd 1 felület közelítésével és távolításával (így alkalmazva hengerszimmetria-megtartó változtatást). Ebben az esetben a mérés kiértékelése is azonos a fentiekkel (ebben az esetben a 11 kapilláris cső előnyösen leereszthető a 3 lineáris mozgató
- 30 segítségével a vizsgált szilárd 4 felület közelébe, illetve azt követően mozgatható a kapilláris híd hosszának változtatására).

Jelen előnyös kiviteli alak lehetőséget biztosít egy ettől eltérő mérési folyamatra is. Ebben az esetben előnyösen a kör alakú szilárd 1 felület és a vizsgált szilárd 4 felület távolságát nem változtatjuk a találmány szerinti eljárás megfelelő kiviteli alakjának végrehajtása közben. A 12 folyadékadagolóval (például
5 fecskendőpumpával) ismert mennyiségben, például $0,001 \mu\text{L/s}$ sebességgel növeljük, majd csökkentjük a 9 kapilláris híd térfogatát (térfogatváltoztatással alkalmazva hengerszimmetria-megtartó változtatást). A mérés során, a korábbiakhoz hasonlóan, 10 s-enként rögzítjük (feljegyezzük) a 2 erőmérő által mért
10 erőt, a 9 kapilláris híd térfogatának változását és a 8 kamera a 9 kapilláris hídról készített képét. Ebben az esetben is összeköttetések vannak a 2 erőmérő, a 8 kamera és a 12 folyadékadagoló (valamint előnyösen a 3 lineáris mozgató) irányából a 10 integrátor egység felé.

A jelen kiviteli alakban a kiértékelés során előnyösen a térfogatnövelés kezdőpontjának a 9 kapilláris híd kialakulásától számított második mérési pontot,
15 végpontjának a fordulópontot tekintjük. Továbbá előnyösen a térfogatcsökkentés kezdőpontjának a fordulóponttól számított második mérési pontot tekintjük, míg végpontjának azt a mérési pontot, amikor a 9 kapilláris híd térfogata éppen nem haladja meg a kialakulás pillanatában mért térfogatot.

A továbbiakban a folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározása a fent leírtaknak
20 megfelelően történik, azzal a különbséggel, hogy a folyamatok során mért erőt nem a szilárd felületek relatív elmozdulása szerint (mivel azok mozdulatlanok lesznek), hanem a folyadékoszlop a kapilláris csőben való elmozdulása (dV/a) szerint integráljuk az 10 integrátor egységgel.

Ebben az esetben tehát a 3 lineáris mozgatót a vizsgált szilárd 4 felülettől megfelelő
25 távolságba való mozgatásra alkalmazzuk, majd azt követően azt mozdulatlanul (a vizsgált szilárd 4 felülettől változatlan távolságra) tartjuk. Ez utóbbi kiviteli alakban ugyanakkor kialakítható úgy is a berendezés, hogy nem alkalmazunk (lineáris) mozgatót, hanem a kapilláris csövet egy előre meghatározott távolságra rögzítjük (azaz ilyen távolságban az rögzítetten van elrendezve) a vizsgált szilárd 4 felülettől
30 és úgy alkalmazzuk a berendezést. A kapilláris csövön keresztül ebben az esetben is bejuttatható a kapilláris híd kialakításához szükséges folyadék.

Amint fentebb is részben érintettük, bizonyos esetekben előnyös lehet, ha a 9 kapilláris hidat alkotó folyadékkal nem elegendő folyékony 6 fluidum közeget a 5 mintakamrába a 9 kapilláris híd kialakulását vagy annak maximális térfogatának elérését követően töltjük. Ez utóbbi megoldással vizsgálható például, hogy

5 mennyire könnyíti meg a 6 fluidum közeg jelenléte a folyadék leválasztását a vizsgált 4 felületről.

A 3. ábra szerinti berendezés és az ahhoz tartozó eljárás további előnye, hogy a kapilláris híd kialakítása egyszerű és gyors, térfogata pontosan beállítható, ezáltal egyszerűen automatizálható, azaz nagy átbocsátási képességű méréseket is

10 lehetővé tesz. További előnyös tulajdonsága, hogy amennyiben a fluidum közeg folyadék halmazállapotú, a kapilláris híd kialakítása egyszerűen megoldható, szemben a 2. ábra szerinti elrendezéssel, ahol a kiindulási függőcsepp átjuttatása a levegő-folyadék közeg határfelületen jellemzően nehezebben kivitelezhető. A 3. ábra szerinti elrendezéssel a folyadék alatt végzett mérések különösen előnyösen

15 jóval egyszerűbben elvégezhetők, megkönnyítve és pontosabbá téve pl. a szakterületen gyakran alkalmazott átnedvesítési (folyadék leszorítási), és tisztítási folyamatok vizsgálatát, amelyekhez fontos a folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározása.

A találmány szerinti eljárásnak a 3. ábrán szemléltetett berendezéssel végrehajtott

20 kiviteli alakjában a kerületi körperemmel rendelkező végrészére nyíló kapilláris átvezető csatornával (ld. a 3. ábrán kapilláris átvezető 14 csatorna) rendelkező mérőelemet alkalmazunk, amelynél a kapilláris átvezető csatornának a kerületi körperemmel rendelkező végrésszel átellenes vége folyadékadagolóhoz (ld. a 3. ábrán 12 folyadékadagolót) van csatlakoztatva és a folyadéknak (ez a kapilláris híd

25 felépítésére szolgáló – más szavakkal a kapilláris hidat alkotó – folyadék, amelyet célszerűen azon hengersizmetria-megtartó változtatás végrehajtására is alkalmazunk; ez alább is előkerül) a kapilláris átvezető csatornán történő átvezetésével van a hengersizmetrikus kapilláris hídon a hengersizmetria-megtartó változtatás végrehajtva, valamint a munkavégzési elmozdulás a

30 folyadéknak a kapilláris átvezető csatornában való elmozdulásának meghatározására szolgáló elmozdulás-meghatározási egységgel van meghatározva.

A fentiekben tehát azt specifikáljuk egyrészt (azaz nem új lépést vezetünk be, hanem a végrehajtás módját adjuk meg), hogy ebben a kiviteli alakban a hengerszimmetria-megtartó változtatást hogyan hajtjuk végre; ekkor a hengerszimmetria-megtartó változtatás kizárólag ezen a módon van végrehajtva, azaz a mérőelem mozdulatlan marad, ezáltal a kapilláris híd hossza is változatlan: a kapilláris híd alakja – térfogata, határfelületei – ugyanakkor változik. Specifikáljuk továbbá, hogy a munkavégzési elmozdulás milyen módon határozandó meg.

A kapilláris átvezető csatornán történő folyadék átvezetéssel a térfogat növelhető (ekkor „hízni” fog a kapilláris híd), ugyanakkor el is vezethető folyadék (ekkor csökkenni fog a kapilláris híd térfogata), azaz a kapilláris hídon ebben az esetben is megvalósítható a két irányú folyamat – a folyadék-szilárd peremvonal haladása és hátrálása –, amelyeket mérőelem mozgatásával megvalósítunk, valamint a megfelelő munkavégzési elmozdulás is meghatározható.

A fentieknek megfelelően a találmány egyes kiviteli alakjai folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározására szolgáló berendezésre terjednek ki. A találmány szerinti berendezés alkalmas a találmány szerinti eljárás végrehajtására, azaz a találmány szerinti berendezés a találmány szerinti eljárás végrehajtásával szolgál folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározására.

A találmány szerinti berendezés tartalmaz

- kerületi körperemmel rendelkező végrésszel rendelkező mérőelemet kerületi körperemmel rendelkező végrészének vizsgálandó felülettel rendelkező szilárd vizsgálandó tárgy fluidum közegben való elrendezésére, amelynél a berendezés használata esetén a mérőelem és a vizsgálandó felület úgy vannak egymáshoz képest elrendezve, hogy a kerületi körperemmel rendelkező végrész és a vizsgálandó felület között létrehozható folyadékból lévő hengerszimmetrikus kapilláris híd (fentebb már érintettük, hogy a részegységek egymáshoz viszonyított milyen elrendezését követeli ez meg; ld. továbbá 6 fluidum közeget, a vizsgálandó felületet és 9 kapilláris hidat a 2. és 3. ábrán), a mérőelem a kerületi körperemmel rendelkező végrészre nyíló kapilláris átvezető 14 csatornával rendelkezik (ez előnyösen 11 kapilláris csőben van kialakítva, a 3. ábrán folyadékkal töltve van szemléltetve).

