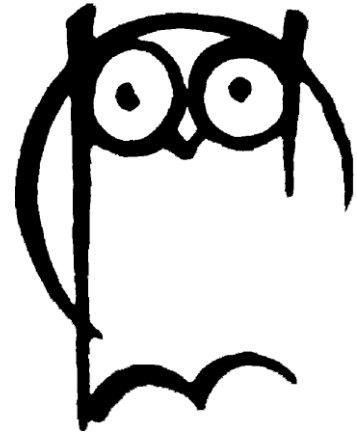




Debreceni Egyetem

Műszaki Kar

Gépészmérnöki Tanszék

Csavarkötések oldási nyomatékának vizsgálata

Készítette: **Konyári Mariann**, gépészmérnök hallgató

Belső konzulens: Dr. Juhász György

Külső konzulens: Vereb Tamás

Tanszékvezető: Ráthy Istvánné Dr.

Debrecen
2014.

Tartalom

I. A Henkelről.....	4
I. 1. Bemutató.....	4
I.2. Ragasztás Technológiák.....	4
I.3. A Loctite bemutatása	5
II. Csavarkötések rögzítése	7
II.1. Példák különféle csavarrögzítési megoldásokra.....	7
II.2. Folyékony csavarrögzítők.....	7
III. A ragasztástechnika általános információi	9
III. 1. Ragasztott kötés.....	9
III. 2. Loctite-ragasztóanyagok kikeményedési mechanizmusai	9
III. 3. Anaerob kikeményedésű ragasztóanyagok	10
IV. Anyag és eszközrendszer	12
IV.1. Mért anyagok	12
IV.2. A dolgozathoz használt csavarrögzítők.....	17
IV.3. Mérőrendszer	30
V. Mérési módszer	34
VI. Mérési eredmények	38
VII. Eredmények kiértékelése, következtetések	45
VIII. Összegzés	47
IX. Felhasznált irodalom	49
X. Ábrák jegyzéke.....	51
XI. Táblázatok jegyzéke.....	53

Bevezetés

Napjainkban az egyik legelterjedtebb kötési mód a ragasztás, az egyik leggyakrabban használt kötőanyag a ragasztó. A ragasztás a nem oldható kötések közé tartozik. Szinte mindenütt találkozunk ragasztott tárgyakkal, anélkül, hogy a ragasztás tényét érzékelnénk. Egyre gyakrabban alkalmazzák az iparban és a mindennapi életben is, alkalmazási területeit a felhasználói kreativitás végteleníti. Mindinkább tért hódít a hagyományos rögzítési módokkal szemben, mert korszerűbb, nagyobb szilárdságú rögzítéseket tesz lehetővé, és többnyire egyszerűsíti a munkafolyamatokat, valamint a ragasztók kiváló védelmet nyújtanak a korrózió ellen is.

A dolgozatomban azt vizsgálom, hogy a Loctite csavarrögzítők alkalmazásával mennyivel válik szilárdabbá az adott csavarkötés, mennyivel kell nagyobb oldónyomatékot kifejteni a kötés lazulásához, mint egy hagyományos csavarrögzítő esetében. A mérési folyamat, illetve a mérési eredmények ismertetésével szeretném bemutatni a folyékony csavarrögzítők előnyét.

Azért választottam a ragasztástechnikán belül a csavarrögzítést, mert ez az ipar minden területén jelen van, illetve több tevékenységnél is nagy szerepet játszik, akár gyártási, akár karbantartási vagy javítási tevékenységről legyen szó.

A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Műszaki Karának gépelemek laborjában végeztem egy csavarkötések mérésére szolgáló berendezés segítségével. 4 csavarrögzítő, illetve egy önzáró anya esetében vizsgáltam az oldónyomatékokat, mindegyikkel 10 mérést végeztem, majd abból számoltam átlag nyomatékot.

A dolgozat elején bemutatom a Loctite termékeket gyártó céget, a Henkelt, azon belül a Loctite-ot is. Következő fejezetben a csavarrögzítési megoldásokra hozok példákat, részletezve a folyékony csavarrögzítést. Ezt követően a ragasztás technika alapjait és az anaerob ragasztók kikeményedési mechanizmusát mutatom be. Az általam vizsgált anyagok, majd a dolgozathoz használt csavarrögzítők jellemzőinek ismertetése után a vizsgálatokhoz szükséges mérőrendszert részletezem. A további fejezetekben a mérési módszert mutatom be, illetve a konkrét mérési eredményeket, majd ezekből konklúziót vonok.

I. A Henkelről

I. 1. Bemutató

A Henkel vezető márkáival és technológiáival világszerte három üzleti területen működik: Laundry & Home Care, Beauty Care, illetve Adhesive Technologies.

A németországi, düsseldorfi székhelyű Henkel világszerte közel 47 ezer alkalmazottat foglalkoztat és azon német vállalatok közé tartozik, melyeknek a legszélesebb körű külföldi leányvállalat-hálózatuk van.

A Henkel Magyarország Kft. a bécsi székhelyű közép-kelet-európai regionális vállalat, a Henkel Central and Eastern Europe százszázalékos leányvállalata. Központja Budapesten működik. Két telephelyen folytat termelést: Környén ragasztóanyagok, Körösladányban pedig mosó- és háztartási tisztítószerek gyártása folyik. [4]

I.2. Ragasztás Technológiák

A Henkel világszerte piacvezető a ragasztók, szigetelőanyagok és felületkezelők lakossági és szakipari területén.

Régi hagyomány a Henkelnél, hogy nemzetközi, regionális és helyi márkák kiegyensúlyozott portfólióját kínálja. A Henkel nagyon sok alkalmazást kínál a különböző célcsoportok – a lakossági, szakértői és az ipari – igényeket kielégítésére.

Mindez 1923. június 22-én kezdődött, amikor a legelső ragasztó szállítmány elhagyta a Henkel düsseldorfi üzemét Németországban. Ez a történelmi mérföldkő jelölte egy olyan üzleti terület létrejöttét, melyben a Henkel ma világelső.

Nemzetközi vezető márkák és
termékcsoportok:

- Loctite
- Teroson
- Technomelt

Helyi vezető márkák:

- Loctite
- Ceresit
- Pattex [5]

1.3. A Loctite bemutatása

Műszaki intézmények és szolgáltatások világméretű hálózata, valamint kutatási- és fejlesztési lehetőségek széles skálája szolgálja a Loctite-ot az alábbi célok megvalósításában:

- Innovatív technológiát biztosítani az autóiparban, elektronikai iparban és más ipari ágazatokban tevékenykedő vevőik számára.
- Teljesen kiforrott és kipróbált eljárásokat kínálni a Loctite-technika és –vegyészet alkalmazásához, a partnerek meglévő gyártási folyamatainak javítása érdekében.
- Kimagasló műszaki színvonalú berendezések és készülékek alkalmazását és használatát támogatni, lehetővé téve ezáltal új, egyedülálló konstrukciók létrehozását.
- Megbízható, jól megalapozott, gyorsan elérhető műszaki támogatást nyújtani az alkalmazások bevezetésénél.

Ezen célok elérése érdekében az alábbi fejlesztéseket teszik:

- Mérnököket bocsátanak rendelkezésre a konstrukció és a fejlesztés támogatására, akik együttműködnek a partnerekkel a folyamatok és a gazdaságosság javítása érdekében.
- Szorosan együttműködnek a partnerek technikusaival már a termékfejlesztés első fázisától kezdve annak biztosítása érdekében, hogy az igényeknek megfelelően lehessen a Loctite-termékeket és a Loctite-technológiát kiválasztani.
- Rövid- és hosszú távú műszaki adatokat szolgáltatnak prototípusok fejlesztéséhez, termékekhez, gyártási és szerelési eljárásokhoz.
- Üzemkész, jó minőségű standard és vevőspecifikus felhordó készülékeket kínálnak.

Két világszerte tevékeny mérnöközpont

A Loctite hosszú távú beruházása két világszerte tevékenykedő mérnök-központban – Connecticut, USA és München (Garching-Hochbrück), Németország – műszaki alappillérét képezi annak a szaktudásnak és azoknak a vizsgálati lehetőségeknek, amelyek a támogatásra világszerte meglévő igényhez oly módon igazodnak, ahogy az a ragasztástechnikában párját ritkítja. Ezeknek a központoknak a munkáját az alábbi fő kutatási és fejlesztési központjaik segítik: Connecticut, USA, Dublin, Írország és Yokohama, Japán. Ezen kívül 30 stratégiaileg felállított műszaki szervizközpont szaktudását és támogatását nyújtja a felhasználók számára világszerte, gyakorlatilag minden gyártási területen.

A világszerte tevékenykedő Loctite-mérnök-központok és az ott kidolgozott üzemkész eljárásfejlesztések segítségével vevőik gyártási- és szerelési folyamatai magas színvonalúakká

válnak a költségek csökkenése mellett. Új termékekkel, továbbfejlesztett illesztési- és kötési technológiával forradalmasították a hangszórógyártást és az orvosi fecskendők gyártását. A Loctite szerepe az elektromos részegységek ragasztástechnológiájának fejlesztésében, valamint az újonnan kifejlesztett sablonnyomásos eljárások sokban hozzájárultak az SMD-elektronika fejlődéséhez. A szivárgásmentes gépjárműmotorok fejlesztésében a Loctite szintén fontos szerepet játszott.

A Loctite újból élen jár a gépjárműveknél és más ipari alkalmazásoknál az anaerob felülettömítések robotokkal történő hézagmentes felhordásának fejlesztésében és műszaki támogatásában.