A berendezés részegységei esetenként a kapilláris híddal kapcsolatba hozva definiálhatók alább. Egyrészt ez a jellemzés meghatározza ezen részegységek hidegállapotú kialakítását is, másrészt természetesen ezen jellemzőkhöz odaérthető, hogy a berendezés használata esetén látják el ezt a funkciójukat, mivel

5 a kapilláris híd létrehozásával kapcsolatban ez már meg van határozva az iménti definícióban.

A berendezés tartalmaz továbbá

- folyadékadagolót (ld. a 3. ábrán 12 folyadékadagolót), amelyhez a kapilláris átvezető csatornának (ld. a 3. ábrán kapilláris átvezető 14 csatornát) a kerületi
- 10 körperemmel rendelkező végrésszel átellenes vége csatlakoztatva van (a csatornának természetesen két vége van, amelyek közül az egyik a kerületi körperemmel rendelkező végrészre nyílik, a másik a folyadékadagolóhoz van csatlakoztatva, azaz azon a végén a folyadékadagoló be tud táplálni, illetve el tud vezetni folyadékot), és
- 15 - a kapilláris híd és a fluidum közeg első határfelületének, valamint a kapilláris híd és a vizsgálandó felület második határfelületének meghatározására szolgáló felületmeghatározó elrendezést,

amelynél a folyadékadagoló a folyadéknak a kapilláris átvezető csatornán történő átvezetésével a kapilláris hídon hengersizmetria-megtartó változtatás

20 végrehajtására szolgál (szolgálóan van kialakítva).

Amint azt már említettük, a folyadékadagoló alkalmas folyadék betáplálására, illetve elvezetésére, ez a kapilláris csatornán való átvezetéssel alkalmas hengersizmetria-megtartó változtatás végrehajtására. Ez az

25 adagoláson/elvonáson túl annyit jelent, hogy végrehajtandó hengersizmetria-megtartó változtatásnak megfelelően adagol vagy von el folyadékot, hogy a kapilláris hídon haladó vagy hátráló módosulás történjen. A folyadékadagolóval az elmozdulás meghatározásához célszerűen meghatározható, hogy mennyi folyadékot adagolt vagy vezetett el.

A berendezés használata esetén a kerületi körperemmel rendelkező végrész és a

30 vizsgálandó felület fluidum közegbe kerülnek – amely lehet akár szabad levegő is, de megfelelően kiválasztott egyéb fluidum is – mivel a folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározásában szerepet játszik a folyadék-fluidum határfelület is. A

vizsgálandó felülettel rendelkező szilárd vizsgálandó tárgy lehet cserélhető, így az nem képezi a berendezés részét használaton kívüli állapotban. A mérőelem kör alakú végrésze pedig egyes kiviteli alakok szerint – mozgatható mérőelemet alkalmazva – kerülhet mozgatással a fluidum közegbe.

- 5 A felületmeghatározó elrendezéssel kapcsolatosan utalunk a 2. és 3. ábrákra, amelyek szemléltetnek fényforrást és kamerát (a kamera – általánosan optikai felvétel rögzítésére szolgáló eszköz – mellett előnyösen alkalmazható fényforrás jellemzően ahhoz kell, hogy a megvilágítással kellő kontrasztú és minőségű kép készülhessen a kamerával), amelyek előnyösen részét képezhetik a
- 10 felületmeghatározó elrendezésnek és amelyek segítségével a kamerával olyan adat továbbítható egy felület-meghatározási (számítási) egység felé (ez szintén előnyösen része a felületmeghatározó elrendezésnek), amelynek segítségével mind a kapilláris híd és a fluidum közeg első határfelülete, mind a kapilláris híd és a vizsgálandó felület második határfelülete meghatározható.
- 15 A találmány szerinti berendezés tartalmaz továbbá
- a folyadéknak a hengerszimmetria-megtartó változtatáshoz tartozó, a kapilláris átvezető csatornában való munkavégzési elmozdulásának a hengerszimmetria-megtartó változtatás folyamán legalább egy elmozdulásértéke meghatározására szolgáló elmozdulás-meghatározási egységet,
- 20 - a legalább egy elmozdulásértékhez rendre a kapilláris hídhoz tartozó kapilláris erő erőértékének meghatározására (méréssel történő meghatározására) szolgáló erőmérőt,
- a hengerszimmetria-megtartó változtatás folyamán az elmozdulás-meghatározási egységgel meghatározott legalább egy elmozdulásérték és az ahhoz rendre rendelt
- 25 erőérték alapján a hengerszimmetria-megtartó változtatásra a kapilláris erőhöz tartozó teljes mechanikai munka meghatározására szolgáló integrátor egységet, és
- a hengerszimmetria-megtartó változtatásra
 - o az első határfelületnek és a második határfelületnek a felületmeghatározó elrendezés által a hengerszimmetrikus kapilláris híd kiindulási állapota és
- 30 végállapota között meghatározott rendre első felületváltozása és második felületváltozása, a teljes mechanikai munka, valamint a kapilláris híd és a

fluidum közeg folyadék-fluidum határfelületi feszültsége alapján (ezek alapján van az első különbségérték meghatározva, ld. a fenti képleteket)

- a vizsgálandó felület és a kapilláris híd szilárd-folyadék határfelületi feszültsége és

5 ▪ a vizsgálandó felület és a fluidum közeg szilárd-fluidum határfelületi feszültsége

első különbségértéke, valamint

- a folyadék-fluidum határfelületi feszültségéből az első különbségérték kivonásával a hengerszimmetria-megtartó változtatáshoz tartozó, a kapilláris

10 hídra és a vizsgálandó felületre jellemző folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározására szolgáló munka-meghatározási egységet.

A berendezésben tartalmazott egyes egységek (elmozdulás-meghatározási egység, integrátor egység, munka-meghatározási egység) tulajdonképpen számítási egységek, ez lehetne a nevük része is. Ide tartozhat még a felület-

15 meghatározási egység (amely egyszersmind része lehet felületmeghatározó elrendezésnek is, amelynek funkcióját fentebb taglaltuk).

A berendezésben ezek részei lehetnek egy központi vagy fő számítási egységnek (feladataikat képes egyetlen központi számítási egység implementálni, de több számítási egység is), de minden számítási egység lehet önálló is, vagy lehetnek

20 részben önállóak, részben közös kialakításúak.

Az elmozdulás-meghatározási egység célszerűen úgy működik, hogy a folyadékadagoló által megvalósított térfogatváltozást (a folyadékadagoló előnyösen ismert térfogatot nyom ki vagy vezet el, illetve meghatározhatjuk a térfogatváltozást a kapilláris híd képi elemzése alapján is, ld. fentebb) elosztja a kapilláris átvezető

25 csatorna keresztmetszetével és így meghatározza az elmozdulást (mindkét irányú – befelé vagy kifelé irányuló folyadékmozgással járó – elmozdulás ily módon meghatározható). Az integrátor egység feladata, amint a fenti definícióban megadjuk, a folyadék-szilárd adhéziós munka megfelelő bemenetek alapján történő meghatározása.

30 A berendezéssel kapcsolatosan fentebb leírtaknak megfelelően a teljes mechanikai munka meghatározásához az elmozdulás a hengerszimmetria-megtartó

változtatáshoz köthető, a hengerszimmetriához tartozó szimmetriatengellyel párhuzamosan történik a kapilláris híd módosítására irányulóan. Amint fentebb láthattuk, a 2. ábrával kapcsolatosan az elmozdulás a kapilláris híd hosszváltozása a mérőelem függőleges elmozdításából adódóan. A 3. ábrával kapcsolatosan is

5 jöhet így létre az elmozdulás, ugyanakkor ott a kapilláris híd hossza rögzíthető is, amely esetben a munkavégzéshez a folyadékoszlop elmozdulása köthető, amely által növeljük vagy csökkentjük a kapilláris híd térfogatát. Az elmozdulás tehát mindkét irányban a szimmetriatengellyel párhuzamos, a kapilláris erő szintén ebben az irányban hat.