Alkalmazási területeik:

- ragasztás
- bevonatkészítés
- felülettömítés
- karimás tengelykapcsolók megerősítése
- impregnálás
- tengely-agy illesztések
- kiöntés
- tömítés
- csavarrögzítés
- menettömítés [1]

Termékpalettájuk:

- anaerob ragasztó- és tömítőanyagok
- ciánakrilátok
- szilikonok
- poliuretánok
- szerkezeti ragasztóanyagok
- primer / aktivátorok / gyorsítók
- epoxi-gyanták
- reaktív akrilátok, beleértve a gyorsan kötő UV-termékeket
- tisztítók

II. Csavarkötések rögzítése

II.1. Példák különféle csavarrögzítési megoldásokra

- Mechanikai eszközök (például koronás anyák, huzalrögzítések): Csak a csavarkötés szétesését akadályozzák meg.
- Súrlódásos csavarbiztosítás (például fogazott alátétek, rugós alátétek): Növelik a csavarkötések rugalmasságát és/vagy a súrlódást; dinamikus terhelések esetén nem biztosítanak megfelelő elfordulás elleni védelmet.
- Alakzáró eszközök (például zárófogazással, recézett peremmel ellátott anyák): Megakadályozzák az önkioldást, elfordulást, de drágák; nagyobb méretű anya peremre van szükség és megsértik a felfekvő felületet
- Folyékony csavarrögzítők [6]

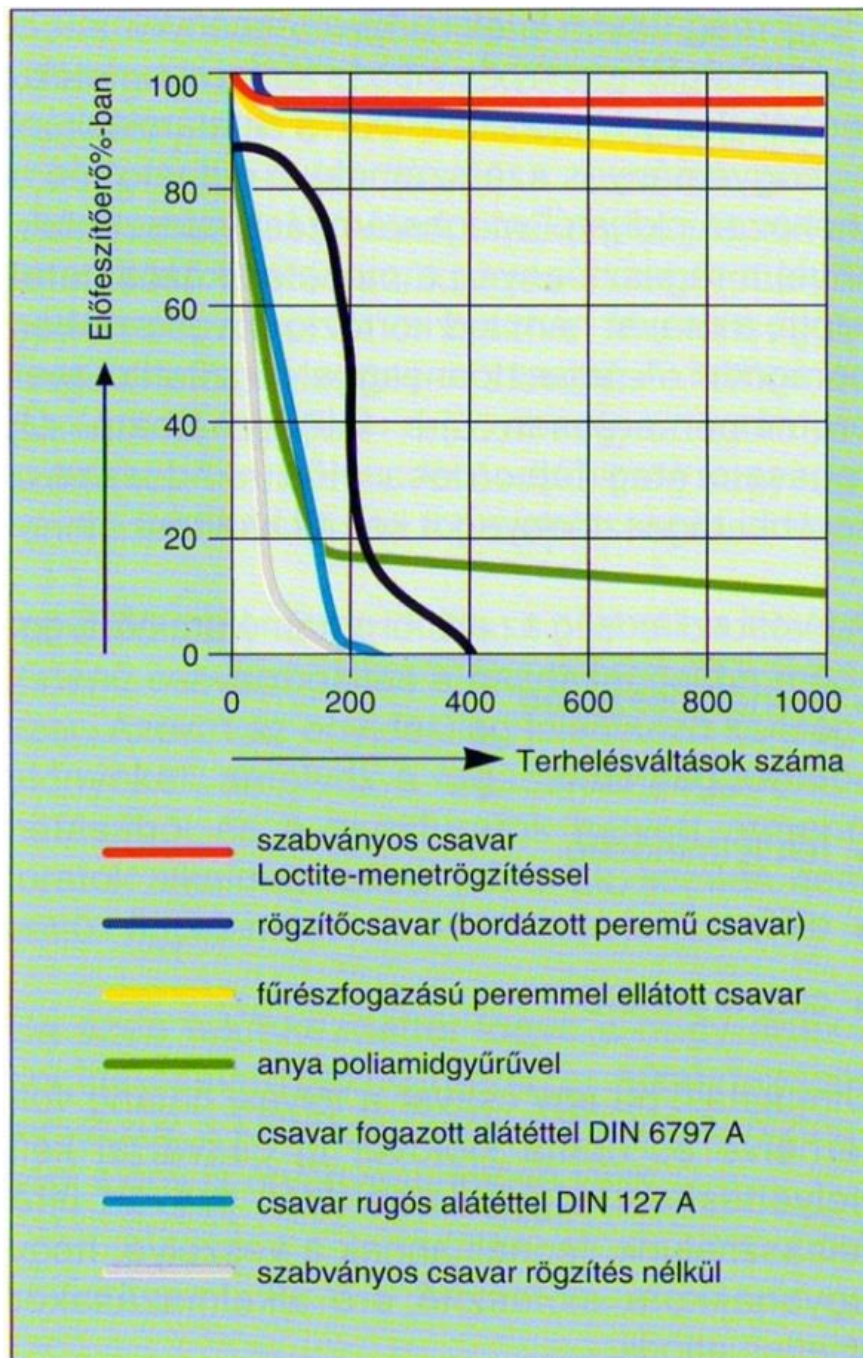
II.2. Folyékony csavarrögzítők

A LOCTITE csavarrögzítők egykomponensű folyékony, vagy kenhető paszta állagú termékek. Szobahőmérsékleten kemény, hőre keményedő műanyaggá szilárdulnak acél, alumínium, réz és a legtöbb más fémfelület közé kijuttatva. Levegőtől elzárva kötnek meg. A ragasztó teljesen kitölti a kapcsolódó menetek közötti hézagot, ezáltal rögzíti a kötést.

Előnyök a hagyományos mechanikai csavarrögzítésekkel szemben:

- Megakadályozzák a menetek elmozdulását, lazulását, szivárgásokat, korróziót.
- Ellenállnak a vibrációnak.
- Egyszerű alkalmazás.
- Menetek tömítése.
- Lehetővé teszik az átmenőcsavarok alkalmazását. [7]

A következő oldalon lévő 1-es számú ábra szemlélteti a Loctite-csavarvizsgálópádon különböző menetrögzítéseknél mutatott jellemző lazulási viselkedést, melyből egyértelműen látszik, hogy a szabványos csavar Loctite-menetrögzítéssel hozta a legjobb eredményt.



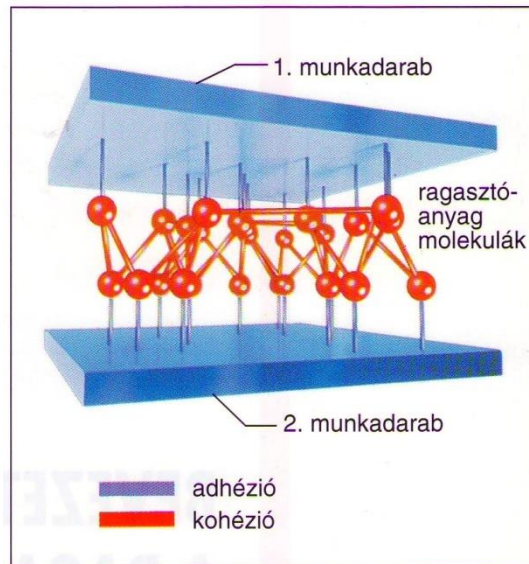
1. ábra. A Loctite-csavarvizsgálópadon különböző menetrögzítéseknel mutatott jellemző lazulási viselkedés [1]

III. A ragasztástechnika általános információi

III. 1. Ragasztott kötés

A ragasztóanyagok hidakat képeznek a munkadarabok felületei között, függetlenül attól, hogy azonos, vagy eltérő szerkezeti anyagokról van-e szó. A ragasztás eljárás az alábbi feltételektől függ:

- a ragasztóanyag ragasztási szilárdsága a szerkezeti anyagon, az ún. adhézio,
- a ragasztóanyag belső szilárdsága, az ún. kohézió (lásd 2. ábra).



2. ábra. A ragasztott kötésben ható tapadó erők [1]

III. 2. Loctite-ragasztóanyagok kikeményedési mechanizmusai

A legtöbb Loctite-ragasztóanyag reaktív polimer. Kémiai polimerizációs reakciók során át jutnak el a folyékony halmazállapotból a szilárd halmazállapotba. Különleges alkalmazási területekhez a Loctite különböző, speciális tulajdonságokkal rendelkező ragasztóanyagokat fejlesztett ki. Kötési tulajdonságaik alapján a ragasztóanyagok az alábbi csoportokba sorolhatók:

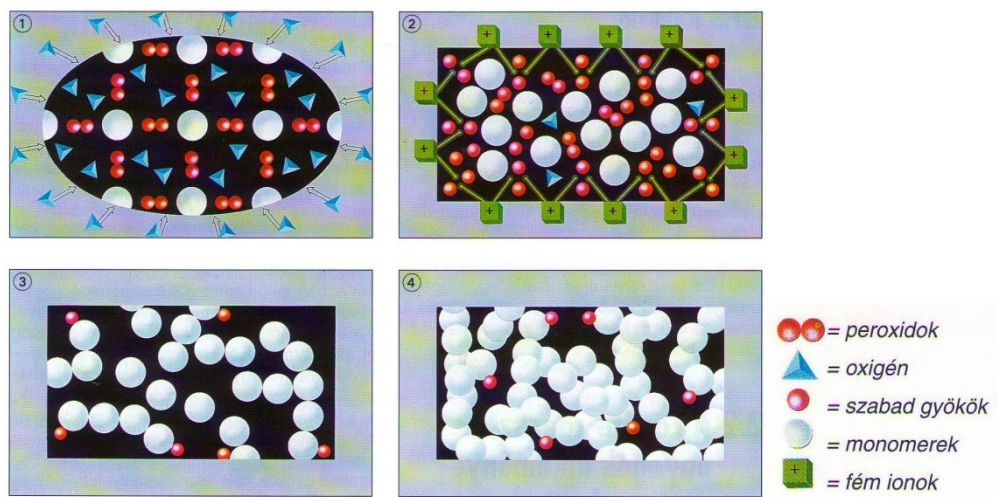
- anaerob kikeményedésű ragasztóanyagok
- UV-fény hatására kikeményedő ragasztóanyagok (szekunder kötés rendszerrel is)
- anionosan kikeményedő ragasztóanyagok (cián-akrilátok)
- aktivátorok segítségével kikeményedő ragasztóanyagok (modifikált akrilátok)

- nedvesség hatására kikeményedő ragasztóanyagok (szilikonok, uretánok)
- melegen kikeményedő ragasztóanyagok (epoxigyanták)

III. 3. Anaerob kikeményedésű ragasztóanyagok

Az anaerob ragasztóanyagok egykomponensűek, melyek oxigén kizárása mellett szobahőmérsékleten kötnek. A folyékony ragasztóanyagban lévő keményítő komponens inaktív marad mindaddig, amíg a levegő oxigénjével érintkezik. Amint elzárjuk a levegő oxigénjétől, pl. az alkatrészek összeillesztésekor, a kikeményedés nagyon gyorsan bekövetkezik, különösen, ha egyidejűleg fémmel is érintkezik. A kikeményedési mechanizmust a következőképpen képzelhetjük el: a levegő oxigénjének kizárásakor a fémionok hatására (Cu, Fe) szabad gyökök keletkeznek, melyek beindítják a polimerizációt (lásd 3. ábra).