- 10 A találmány szerinti berendezésben előnyösen továbbá az erőmérő a mérőelem kerületi körperemmel rendelkező vég részével szemben elrendezett mérőfelülettel rendelkező mérleg, amelynél a mérőfelület a szilárd vizsgálandó tárgy elrendezésére szolgál úgy, hogy annak vizsgálandó felülete a kerületi körperemmel rendelkező végrészre néz (ld. a mérlegként megvalósított erőmérőt, valamint
- 15 mérleg és a vizsgálandó 4 felület egymáshoz viszonyított elrendezését a 3. ábrán; az erőmérő ilyen elrendezése tekintetében a kapilláris erő nagysága lényegében úgy értelmezhető, hogy a kapilláris erő mennyire emeli el a mérlegről vagy nyomja neki a mérlegnek a vizsgálandó tárgyat). Az erőmérők jellemzően akkor mérnek megfelelően, ha az ábrák szerinti elrendezésben vannak, azaz például a mérleg
- 20 mérőfelülete a 3. ábrán szemléltetett módon vízszintes (a 2. ábrán szereplő erőmérő pedig jellemzően függőleges irányban ható erő mérése alkalmas).

- Amennyiben a fluidum közeg szabad levegő, az esetben a vizsgálandó tárgy célszerűen közvetlenül van a mérőfelületen elrendezve. Amennyiben a fluidum közeg mérőkamrában van, akkor a vizsgálandó tárgy a mérőkamrában elhelyezve
- 25 van a mérőfelületen elrendezve.

- A találmány szerinti eljárás – amint annak a bevezetésénél definiált lépései mutatják is – különféle berendezésekkel végrehajtható, azoktól azon funkciók biztosítását követeljük meg, ami az eljárás bevezetésénél fentebb megjelenik. A találmány szerinti berendezésben meg vannak ugyanakkor követelve olyan kialakítási
- 30 részletek, amelyekkel biztosítjuk az eljárás végrehajtását. Mindemellett a találmány szerinti eljárás és berendezés közötti közös találmányi gondolat fontos eleme, hogy a találmány szerinti berendezéssel a találmány szerinti eljárás végrehajtható.

Előnyösen kialakítható úgy a berendezés (és elvégezhető úgy az eljárás; azaz ez a változat is a találmány tárgya, azaz kiviteli alakot képez), hogy több kapilláris híd létrehozására van lehetőség, előnyösen úgy, hogy ezek egymás mellett helyezkednek el (például mátrixelrendezésben), az egyes kapilláris hidakhoz tartozó mérőelemeket együttesen mozgatjuk vagy együttesen változtatjuk a kapilláris hidak térfogatát saját kapilláris csatornáikon keresztül (tehát előnyösen mind ugyanolyan hosszúak). Továbbá, fontos jellemzőként a kapilláris erőt ezen kapilláris hidakra együttesen mérjük, így az erőmérésnél jellemzően nagyobb erők mérésére van lehetőség, mint egyetlen kapilláris híd esetén.

- 10 A felületmeghatározásokat ebben az esetben értelemszerűen az összes kapilláris hídra végezzük el (a felületváltozásokat együttesen határozzuk meg); a felületmeghatározó elrendezés erre alkalmas.

A következőkben mérési eredményeket ismertetünk hidrofil és hidrofób esetre a 4A és 4B ábrákkal kapcsolatosan.

- 15 Az alábbi méréseket a 2. ábrán látható elrendezésben, az ábrával kapcsolatban ismertetett mérési folyamatnak megfelelően végeztük. A bekarikázott mérési pont mutatja a kapilláris híd kialakulását (hogy a bekarikázott helyen kialakul a kapilláris híd és a nyilaknak megfelelően először összenyomjuk azt, majd pedig megnyújtjuk). Ezt tekintjük az elmozdulás-skála 0 pontjának (ld. a 4A-4B ábrákon az elmozdulás nulla-pontját). A szilárd felületek további közelítését negatív elmozdulásként tüntetjük fel. A nyilak a 4A-4B ábrákon a folyamat irányát mutatják.
- 20

- A vonzó kapilláris erő előjele a fentebb említett gyakran használt konvenció szerint pozitív, azaz, ha a szilárd felületeket összehúzni igyekszik, pozitívnak tekintik pl. [E. J. De Souza et al. Effect of Contact Angle Hysteresis on the Measurement of Capillary Forces. *Langmuir* 24, p.1391-1396 (2008)]. A továbbiakban is ezt a konvenciót követjük.
- 25

- Hidrofil (a vizsgált szilárd/vizsgálandó felület anyaga SiO_2) felületen mért jellegzetes erő-elmozdulás görbét mutat a 4A ábra. A mérőfolyadék 1,5 μl térfogatú ultra tiszta víz volt. A kapilláris híd térfogatának előnyösen alkalmazható tartományát az egyes kiviteli alakokban a folyadék és a fluidum közeg határfelületi feszültsége, valamint
- 30

a sűrűségek különbségértéke is befolyásolja. A mért erőt és a folyadékhíd képét 5 s-enként rögzítettük (tehát gyakrabban, mint azt 2-3. ábrákkal kapcsolatban megadtuk).

5 A 4A ábrán mért kapilláris erő végig a pozitív erőtartományban marad, azaz a folyadékhíd igyekszik egymáshoz közelebb húzni a határoló szilárd felületeket. A közelítő szakaszban (a körtől a nagyobb negatív értékek irányába tartó szakasz) a rendszer végez (negatív előjelű) mechanikai munkát, amelyet a közelítő szakaszban felvett erő-elmozdulás görbe integrálásával kapunk (vö. a (2) képlettel). Ez a munka a víz-levegő határfelület (energetikailag kedvező) csökkenésére (ΔA negatív), és a SiO_2 -víz határfelület (energetikailag ugyancsak kedvező) növekedésére (ΔB pozitív) fordítódik.

15 A távolító szakaszban nagyobb kapilláris erőket tapasztalunk (ez a fordulástól a pozitív elmozdulás értékek felé tartó rész a megfelelő nyíllal jelölve). Ennek oka, hogy a víz lefejtése a SiO_2 felületről nehezebb (energetikailag kedvezőtlenebb), mint amekkora a nedvesítés hajtóereje volt (ez a jelenség mutatkozik meg a nagyobb értékű haladó és a kisebb értékű hátráló peremszögben is). Emiatt a közelítő és a távolító szakaszokban a kapilláris híd geometriája, ezáltal a határfelületek nagysága és ezek megváltozása is eltérő. A távolító szakaszban a rendszeren végzünk (pozitív előjelű) munkát, amely során a víz levegő határfelület 20 nő (ami energetikailag kedvezőtlen; ΔA pozitív), és a SiO_2 -víz határfelület csökken (ami ugyancsak a rendszer energiáját növeli; ΔB negatív).

Hidrofób (cikloolefin polimer) felületen mért jellemző erő-elmozdulás görbét mutat a 4B ábra. A mérőfolyadék 1,8 μl térfogatú, ultra tiszta víz volt, a mért erőt és a folyadékhíd képét ezúttal is 5 s-enként rögzítettük (a fentieknek megfelelően ezt a 25 mérést is a 2. ábrán látható elrendezésben látható elrendezésben végeztük).

A közelítő szakaszban (szintén a karikától a nagyobb negatív elmozdulás értékek irányába), a kezdetben pozitív (összehúzó) kapilláris erő előjelet vált, a negatív erőtartományban távolítani igyekszik a szilárd felületeket. Ebben a tartományban a rendszeren végzünk munkát, az integrál értéke pozitív (az erő és az elmozdulás is negatív), vagyis a teljes közelítő szakaszra vett integrál értékét növeli. Hasonlóan,

a távolító szakasz elején a rendszer végez munkát, negatív előjellel adva járulékot a képletbe (erő negatív, de a távolítás miatt az elmozdulás pozitív).