A folyékony ragasztóanyag kapilláris hatása következtében az illesztési tartományban a legkisebb hézagok is kitöltődnek. Ezt követően a kikeményedett ragasztóanyag az összeragasztandó alkatrészek érdességmélységeiben „lehorgonyzódik”. A kikeményedési folyamatot a ragasztóanyag és a fémfelület iniciálja, azok katalizátorként hatnak. Passzív anyagoknak vagy nincs, vagy nagyon gyenge a katalitikus hatása, így a gyors és teljes kikeményedéshez ezeknél aktivátorok alkalmazására van szükség. Ilyen esetekben a ragasztóanyag felhordása előtt az egyik, vagy mindkét illesztési felületre folyékony aktivátor felvitele történik. Ehhez nem kell sem komponenseket összekeverni, sem fazékidőkre ügyelni. A 3. ábra szemlélteti az anaerob ragasztóanyagok kötési folyamatát: folyékony állapotban (1) a ragasztóanyag az állandó oxigénnel való érintkezés folyamán stabil állapotú. A ragasztóanyag illesztési hézagba záródásakor és az oxigénnel való érintkezés megszűnésekor (2) a peroxidok a fémionokkal való reakciójuk következtében szabad gyökökké alakulnak. A gyökök indítják meg a polimerláncok képződését (3). A kikeményedett állapot (4) szilárd szerkezetet mutat, térhálósodott polimer láncokkal.



3. ábra. A kötési folyamat anaerob ragasztóanyagoknál [1]

Az anaerob reakcióval kikeményedő ragasztóanyagok általában az alábbi tulajdonságokkal rendelkeznek:

- nagyon nagy nyírószilárdság
- jó hőmérséklet-állóság (-55°C – max. $+230^{\circ}\text{C}$)
- gyors kikeményedés
- könnyű adagolhatóság automata adagoló készülékkel, mivel egykomponensű
- nem szükséges a munkadarabok finommegmunkálása, az érdességmélység 8 és $40\mu\text{m}$ közötti lehet (R_z)
- egyidejű tömítőhatás és kiváló kémiai ellenállóképesség
- jó ellenállóképesség mechanikai rezgésekkel szemben
- jó ellenállóképesség dinamikus tartós terheléseknél

A kikeményedést, különösen a kikeményedés sebességét anaerob termékeknél lényegében az alábbiak befolyásolják: a ragasztandó alkatrészek, a munkadarabok közötti áthidalandó rés, a hőmérséklet, és az aktivátor. [1]

IV. Anyag és eszközrendszer

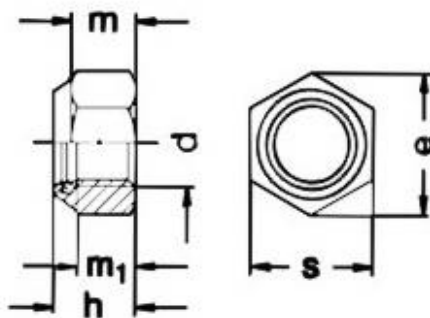
IV.1. Mért anyagok

IV.1.1. Metrikus rögzítőnyomatékos anya műanyag betéttel

DIN 985



4. ábra. Metrikus rögzítőnyomatékos anya műanyag betéttel [8]



5. ábra. Metrikus rögzítőnyomatékos anya jellemző méretei [9]

d	s	e	m_{min}	m_{1min}	h
M8	13 mm	14,38 mm	5,5 mm	4,4 mm	8 mm

1. táblázat. Metrikus rögzítőnyomatékos anya jellemző méretei [9]

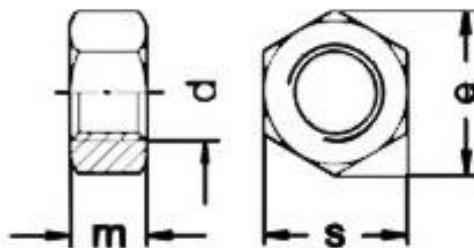
- megfelel az ISO 10511 szabványnak
- keménységi besorolás: 8
- önmagát biztosítja poliamid-biztosítógyűrűvel
- horganyzott acél

IV.1.2. Metrikus finom hatlapú anya

DIN 934



6. ábra. Metrikus hatlapú anya [10]



7. ábra. Metrikus hatlapú anya jellemző méretei [11]

d	s_{max}	e_{min}	m_{max}
M8	13 mm	14,38 mm	6,5 mm

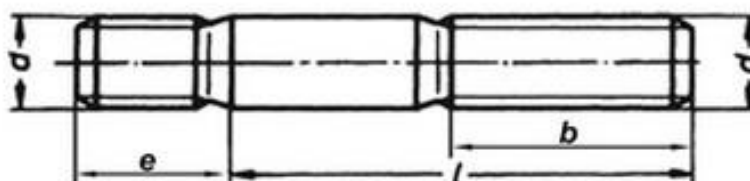
2. táblázat. Metrikus hatlapú anya jellemző méretei [11]

IV.1.3. Csavar

DIN 939



8. ábra. Ászokcsavar (Forrás: saját készítésű)

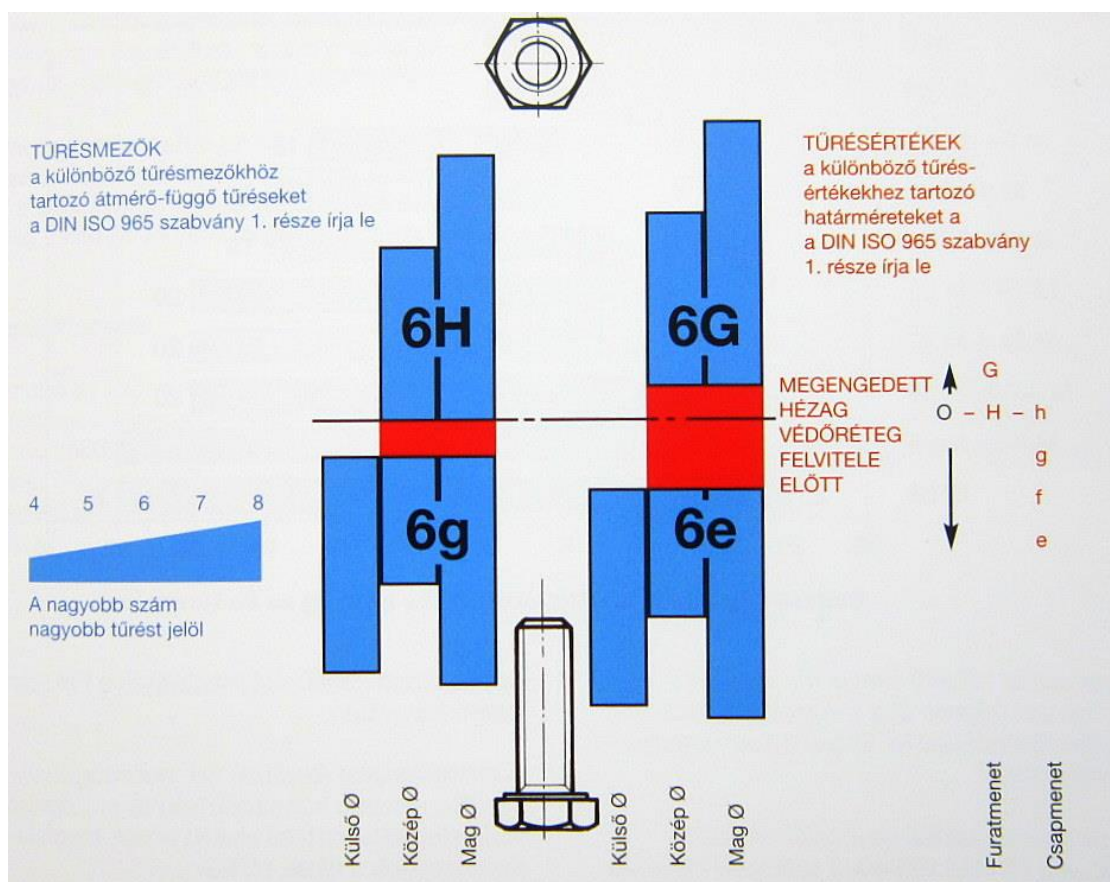


9. ábra. Ászokcsavar jellemző méretei [12]

d	e [mm]	b [mm] (L<125)	b [mm] (L 125-200)
M8	10,0	22	28

3. táblázat. Ászokcsavar jellemző méretei [12]

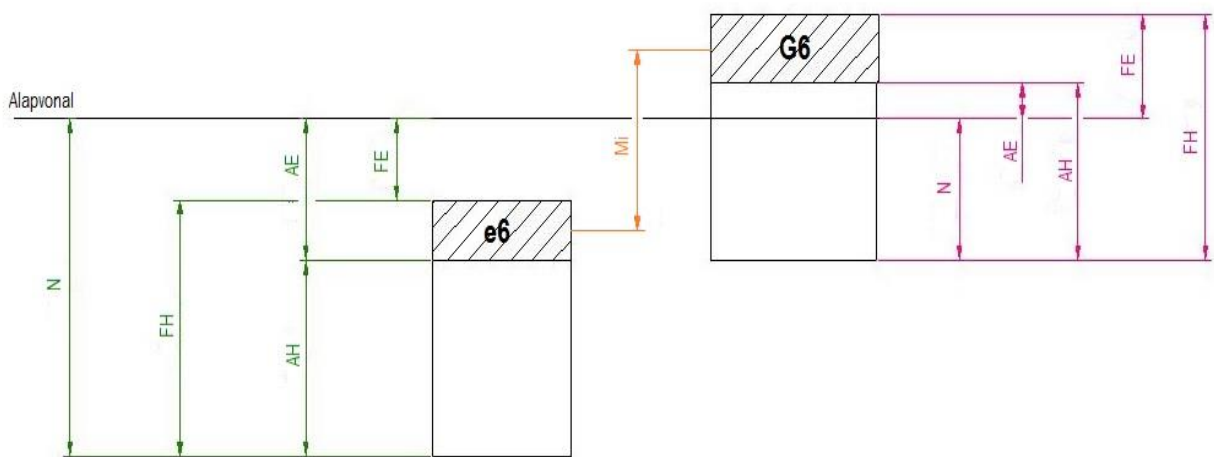
Az anyák szabványos menettűrése „G6”, a csavar menettűrése „e6”, ahogyan azt a következő ábra is szemlélteti.



10. ábra. Tűrésmezők, tűrésértékek [2]

d [mm]	e6 [μm]	G6 [μm]
6...10	-25 -34	+14 +5

4. táblázat Ø8 e6G6 tűréshez tartozó értékek



11. ábra. Tűrésmezők ábrázolása (Forrás: saját készítésű)

Névleges méret (N) = 8 [mm]

$$AE_c = ei = 0,034 \text{ [mm]}$$

$$AE_L = EI = 0,005 \text{ [mm]}$$

$$FE_c = es = 0,025 \text{ [mm]}$$

$$FE_L = ES = 0,014 \text{ [mm]}$$

$$AH_c = ei + N = 8,034 \text{ [mm]}$$

$$AH_L = EI + N = 8,005 \text{ [mm]}$$

$$FH_c = es + N = 8,025 \text{ [mm]}$$

$$FH_L = ES + N = 8,014 \text{ [mm]}$$

$$T_c = FH_c - AH_c = 0,009 \text{ [mm]}$$

$$T_L = |FH_L - AH_L| = 0,009 \text{ [mm]}$$

$$M_{i_c} = FE_c + \frac{T_c}{2} = 0,025 + 0,0045 = 0,0295 \text{ [mm]}$$

$$M_{i_L} = AE_L + \frac{T_L}{2} = 0,005 + 0,0045 = 0,0095 \text{ [mm]}$$

$$M_i = M_{i_c} + M_{i_L} = 0,0295 + 0,0095 = 0,039 \text{ [mm]}$$

A kötőelemek közötti résméret (Mi) = 0,039 [mm]

IV.2. A dolgozathoz használt csavarrögzítők

IV.2.1. Loctite 243



12. ábra. Loctite 243 - közepes szilárdságú csavarrögzítő (Forrás: saját készítésű)

Előnyök:

- Minden felületen megköt, beleértve a passzív felületeket is (pl. rozsdamentes acél, alumínium, bevonattal ellátott felületek).
- Bizonyítottan alkalmazható ipari olajokkal enyhén szennyezett felületeken, mint pl. motorolaj, korrózióvédő olaj, vágóolaj.
- Megelőzi a vibrációnak kitett alkatrészek, például szivattyúk, hajtóműházak és présgépek csavarjainak kilazulását
- Lehetővé teszi az alkatrészek kéziszerszámmal történő szétszerelését [13]

Műszaki adatok:

Maximális menetméret	M36
Szilárdság	Közepes
Üzemi hőmérséklet	-55°C és +180°C között
Kiszerelések	10ml, 50ml, 250ml

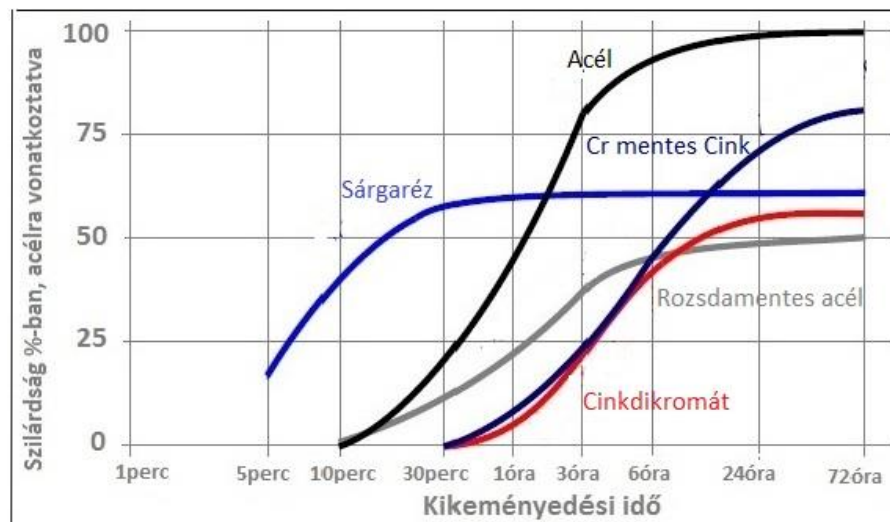
5. táblázat. Loctite 243 műszaki adatai [13]

A ragasztó tulajdonságai [14]:

- Kikeményítési idő: 24 óra 22 °C-on
- Előfeszítés nélküli oldónyomaték, ISO 10964 szerint vizsgálva:
 - M10-es acél csavarok és anyák → 26 [Nm]
 - M6 acél anyák és csavarok → 3 [Nm]
 - M16 acél csavarok és anyák → 44 [Nm]
 - 3/8 x 16 acél anyák és csavarok → 12 [Nm]
- Uralkodó nyomaték 180°-on, előfeszítés nélkül, ISO 10964 szerint vizsgálva:
 - M10-es acél csavarok és anyák → 5 [Nm]
 - M6 acél anyák és csavarok → 1 [Nm]
 - M16 acél csavarok és anyák → 13 [Nm]
 - 3/8 x 16 acél anyák és csavarok → 3 [Nm]
- Oldónyomaték, 5 Nm előfeszítéssel, ISO 10964 szerint vizsgálva:
 - M10-es acél csavarok és anyák → 24 [Nm]
 - 3/8 x 16 acél anyák és csavarok → 15 [Nm]
- Uralkodó nyomaték 180°-on, 5 Nm előfeszítéssel, ISO 10964 szerint vizsgálva:
 - M10-es acél csavarok és anyák → 4 [Nm]
 - 3/8 x 16 acél anyák és csavarok → 3,5 [Nm]

Kikeményedési sebesség az anyag függvényében:

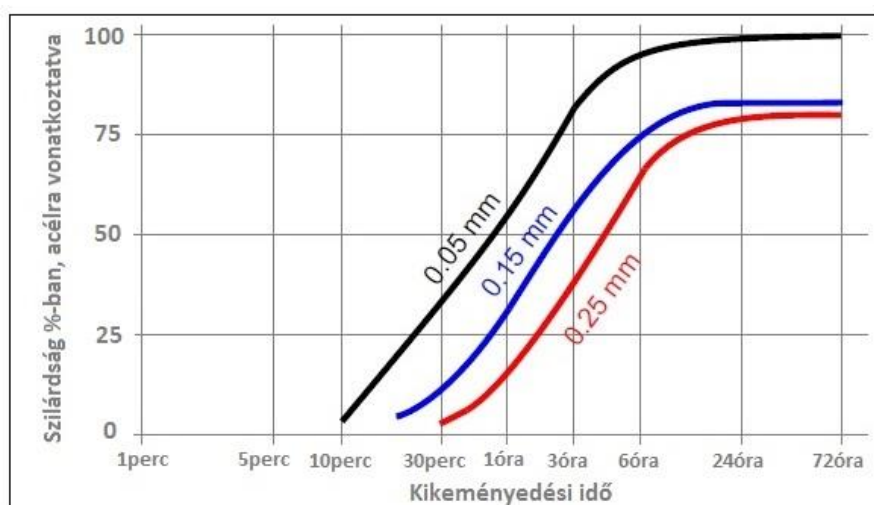
A kikeményedés sebessége függ az anyag típusától. A grafikon az oldónyomatékok mutatja az idő függvényében, különböző anyagú M10-es csavarok és anyák esetében ISO 10964 szerint vizsgálva.



13. ábra. Kikeményedési sebesség az anyag függvényében – Loctite 243 [14]

Kikeményedési sebesség a rés függvényében:

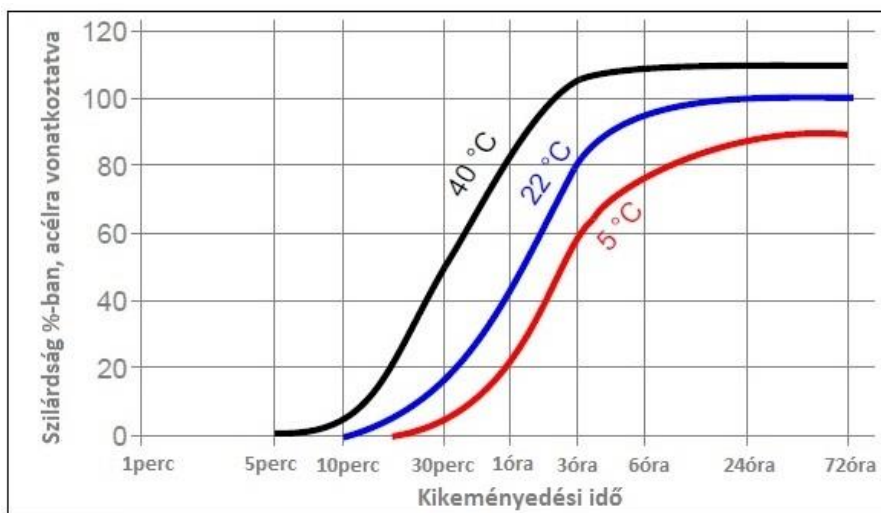
A kikeményedési sebesség továbbá függ a ragasztandó felületek közötti réstől is. Menetes kötőelemeknél a résméret a menet típusától, minőségétől és méretétől függ. A következő diagram a nyírószilárdságot mutatja az idő függvényében, acél csap-gyűrű próbatestek esetében, különböző nagyságú réseknél ISO 10123. szerint vizsgálva.