A találmány szerinti eljárás és berendezés tehát folyadék-szilárd határfelületet jellemző adhéziós munka – peremszögmérés nélküli – meghatározására irányul. A berendezés előnyösen tehát olyan módon működtethető, valamint az eljárást olyan módon hajtjuk végre, hogy a folyadékból hengerszimmetrikus kapilláris hidat hozunk létre a folyadékból a körülvevő fluidum közegben egy kör alakú szilárd felület és a vizsgált szilárd felület között, és a folyadék peremvonala megtapad a kör alakú szilárd felület élén. A kapilláris híd hosszának vagy térfogatának változtatása mellett mérjük a kapilláris erőt. A kapilláris híd képének feldolgozásából meghatározzuk az egyes határfelületek nagyságának a kapilláris híd hosszának vagy térfogatának megváltoztatása miatt bekövetkező változását. A mért erőből (a kapilláris erő a kapilláris híd hosszváltozása vagy lényegében térfogatváltozása szerinti integrálásával), a kapilláris híd hosszának vagy térfogatának változásából, és a határfelületek nagyságának változásából, a folyadék-fluidum határfelületi feszültségének ismeretében, a folyadék-szilárd adhéziós munka számítható – a folyadék a vizsgált szilárd felületen kialakuló peremszögének meghatározása nélkül. Továbbá, a meghatározott adhéziós munka alapján a peremszög értéke mérés nélkül, számítás útján is meghatározható (az (1) képletből a szöget kifejezve).

A továbbiakban elhatárolódást adunk a bevezetőben említett korábbi megoldásokkal kapcsolatban.

A JP 2011191277 A, EP 3571483 A1 és JP 2004144573 A dokumentumok szerinti megoldások közös jellemzője, hogy a folyadék-szilárd adhézióval kapcsolatos erőt határoznak meg, az egyes határfelületek nagyságának változását nem. Ebből adódik közös hátrányuk, mert az említett módszerek alkalmazásával a szilárd-folyadék adhéziós munka nem határozható meg, így a különböző szilárd-folyadék anyagpárok adhéziós tulajdonsága kizárólag csak az adott berendezés adott geometriájú elrendezésén, azonos paraméterekkel végzett mérések eredményeként hasonlító csak össze.

Az N. Nagy: Contact Angle Determination on Hydrophilic and Superhydrophilic Surfaces by Using r - θ -Type Capillary Bridges. *Langmuir* 35, p. 5202 (2019) szakcikkkel ellentétben – amelyben nem határozzák meg a rendszeren, illetve a rendszer által végzett munkát és a határfelületek nagyságának megváltozását, továbbá nem ismertetik az adhéziós munka peremszögektől független meghatározását – a találmányban megfelelő mért mennyiségek alapján meghatározzuk a kapilláris erő által vagy ellenében végzett munkát és a határfelületek nagyságának megváltozását (előnyösen integrátor alkalmazásával; integrátor alkalmazása egy a találmány szerinti integrális mennyiségekre alapuló megközelítésben – ezzel kapcsolatosan ld. még alább – a szakcikkben nem jelenik meg), továbbá a folyadék-szilárd adhéziós munkát, rendkívül előnyös módon a peremszögektől függetlenül.

A találmány szerint felismertük, hogy rendkívül előnyös módon fel lehet építeni egy a folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározására irányuló eljárást, amelyben a kapilláris híd változásának megfigyelésére építünk és az annak során mért mennyiségekből meghatározzuk a folyadék-szilárd adhéziós munkát. Az eljárás során a peremszögekre nem alapozunk (ezeket nem mérjük), hanem a kapilláris erő által vagy ellenében végzett munkát mérjük a megfelelő határfelület változások mellett, és ezen mért mennyiségek alapján határozzuk meg a folyadék-szilárd adhéziós munkát.

Arra a felismerésre jutottunk tehát, hogy a pillanatértékre – peremszögre – alapuló megközelítés (ami a bevezetésnek megfelelően egyébként is bizonytalanságokat hordozna a munka meghatározásához) helyett integrális mennyiség mérésére alapozzuk a folyadék-szilárd adhéziós munkát (előnyös módon ebből aztán utólag peremszög is számítható, de így az adhéziós munkát a peremszög értékének a meghatározásban történő felhasználása nélkül kapjuk meg). Az integrális mennyiségekre alapozott találmány szerinti megközelítés azzal az előnnyel is jár, hogy az integrális mennyiséget jellemzően pontosabban meg lehet mérni, mivel a zérus átlagértékű bizonytalanságok, mérési hibák (zaj) is kiintegrálódnak a folyamat során. Összefoglalóan azt ismertük fel tehát, hogy a folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározásához mást szükséges mérni, a technika állása szerinti megoldásoktól eltérő mérési eljárással.

A fentieket némileg másképpen fogalmazva, a találmány szerint a változást folyamatában vizsgáljuk (megvizsgálva a munkavégzések mérlegét, azaz, hogy a kapilláris híd hengerszimmetria-megtartó változtatásához, módosításához tartozó teljes mechanikai munka mire fordítódik, hogyan módosulnak annak hatására a kapilláris híd határfelületei), azaz egymással kifejezetten összefüggésben az egyes mérési pontokat. Ennek megfelelően alkalmazunk előnyösen integrátort, illetve a határfelületeknél, így a kapilláris híd körülvevő fluidummal alkotott határfelületénél, valamint a kapilláris hídnak a vizsgálandó felülettel alkotott határfelületnél a változásokat vesszük figyelembe (utalunk ezzel kapcsolatosan a vizsgált szakasszal, az ott alkalmazható ökölszabállyal kapcsolatban leírtakra).

A szakcikkkel kapcsolatban még megjegyezzük, hogy a kapilláris erő (amely a szakcikkben egyes esetekben adhéziós erőként van megnevezve) értéke, amint azt a jelen bejelentés képletei alátámasztják (ld. különösen a (2) képletet), csak részben függ a folyadék és a vizsgált szilárd felület kölcsönhatásától. Értékét meghatározza még a folyadék és vizsgált szilárd felület határfelületének nagysága, továbbá a folyadék felületi feszültsége és a folyadékhíd alakja, geometriai méretei. Emiatt a folyadékhíd hosszának változása közben mért kapilláris erőt a hosszváltozás szerint integrálva nem a folyadék-szilárd adhéziós munkát kapjuk meg. Ez utóbbi a határfelületek megváltozásának figyelembe vétele nélkül nem meghatározható.

Az US 6,537,499 B1 dokumentumban ismertetettekkel, azaz felületen kötött molekulák adhéziójának vizsgálatával szemben a találmánnyal kapcsolatosan egy kapilláris folyadékhídon hengerszimmetria-megtartó változtatást vizsgálunk. A találmánnyal kapcsolatosan mind a két irányban, a kapilláris híd „hízása” és „fogyása” mellett (haladó és hátráló szituációban) egyaránt meghatározható a folyadék-szilárd adhéziós munka, ami a dokumentum szerinti mennyiségtől eltér, mivel az egyrészt a két irányú mozgatásból eredő járulékok különbségéhez rendeli az adhéziós munka fogalmát, másrészt a két folyamat között rugalmasan deformálja a molekulákat lenyomó oszlopot, azaz a két egymással szembeni szilárd felületet erősen egymáshoz nyomja. Ez utóbbi kifejezetten ellentétes a találmány szerinti eljárással, amelynél kifejezetten kerülendő a szemben lévő mérési felületek egymáshoz nyomása (vagy haladó vagy hátráló szituációt vizsgálunk a találmánynál; nemcsak az összenyomás, de a haladó és hátráló szituáció közötti

fordulás is el van kerülve a találmány szerinti eljárásban, arra jellemzően nem integrálunk, vö. az ökölszabállyal kapcsolatban leírtakkal).

5 A találmányban az adhéziós munka tehát egy szilárd-folyadék adhéziós munka, amely a kapilláris híd hengerszimmetria-megtartó változtatása során végzett mechanikai munka, a folyadék-fluidum határfelületi feszültség és a határfelületek nagysága megváltozásának ismeretében határozható csak meg. Az US 6,537,499 B1 dokumentum tehát nem ismerteti a találmánnyal analóg folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározási eljárást.

10 A bevezetőben említett JP 2013174478 A és CA 2968623 dokumentumok esetében a kapillárisos bejuttatás mellett nem vizsgálják a kapilláris híd térfogatváltozását (egy konkrét – állandó – folyadékmennyiség bejuttatását említik), valamint nem határozzák meg a folyadék-szilárd adhéziós munkát a találmány szerinti eljárás lépéseinek megfelelően a határfelületek változása alapján.

15 A folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározására szolgáló, peremszögmérésre alapuló, a bevezetőben tárgyalt (1) képlet előkerül más, technika állása részeként felsorolt dokumentumban is (ld. a fentebb említett CA 2968623 dokumentumot). A találmány a peremszögre alapuló számítások hátrányait (mérési és elméleti bizonytalanságait) kiküszöböli és egy a peremszögek mérésétől független megoldást, közvetlen módszert ad a folyadék-szilárd adhéziós munka
20 meghatározására.

Összefoglalva, a találmány szerinti eljárás és berendezés előnye, hogy a folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározását erőmérés alapján, a folyadék a vizsgált szilárd felületen kialakuló peremszögének ismerete nélkül határozza meg. További előnye, hogy akár nagyon kis folyadéktérfogatok felhasználása is elegendő, illetve,
25 hogy a mérések mintakamrában végezhetők, azaz a fluidum közeg megválasztható. Ezért a mérések pl. a folyadék közel telített gőzterében, vagy egy másik, nem elegyedő folyadékközegben is elvégezhetők.

A találmány jellemzésére megadjuk az alábbi pontokat, amelyek további kiviteli alakokat adnak meg. Az alábbi 1. bekezdésbe beleértendő a találmány további, ott
30 nem említett jellemzői, továbbá az 1. bekezdésben megadott egyes jellemzők

megfeleltethetők bizonyos találmányi jellemzőkkel, illetve opcionális jellemzők megjelennek. A további alpontok újabb opcionális jellemzőket adnak a kiviteli alakokhoz a bekezdések egymásra hivatkozásainak megfelelően.

5 1. Berendezés szilárd-folyadék adhéziós munka peremszög-mérés nélküli meghatározására, amelynek kör alakú szilárd 1 felülete, 2 erőmérője, 3 lineáris mozgatója, vizsgált szilárd 4 felülete, legalább egy 7 fényforrása, legalább egy 8 kamerája, legalább egy 9 kapilláris hídja, legalább egy 10 integrátor egysége van, amelynél a 2 erőmérő által mért kapilláris erőt a 9 kapilláris híd hosszának megváltozása szerint a 10 integrátor egység integrálja, és a 9 kapilláris híd
10 határfelületeinek nagyságát a 8 kamera képe alapján a 10 integrátor egység számítja ki.

2. Berendezés szilárd-folyadék adhéziós munka peremszög-mérés nélküli meghatározására, amely tartalmaz egy 11 kapilláris cső alaplapját képező kör alakú szilárd 1 felületet, 2 erőmérőt, 3 lineáris mozgatót, vizsgált szilárd 4 felületet,
15 legalább egy 7 fényforrást, legalább egy 8 kamerát, legalább egy 9 kapilláris hidat, legalább egy 10 integrátor egységet és legalább egy 12 folyadékadagolót (adott esetben ezekből áll), amelynél a 2 erőmérő által mért kapilláris erőt a 9 kapilláris híd térfogatváltozása szerint a 10 integrátor egység integrálja, és a 9 kapilláris híd határfelületeinek nagyságát a 8 kamera képe alapján a 10 integrátor egység
20 számítja ki.

3. Az 1. vagy 2. pont szerinti berendezés, amelynél a kör alakú szilárd 1 felület anyaga üveg.

4. Az 1. vagy 2. pont szerinti berendezés, amelynél a kör alakú szilárd 1 felület anyaga platina.

25 5. Az 1. vagy 2. pont szerinti berendezés, amelynél a folyadék meniszkusza a kör alakú szilárd 1 felület élén megtapad.

6. Az 1. vagy 2. pont szerinti berendezés, amelynél a kör alakú szilárd 1 felület, a vizsgált szilárd 4 felület, és a 9 kapilláris híd közös 5 mintakamrában helyezkednek el.

7. A 6. pont szerinti berendezés, amelynél az 5 mintakamrát kitöltő 6 fluidum közeg a folyadék közel telített gőztere.

8. A 6. pont szerinti berendezés, amelynél az 5 mintakamrában a 9 kapilláris híd környezetét alkotó 6 fluidum közeg a folyadékkal nem elegyedő folyékony halmazállapotú közeg.

9. Eljárás folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározására, amely egy kör alakú szilárd 1 felület és egy vizsgált szilárd 4 felület között folyadékból 6 fluidum közegben kialakított hengerszimmetrikus 9 kapilláris híd hosszának változtatásán és a kapilláris erő mérésén alapul, amelynél változtatjuk a 9 kapilláris híd hosszát, ennek során mérjük a kapilláris erőt, a 9 kapilláris híd hosszának változását, meghatározzuk a folyadék-fluidum határfelület nagyságának változását, valamint a folyadék és a vizsgált szilárd 4 felület közti határfelület nagyságának változását, és ezek alapján számítjuk ki a folyadék-szilárd adhéziós munkát.

10. Eljárás folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározására, amely a kör alakú szilárd 1 felület és a vizsgált szilárd 4 felület között a folyadékból 6 fluidum közegben kialakított hengerszimmetrikus 9 kapilláris híd kapilláris erejének mérésén alapul, amelynél változtatjuk a 9 kapilláris híd térfogatát, ennek során mérjük a kapilláris erőt, a 9 kapilláris híd térfogatváltozását, meghatározzuk a folyadék-fluidum határfelület nagyságának változását, valamint a folyadék és a vizsgált szilárd 4 felület közti határfelület nagyságának változását, és ezek alapján számítjuk ki a folyadék-szilárd adhéziós munkát.

11. A 9. vagy 10. pont szerinti eljárás, amelynél a kör alakú szilárd 1 felület anyaga üveg.

12. A 9. vagy 10. pont szerinti eljárás, amelynél a kör alakú szilárd 1 felület anyaga platina.

13. A 9. vagy 10. pont szerinti eljárás, amelynél a folyadék meniszkusza a kör alakú szilárd 1 felület élén megtapad.

14. A 9. vagy 10. pont szerinti eljárás, amelynél a folyadék-szilárd adhéziós munkából számítjuk ki a folyadék, a 6 fluidum közeg és a vizsgált szilárd 4 felület

fázishatárán kialakuló peremszöget.

15. A 9. vagy 10. pont szerinti eljárás, amelynél a folyadék és a 6 fluidum közeg közti határfelület nagyságát, valamint a folyadék és a vizsgált szilárd 4 felület közti határfelület nagyságát a 9 kapilláris híd képének feldolgozása alapján határozzuk meg.
16. A 10. pont szerinti eljárás, amelynél a 9 kapilláris híd térfogatát a 9 kapilláris híd képének feldolgozása alapján határozzuk meg.
17. A 9. vagy 10. pont szerinti eljárás, amelynél a kör alakú szilárd 1 felület, a vizsgált szilárd 4 felület, és a 9 kapilláris híd közös 5 mintakamrában helyezkednek el.
18. A 17. pont szerinti eljárás, amelynél az 5 mintakamrát kitöltő 6 fluidum közeg a folyadék közel telített gőztere.
19. A 17. pont szerinti eljárás, amelynél az 5 mintakamrában a 9 kapilláris híd környezetét alkotó 6 fluidum közeg a folyadékkal nem elegyedő folyékony halmazállapotú közeg.
20. A 19. pont szerinti eljárás, amelynél az 5 mintakamrába a folyadékkal nem elegyedő folyékony halmazállapotú 6 fluidum közeget a 9 kapilláris híd kialakulása után töltjük.
21. A 19. pont szerinti eljárás, amelynél az 5 mintakamrába a folyadékkal nem elegyedő folyékony halmazállapotú 6 fluidum közeget a 9 kapilláris híd legrövidebb, vagy legnagyobb térfogatú állapotában töltjük.

A találmány természetesen nem korlátozódik a részletesen bemutatott előnyös kiviteli alakokra, hanem további változatok, módosítások és továbbfejlesztések is lehetségesek az igénypontok által meghatározott oltalmi körben.