14. ábra. Kikeményedési sebesség a rés függvényében – Loctite 243 [14]

Kikeményedési sebesség a hőmérséklet függvényében:

A kikeményedés sebessége egy harmadik tényező, a hőmérséklet függvénye is. Az alábbi grafikon mutatja az oldónyomatékokat az idő függvényében különböző hőmérsékleteken M10-es csavarok és anyák esetében ISO 10964 szerint vizsgálva.



15. ábra. Kikeményedési sebesség a hőmérséklet függvényében – Loctite 243 [14]

IV.2.2. Loctite 270



16. ábra. Loctite 270 - Nagy szilárdságú csavarrögzítő (Forrás: saját készítésű)

Előnyök:

- Minden fém csavarkötéshez alkalmas, köztük rozsdamentes acélhoz és alumíniumhoz, valamint bevonattal és krómmentes bevonattal ellátott felületekhez is
- Bizonyítottan alkalmazható ipari olajokkal enyhén szennyezett felületeken, mint pl. motorolaj, korrózióvédő olaj, vágóolaj.
- Motorblokkok és szivattyúházak tartósan záró csavarjainak rögzítésére alkalmazható termék
- Olyan helyeken, ahol karbantartáskor nincs szükség rendszeres szétszerelésre [15]

Műszaki adatok:

Maximális menetméret	M20
Szilárdság	Nagy
Üzemi hőmérséklet	-55°C és +180°C között
Kiszerezések	10ml, 50ml, 250ml

6. táblázat. Loctite 270 műszaki adatai [15]

A ragasztó tulajdonságai [16]:

- Kikeményítési idő: 24 óra 22 °C-on
- Előfeszítés nélküli oldónyomaték, ISO 10964 szerint vizsgálva:
 - M10-es acél csavarok és anyák → 33 [Nm]
 - M6 acél anyák és csavarok → 5 [Nm]
 - M16 acél csavarok és anyák → 90 [Nm]
 - 3/8 x 16 acél anyák és csavarok → 31 [Nm]
- Uralkodó nyomaték 180°-on, előfeszítés nélkül, ISO 10964 szerint vizsgálva:
 - M10-es acél csavarok és anyák → 33 [Nm]
 - M6 acél anyák és csavarok → 3 [Nm]
 - M16 acél csavarok és anyák → 125 [Nm]
 - 3/8 x 16 acél anyák és csavarok → 33 [Nm]

- Oldónyomaték, 5 Nm előfeszítéssel, ISO 10964 szerint vizsgálva:

M10-es acél csavarok és anyák → 39 [Nm]

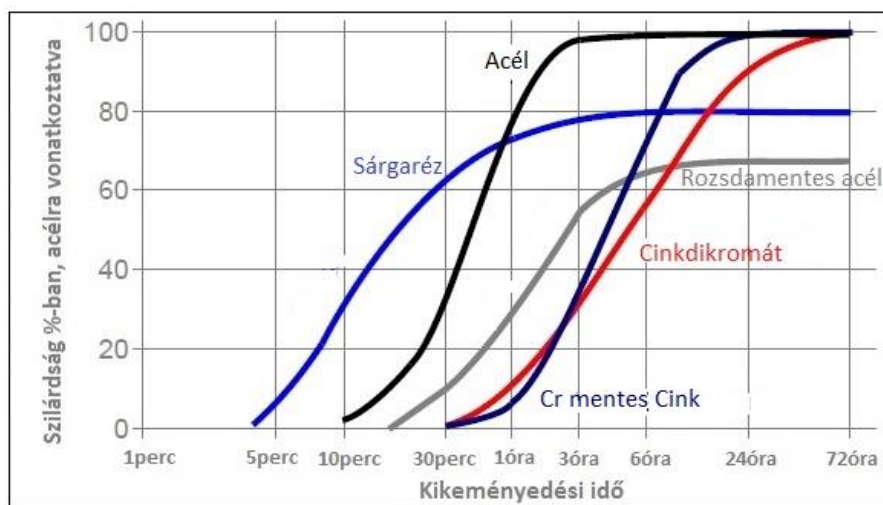
3/8 x 16 acél anyák és csavarok → 35 [Nm]

- Uralkodó nyomaték 180°-on, 5 Nm előfeszítéssel, ISO 10964 szerint vizsgálva:

M10-es acél csavarok és anyák → 25 [Nm]

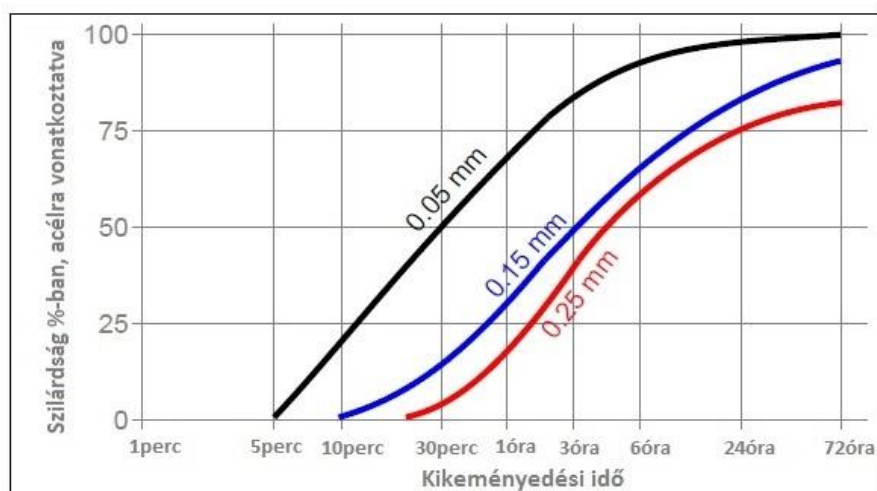
3/8 x 16 acél anyák és csavarok → 31 [Nm]

Kikeményedési sebesség az anyag függvényében (ISO 10964):



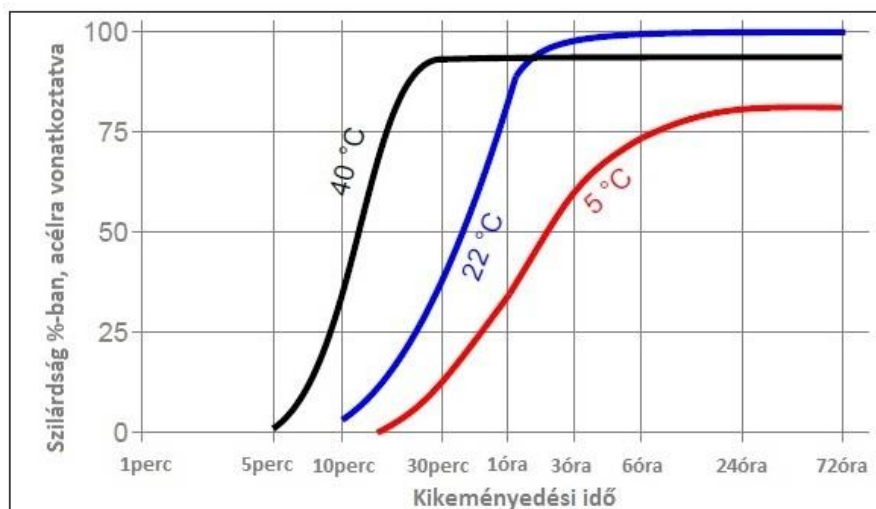
17. ábra. Kikeményedési sebesség az anyag függvényében – Loctite 270 [16]

Kikeményedési sebesség a rés függvényében (ISO 10123):



18. ábra. Kikeményedési sebesség a rés függvényében – Loctite 270 [16]

Kikeményedési sebesség a hőmérséklet függvényében (ISO 10964):



19. ábra. Kikeményedési sebesség a hőmérséklet függvényében – Loctite 270 [16]

IV.2.3. Loctite 2400



20. ábra. Loctite 2400 - közepes szilárdságú csavarrögzítő perisztaltikus kézi adagolóval
(Forrás: saját készítésű)

Előnyök:

- Első egészségben és biztonságban
- Nincs veszélyjelző szimbólum, nincs veszélyre és biztonságos használatra utaló "R" és "S" mondat.
- Kikeményedés után kiváló hő- és vegyszerállóság.
- Alkalmazás olyan helyeken, ahol az alkatrészek szétszerelését a karbantartáshoz biztosítani kell. [17]

Műszaki adatok:

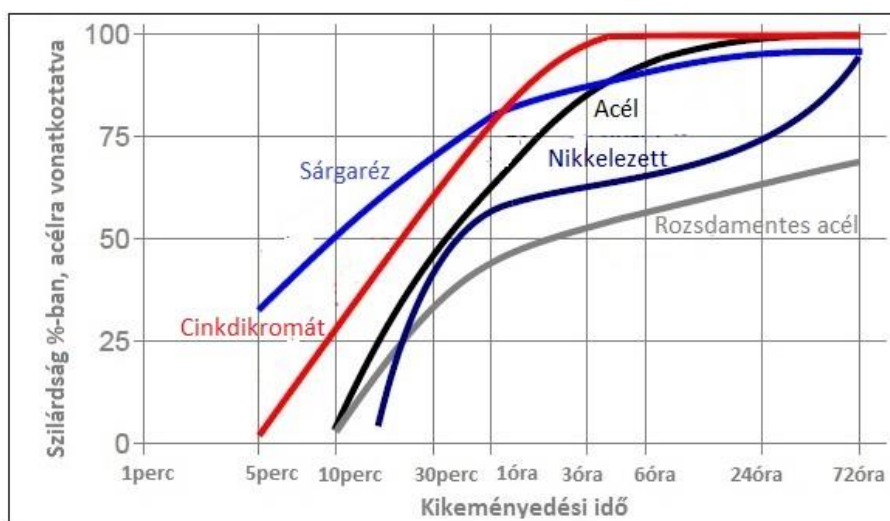
Maximális menetméret	M36
Szilárdság	Közepes
Üzemi hőmérséklet	-55°C és +150°C között
Kiszerezések	50ml, 250ml

7. táblázat. Loctite 2400 műszaki adatai [17]

A ragasztó tulajdonságai [18]:

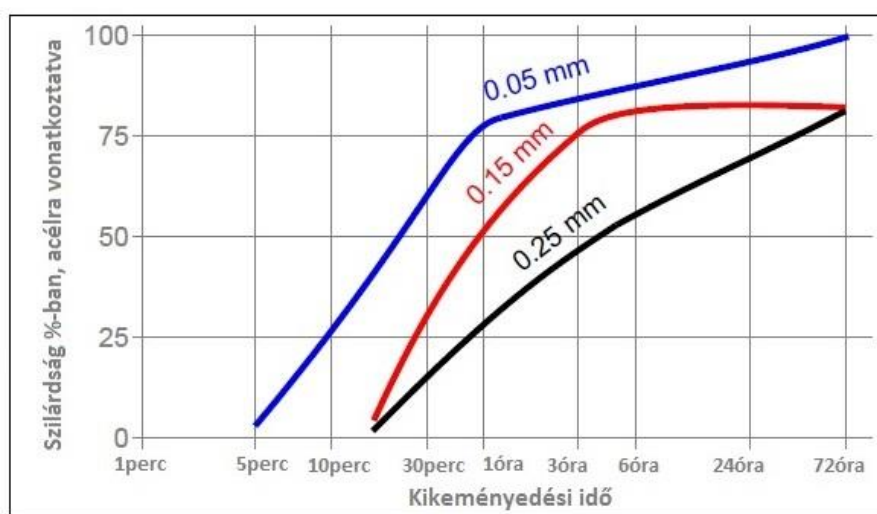
- Kikeményítési idő: 24 óra 22 °C-on
- Előfeszítés nélküli oldónyomaték, ISO 10964 szerint vizsgálva:
M10-es acél csavarok és anyák → 20 [Nm]
- Uralkodó nyomaték, előfeszítés nélkül, ISO 10964 szerint vizsgálva:
M10-es acél csavarok és anyák → 2 [Nm]
- Oldónyomaték, 5 Nm előfeszítéssel, ISO 10964 szerint vizsgálva:
M10-es acél csavarok és anyák → 18 [Nm]

Kikeményedési sebesség az anyag függvényében (ISO10964):



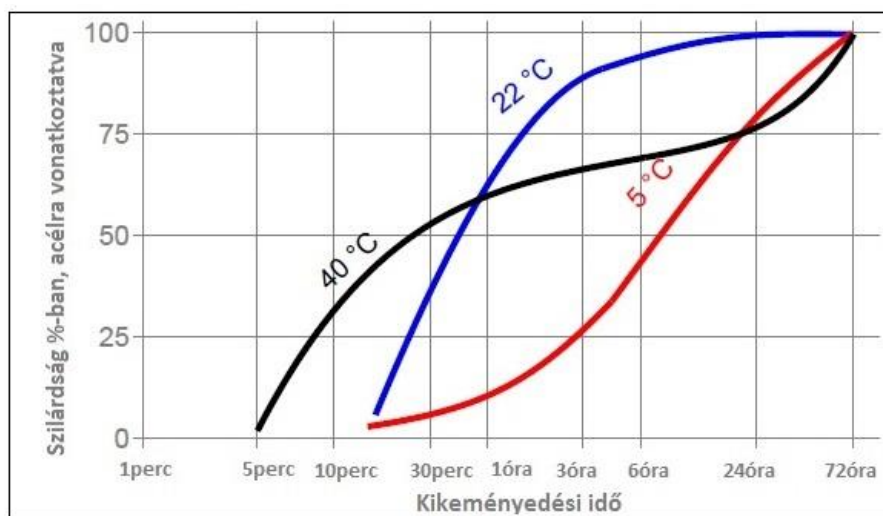
21. ábra. Kikeményedési sebesség az anyag függvényében – Loctite 2400 [18]

Kikeményedési sebesség a rés függvényében (ISO 10123):



22. ábra. Kikeményedési sebesség a rés függvényében – Loctite 2400 [18]

Kikeményedési sebesség a hőmérséklet függvényében (ISO 10964):



23. ábra. Kikeményedési sebesség a hőmérséklet függvényében – Loctite 2400 [18]

IV.2.4. Loctite 2700



24. ábra. Loctite 2700 - nagy szilárdságú csavarrögzítő (Forrás: saját készítésű)

Előnyök:

- Első egészségben és biztonságban
- Nincs veszélyjelző szimbólum, nincs veszélyre és biztonságos használatra utaló "R" és "S" mondat.
- Kikeményedés után kiváló hő- és vegyszerállóság.
- Olyan alkalmazásokhoz, ahol nem szükséges a szétszerelhetőség biztosítása. [19]

Műszaki adatok:

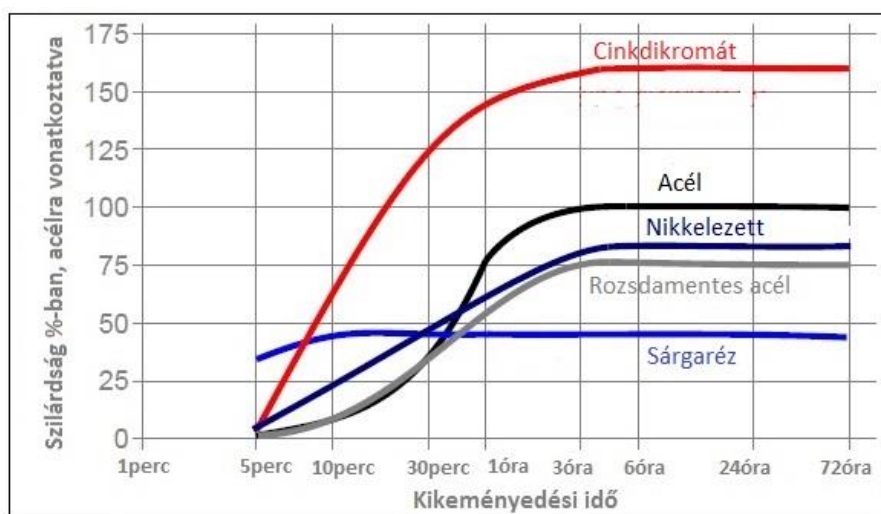
Maximális menetméret	M20
Szilárdság	Nagy
Üzemi hőmérséklet	-55°C és +150°C között
Kiszerezések	50ml, 250ml

8. táblázat. Loctite 2700 műszaki adatai [19]

A ragasztó tulajdonságai [20]:

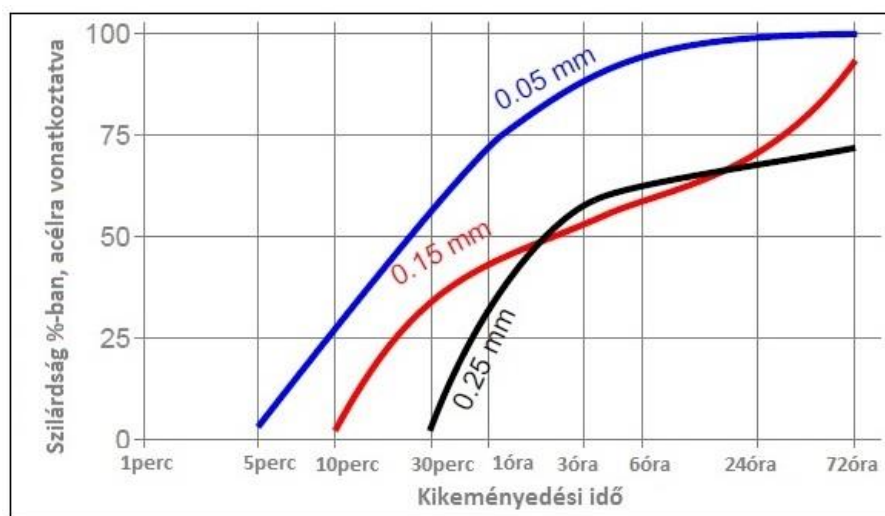
- Kikeményítési idő: 24 óra 22 °C-on
- Előfeszítés nélküli oldónyomaték, ISO 10964 szerint vizsgálva:
M10-es acél csavarok és anyák → 20 [Nm]
- Uralkodó nyomaték, előfeszítés nélkül, ISO 10964 szerint vizsgálva:
M10-es acél csavarok és anyák → 19 [Nm]
- Oldónyomaték, 5 Nm előfeszítéssel, ISO 10964 szerint vizsgálva:
M10-es acél csavarok és anyák → 34 [Nm]
- Uralkodó nyomaték, 5 Nm előfeszítéssel, ISO 10964 szerint vizsgálva:
M10-es acél csavarok és anyák → 30 [Nm]

Kikeményedési sebesség az anyag függvényében (ISO10964):



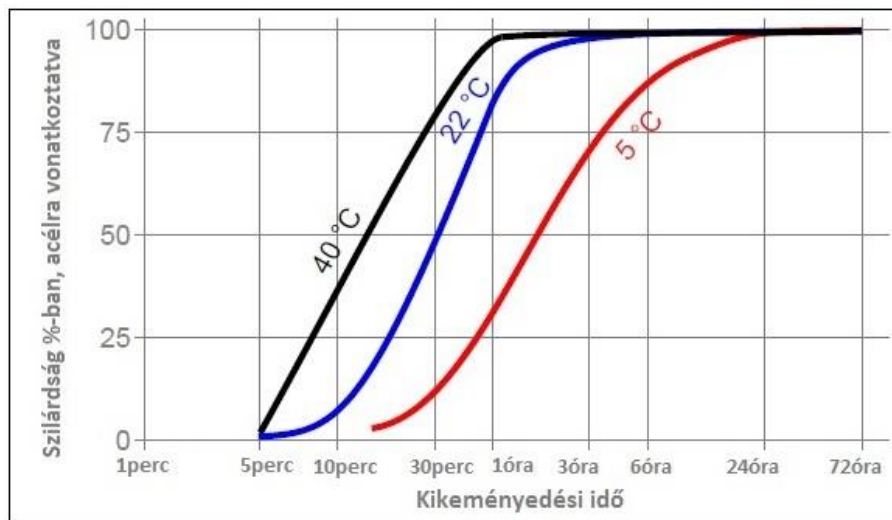
25. ábra. Kikeményedési sebesség az anyag függvényében – Loctite 2700 [20]