SZABADALMI IGÉNYPONTOK

1. Eljárás folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározására, amelynek során fluidum közegben (6) mérőelem kerületi körperemmel rendelkező végrésze és szilárd vizsgálandó tárgy vizsgálandó felülete (4) között létrehozott, 5 folyadékból lévő hengerszimmetrikus kapilláris híddal (9) kapcsolatban a következő lépéseket hajtjuk végre:
- a hengerszimmetrikus kapilláris hídon (9) hengerszimmetria-megtartó változtatást végrehajtva kiindulási állapotból indulva és végállapotba érkezve
- 10 ○ meghatározzuk (S110a) a kiindulási állapot és a végállapot között a kapilláris híd (9) és a fluidum közeg (6) első határfelületének első felületváltozását, valamint a kapilláris híd (9) és a vizsgálandó felület (4) második határfelületének második felületváltozását, valamint
- 15 ○ a hengerszimmetria-megtartó változtatáshoz tartozó munkavégzési elmozdulásnak a hengerszimmetria-megtartó változtatás folyamán legalább egy elmozdulásértékét és ahhoz rendre a kapilláris hídhöz (9) tartozó kapilláris erő erőértékét meghatározva (S100) a hengerszimmetria-megtartó változtatás
- 20 folyamán meghatározott legalább egy elmozdulásérték és az ahhoz rendre rendelt erőérték alapján meghatározzuk (S110b) a hengerszimmetria-megtartó változtatásra a kapilláris erőhöz tartozó teljes mechanikai munkát,
- a hengerszimmetria-megtartó változtatásra az első felületváltozás, a 25 második felületváltozás, a teljes mechanikai munka, valamint a kapilláris híd (9) és a fluidum közeg (6) folyadék-fluidum határfelületi feszültsége alapján meghatározzuk (S120)
- a vizsgálandó felület (4) és a kapilláris híd (9) szilárd-folyadék határfelületi feszültsége és
- 30 ○ a vizsgálandó felület (4) és a fluidum közeg (6) szilárd-fluidum határfelületi feszültsége
- első különbségértékét, és

- a folyadék-fluidum határfelületi feszültségből kivonva az első különbségértéket meghatározzuk (S130) a hengerszimmetria-megtartó változtatáshoz tartozó, a kapilláris hídra (9) és a vizsgálandó felületre (4) jellemző folyadék-szilárd adhéziós munkát.

- 5 2. Az 1. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy az első különbségértéket

$$\gamma_{SL} - \gamma_{SF} = \frac{\int F dz - \Delta A \cdot \gamma_{LF}}{\Delta B}$$

képlet szerint számoljuk, amelynél

- 10 - γ_{SL} a szilárd-folyadék határfelületi feszültség, és γ_{SF} a szilárd-fluidum határfelületi feszültség,
- $\int F dz$ a teljes mechanikai munka,
- a γ_{LF} a folyadék-fluidum határfelületi feszültség, valamint
- a ΔA az első felületváltozás, valamint a ΔB a második felületváltozás.

- 15 3. Az 1. vagy 2. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy a kerületi körperemmel rendelkező végrészére nyíló kapilláris átvezető csatornával (14) rendelkező mérőelemet alkalmazunk, amelynél a kapilláris átvezető csatornának (14) a kerületi körperemmel rendelkező végrésszel átellenes vége folyadékadagolóhoz (12) van csatlakoztatva és a folyadéknak a kapilláris átvezető csatornán (14) történő átvezetésével van a
- 20 hengerszimmetrikus kapilláris hídon (9) a hengerszimmetria-megtartó változtatás végrehajtva, valamint a munkavégzési elmozdulás a folyadéknak a kapilláris átvezető csatornában (14) való elmozdulásának meghatározására szolgáló elmozdulás-meghatározási egységgel van meghatározva.

- 25 4. Berendezés folyadék-szilárd adhéziós munka meghatározására, amely tartalmaz

- 30 - kerületi körperemmel rendelkező végrésszel rendelkező mérőelemet kerületi körperemmel rendelkező végrészének vizsgálandó felülettel (4) rendelkező szilárd vizsgálandó tárggyal fluidum közegben (6) való elrendezésére, amelynél a berendezés használata esetén a mérőelem és a vizsgálandó felület (4) úgy van egymáshoz képest elrendezve, hogy a

kerületi körperemmel rendelkező végrész és a vizsgálandó felület (4) között létrehozható folyadékból lévő hengersizmetrikus kapilláris híd (9), a mérőelem a kerületi körperemmel rendelkező végrészre nyíló kapilláris átvezető csatornával (14) rendelkezik,

- 5 - folyadékadagolót (12), amelyhez a kapilláris átvezető csatornának (14) a kerületi körperemmel rendelkező végrésszel átellenes vége csatlakoztatva van, és
- 10 - a kapilláris híd (9) és a fluidum közeg (6) első határfelületének, valamint a kapilláris híd (9) és a vizsgálandó felület (4) második határfelületének meghatározására szolgáló felületmeghatározó elrendezést,
- azzal j e l l e m e z v e, hogy a folyadékadagoló (12) a folyadéknak a kapilláris átvezető csatornán (14) történő átvezetésével a hengersizmetrikus kapilláris hídon (9) hengersizmetria-megtartó változtatás végrehajtására szolgál, és a berendezés tartalmaz továbbá
- 15 - a folyadéknak a hengersizmetria-megtartó változtatáshoz tartozó, a kapilláris átvezető csatornában (14) való munkavégzési elmozdulásának a hengersizmetria-megtartó változtatás folyamán legalább egy elmozdulásértéke meghatározására szolgáló elmozdulás-meghatározási egységet,
- 20 - a legalább egy elmozdulásértékhez rendre a kapilláris hídhoz (9) tartozó kapilláris erő erőértékének meghatározására szolgáló erőmérőt (2),
- a hengersizmetria-megtartó változtatás folyamán az elmozdulás-meghatározási egységgel meghatározott legalább egy elmozdulásérték és az ahhoz rendre rendelt erőérték alapján a hengersizmetria-megtartó
- 25 változtatásra a kapilláris erőhöz tartozó teljes mechanikai munka meghatározására szolgáló integrátor egységet (10), és
- a hengersizmetria-megtartó változtatásra
- o az első határfelületnek és a második határfelületnek a felületmeghatározó elrendezés által a hengersizmetrikus kapilláris
- 30 híd (9) kiindulási állapota és végállapota között meghatározott rendre első felületváltozása és második felületváltozása, a teljes mechanikai munka, valamint a kapilláris híd (9) és a fluidum közeg (6) folyadék-fluidum határfelületi feszültsége alapján

- a vizsgálandó felület (4) és a kapilláris híd (9) szilárd-folyadék határfelületi feszültsége és
- a vizsgálandó felület (4) és a fluidum közeg (6) szilárd-fluidum határfelületi feszültsége

5 első különbségértéke, valamint

- a folyadék-fluidum határfelületi feszültségéből az első különbségérték kivonásával a hengerszimmetria-megtartó változtatáshoz tartozó, a kapilláris hídra (9) és a vizsgálandó felületre (4) jellemző folyadék-szilárd adhéziós munka

10 meghatározására szolgáló munka-meghatározási egységet.