Kikeményedési sebesség a rés függvényében (ISO 10123):



26. ábra. Kikeményedési sebesség a rés függvényében – Loctite 2700 [20]

Kikeményedési sebesség a hőmérséklet függvényében (ISO 10964):



27. ábra. Kikeményedési sebesség a hőmérséklet függvényében – Loctite 2700 [20]

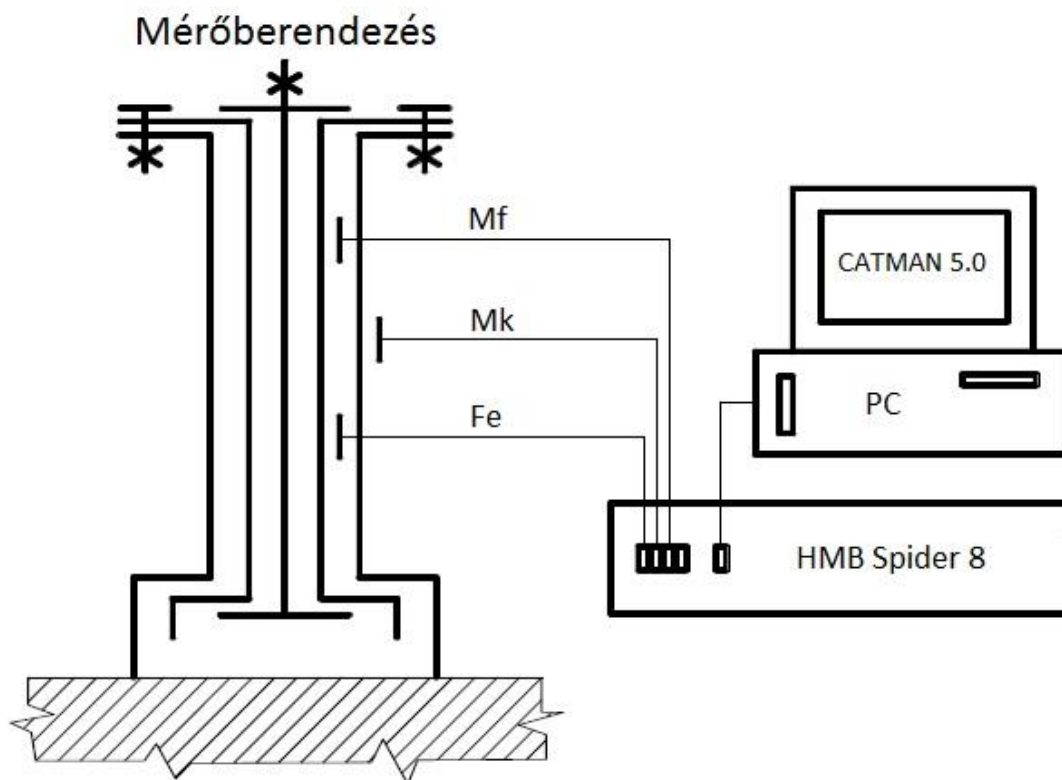
A fenntarthatóság meghatározó szóvá vált az üzleti közösségben. „Mi is a fenntarthatóság?” Ezt a kérdést a Henkel termékmenedzsere, Erik Edelman és csapata tette fel az ipari fogyasztóknak.

A Henkel meggyőződése, hogy a hatékony környezetvédelem és a társadalmi fejlődés az alapja a tartós gazdasági sikernek. Ugyanakkor, csak a gazdaságilag sikeres vállalatok képesek hozzájárulni a környezet hatékony védelméhez és a társadalmi fejlődéséhez.

Az új csavarrögzítőkkel (Loctite 2400 és Loctite 2700) a Henkel úttörő a munkahelyi egészség és biztonság terén. A közepes erősségű csavarrögzítő, a Loctite 2400 és a nagy szilárdságú csavarrögzítő, a Loctite 2700 egy nagy ugrás, mivel mindkettő rendelkezik "fehér" biztonsági adatlappal. Ez azt jelenti, hogy egyik csavarrögzítő sem hordoz semmilyen veszély szimbólumot vagy kockázatot. Emellett nem tartalmaznak feltüntetendő rákkeltő, mutagén és reprodukciós mérgezőanyagokat sem. [21]

IV.3. Mérőrendszer

A mérőrendszer segítségével a csavarkötések oldási nyomatékát vizsgálom. A mérőberendezés nyúlásmérő bélyegei mechanikai deformációk hatására változtatják az elektromos ellenállásukat. Így a nyúlásmérő bélyegek elektromos jeleket produkálnak és ezen értékek adatbegyűjtése számítógéppel vezérelt mérőrendszerrel történik. Az elektromos jellé átalakított nyomaték értékeket egy Spider8 mérőerősítő fogadja, melynek bemenetében Wheatstone-hídban vannak kötve a bélyegek. Ezeket a jeleket átalakítva a CatmanEasy szoftver segítségével tudjuk grafikus úton ábrázolni és kiértékelni. A nyomatékkulcs működtetése manuálisan történik, ezért nincs szükség kétirányú kommunikációra. A 28. ábra szemlélteti a méréshez használt rendszer elvi vázlatát. A 3 kimenet közül mi csak a kulcsnyomatékhoz tartozót használtuk.



28. ábra. A mérőrendszer elvi vázlata

IV.3.1. Spider 8

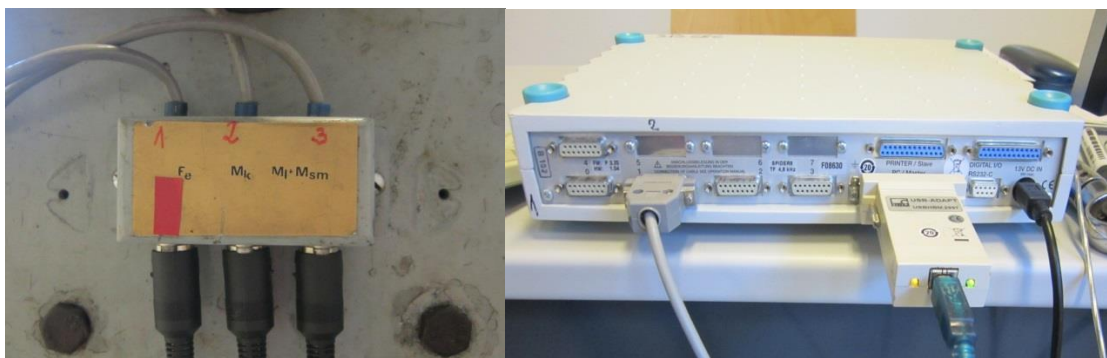
A rendszer egy hardverből, és egy számítógépes szoftverből áll. Ezek a termékek a Hottinger Baldwin Messtechnik által forgalmazott méréstechnikai eszközök. Az 29. ábrán látható hardver egy Spider8 típusú adatgyűjtő és mérőerősítő berendezés. Ez a mérőrendszer olyan

jelek átalakítására szolgál, amelyek lehetővé teszik a nyomás, gyorsulás, frekvencia, nyúlás, hőmérséklet változásával arányos villamos jelek mérését. Magában foglalja a rendszer az A/D (analóg- digitális) jelátalakítót, PC interface, illetve a csatlakozó egységeket. A Spider8 digitális erősítő 4.8 kHz vivőfrekvenciával, passzív belső bélégekkel működik. Minden csatorna külön - külön tartalmaz analóg - digitális konvertert, és ezek egyben szinkronizáltak is. Az erősítő első két csatornája impulzus számlálóként is funkcionál. [3]



29. ábra. Spider8 adatgyűjtő berendezés [3]

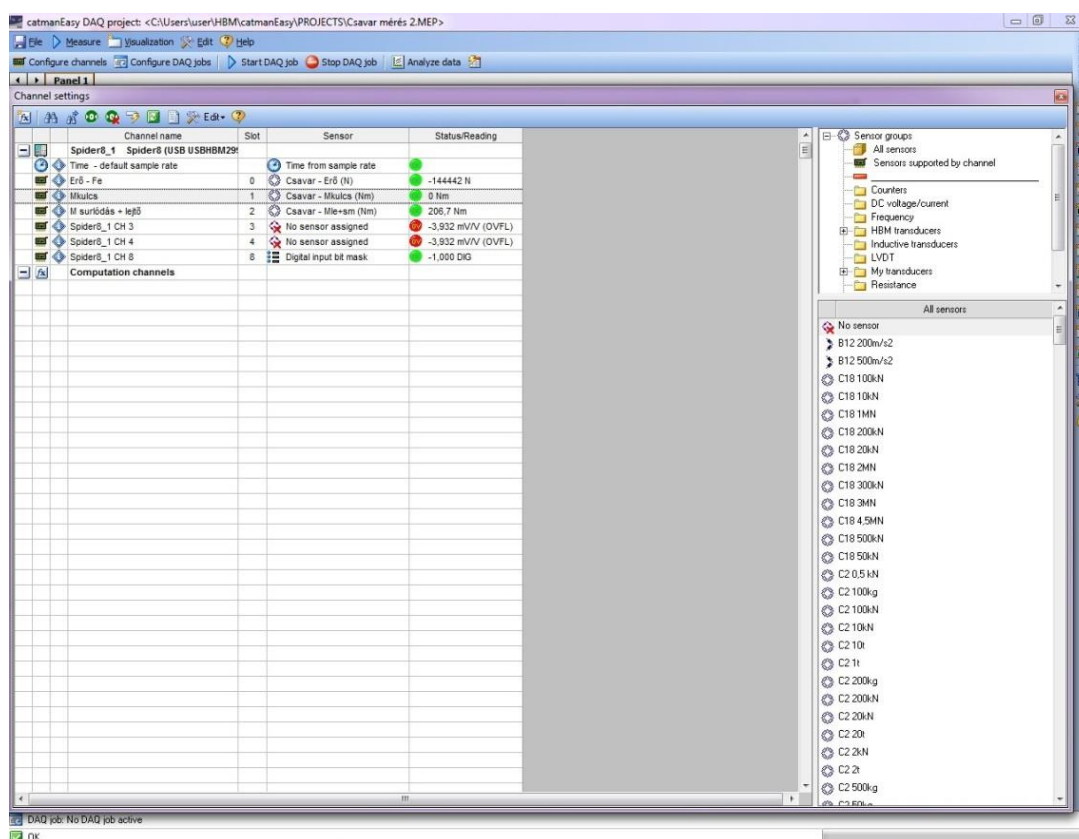
A 30. ábrán láthatjuk, hogy a Spider8 8 bemeneti csatornával rendelkezik, de csak a másodikat (1-es jelű bemenet) használtam fel, abba kötöttem a mérőberendezés „M_k” kimenetét. A mérőerősítőt egy USB-adapter segítségével kötöttem össze a számítógéppel. A mérőerősítő a bemeneti feszültséget közvetlenül a hálózatról kapja.