5. A 4. igénypont szerinti berendezés, azzal jellemezve, hogy az első különbségérték

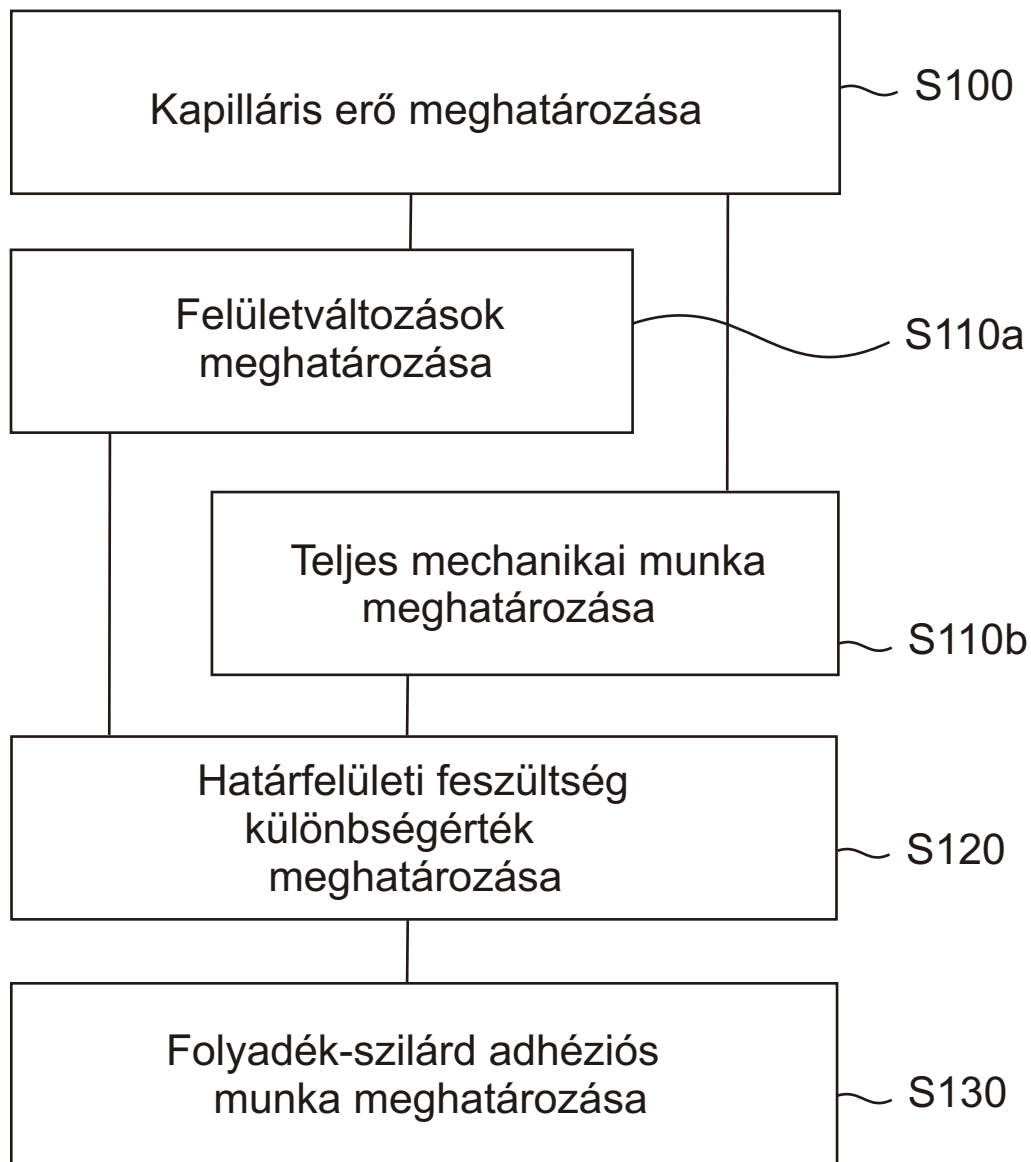
$$\gamma_{SL} - \gamma_{SF} = \frac{\int F dz - \Delta A \cdot \gamma_{LF}}{\Delta B}$$

képlet szerint van számolva, amelynél

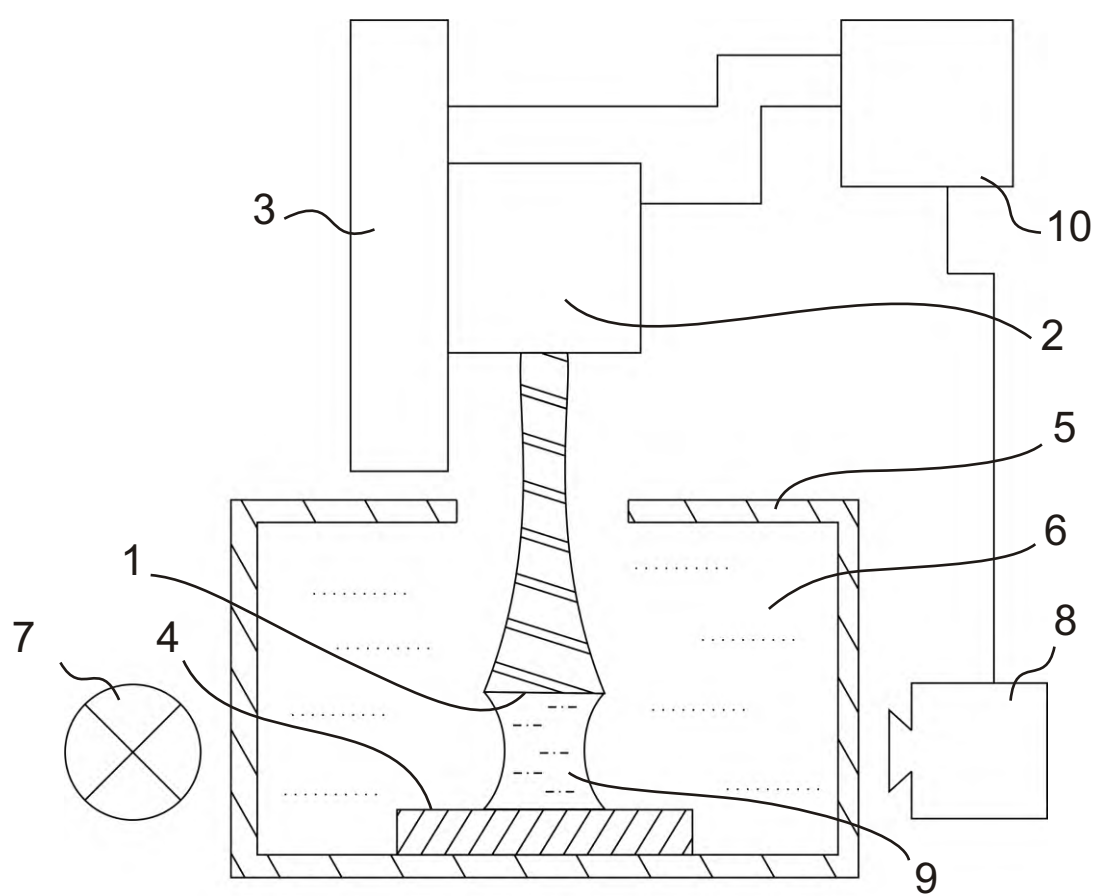
- 15
- γ_{SL} a szilárd-folyadék határfelületi feszültség, és γ_{SF} a szilárd-fluidum határfelületi feszültség,
 - $\int F dz$ a teljes mechanikai munka,
 - a γ_{LF} a folyadék-fluidum határfelületi feszültség, valamint
 - a ΔA az első felületváltozás, valamint a ΔB a második felületváltozás.

20 6. A 4. vagy 5. igénypont szerinti berendezés, azzal jellemezve, hogy az erőmérő (2) a mérőelem kerületi körperemmel rendelkező végrészával szemben elrendezett mérőfelülettel rendelkező mérleg, amelynél a mérőfelület a szilárd vizsgálandó tárgy elrendezésére szolgál úgy, hogy annak vizsgálandó felülete (4) a kerületi körperemmel rendelkező végrészre

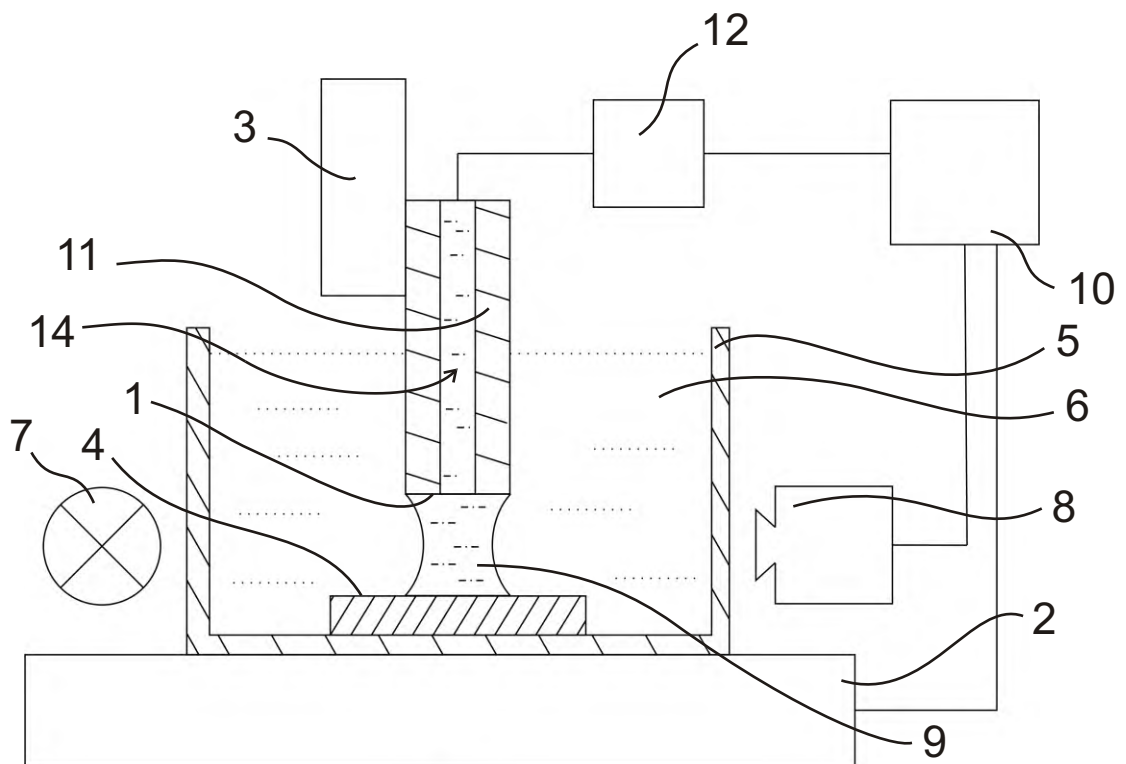
25 néz.



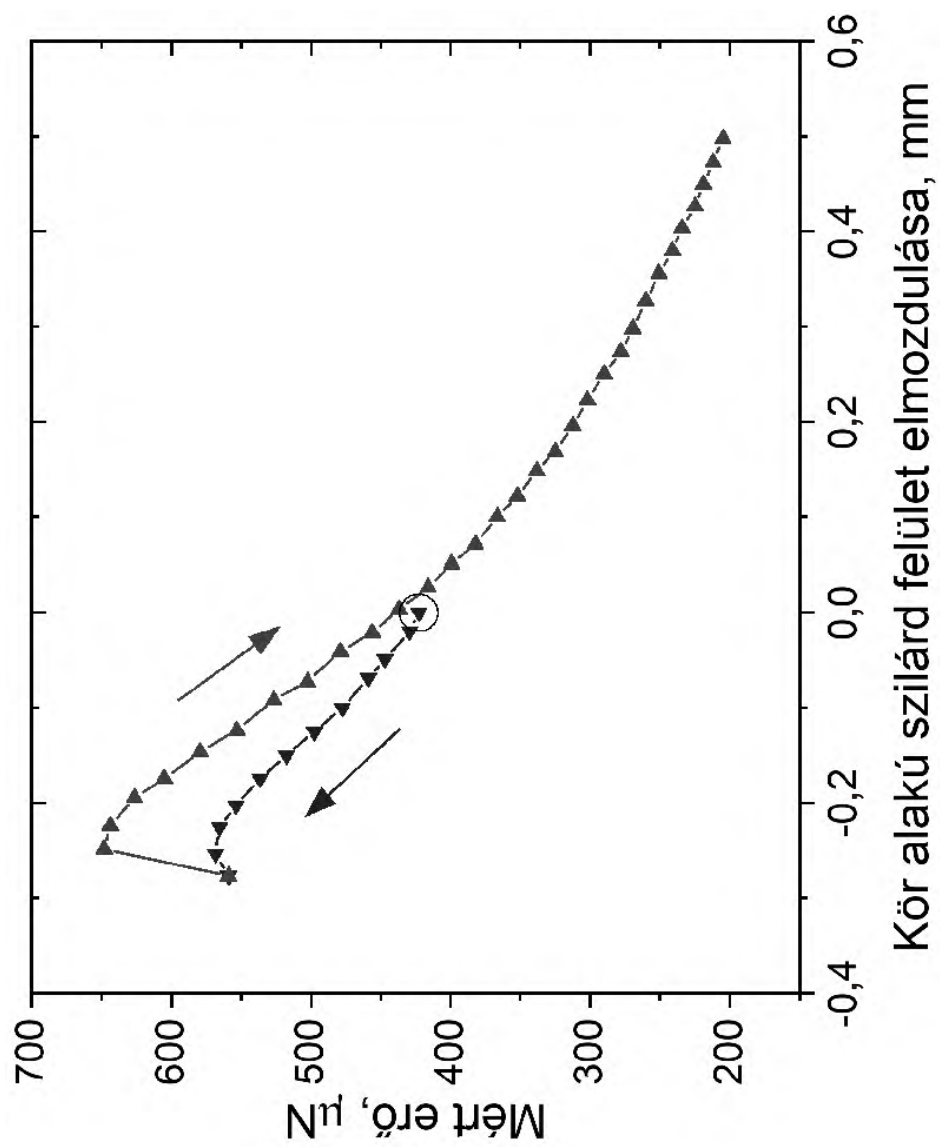
1. ábra



2. ábra

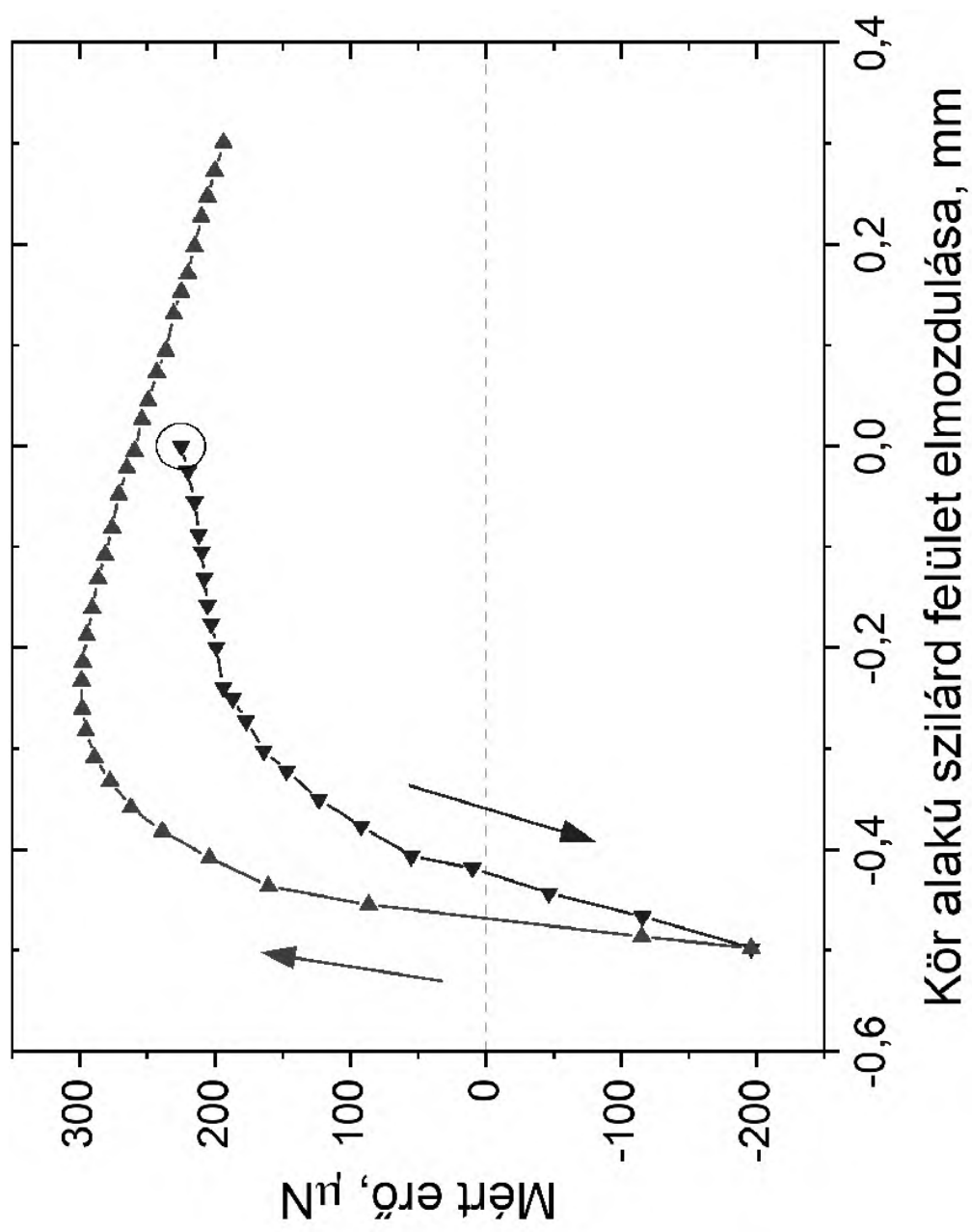


3. ábra



Kör alakú szilárd felület elmozdulása, mm

4A ábra



4B ábra