30. ábra. Mérőberendezés kimenetei és a Spider8 bemenetei (Forrás: saját készítésű)

IV.3.2. CatmanEasy

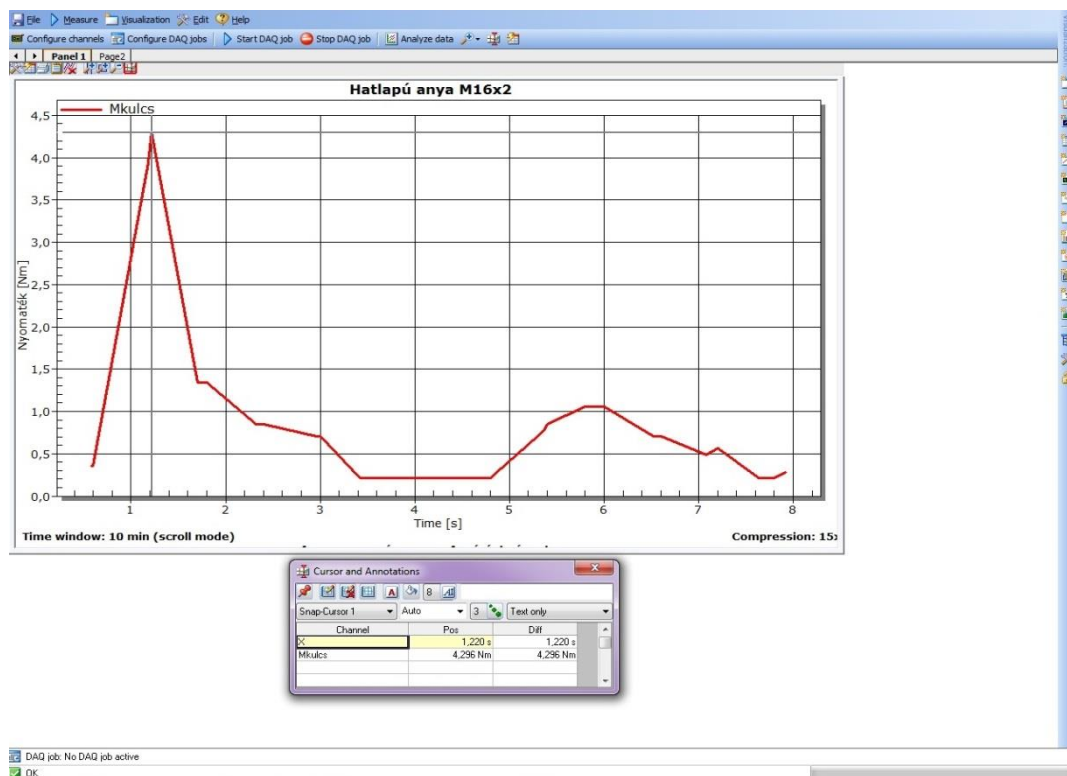
A CatmanEasy szoftver egy egyszerűen kezelhető és sok funkcióval ellátott, felhasználóbarát program. Segítségével a Spider8 ki tudja értékelni a mérési adatokat a számítógépen. A szoftver hatékony használata abból ered, hogy kész mérőprogramok közül a számunkra megfelelőt kell kiválasztanunk. A CatmanEasy számos előre definiált érzékelő típust tartalmaz, amit már csak a felhasználónak a megfelelő csatornához kell hozzá rendelnie. Abban az esetben, ha nem találunk számunkra megfelelőt, akkor egy meglévő érzékelőt újra definiálhatunk, vagy egy teljesen újat hozhatunk létre a saját paramétereink szerint. A 31. ábra bal oldalán találjuk a bemeneti csatornák listáját, amikhez hozzárendelhetjük az előzőekben említett érzékelőket. Maga a program rendelkezik egy úgynevezett „élő” gombbal, amivel az érzékelők működése ellenőrizhető, és a kalibrálás után a megfelelő értéket mutatja. [3]



31. ábra. CatmanEasy programozói felület (Forrás: saját készítésű)

A program különböző típusú diagramokat, illetve analóg és digitális kijelzőket ajánl fel a mérés kiértékeléséhez. A mi esetünkben a mérést egy egyszintes grafikonon jelenítettem meg. A 32. ábrán látható diagramon az oldónyomatékot az idő függvényében figyelhetjük meg. Szintén ezen kép jobb oldalán található a grafikon beállításait tartalmazó ablak. A diagram

alatt lévő ablak pedig a legnagyobb érték megjelenítését teszi lehetővé a hozzá tartozó időpillanatban.



32. ábra. Programozói felület a nyomaték diagramjával (Forrás: saját készítésű)

V. Mérési módszer

A mérések helyszíne: Debreceni Egyetem Műszaki Kar – gépelemek labor

V.1. A ragasztandó felületek előkezelése

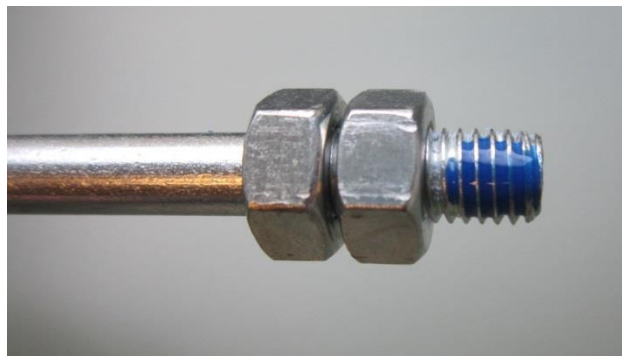
Ragasztásnál az optimális eredmény eléréséhez megfelelő felület-előkezelésre van szükség. A ragasztott kötés szilárdságát mindenekelőtt az illesztési felületek és a ragasztóanyag közötti adhézió (tapadás) határozza meg. Nagyon kell ügyelni arra, hogy a kötés annál szilárdabb, minél alaposabban megtisztították és előkezelték előtte a felületeket.

Optimális ragasztott kötés eléréséhez tökéletesen el kell távolítani a ragasztási felületről az olajat, zsírt, port és egyéb szennyeződések. Erre az olyan oldószerek alkalmasak, melyek maradéktalanul elpárolognak [1]. Ilyen oldószer az általam használt Loctite 7063.

Mivel a bázikus vagy savas alapú, víztartalmú tisztító rendszerek majdnem mindig tartalmaznak korróziógátló anyagot, melyek ha visszamaradnak a megtisztított ragasztási felületen, csökkenthetik a ragasztóanyag tapadását, vagy gátolhatják a ragasztóanyag kikeményedését, ezért ragasztás előtt alaposan letöröltem az illesztési felületeket.

V.2. Adagolás és felhordás

Először kézi pontszerű felhordást alkalmaztam mindegyik csavarrögzítőnél. A rögzítő hatáshoz elég, ha csak egy oldalra hordjuk fel a ragasztóanyagot, hiszen az a csavar becsavarásakor több csavarmeneten egyenletesen eloszlik. Természetesen ügyelni kell, hogy a kötésben a hézag teljesen ki legyen töltve. A 33. ábrán látható a csavarrögzítő mennyisége kézi felhordással.

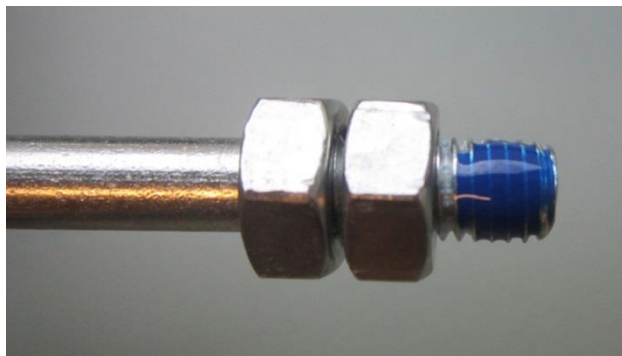


33. ábra. Csavarrögzítő mennyisége kézi adagolással (Forrás: saját készítésű)

A Loctite-csavarrögzítők egy olyan adagoló csőrrel rendelkeznek, melynek segítségével a ragasztóanyag közvetlenül a tubusból felhordható. Ezen módszer rugalmasságával szemben

áll az a hátrány, hogy minden egyes felhordáskor eltérő mennyiségű ragasztóanyag adagolása történik.

Éppen ezért a következő körben azt az esetet vizsgáltam, amikor perisztaltikus adagoló segítségével hordjuk fel a ragasztóanyagot a ragasztandó felületre. Ebben az esetben láthatjuk a 34. ábrán a csavarrögzítő mennyiségét. Az adagoló rendszerrel pontosan kimérhető a ragasztóanyag-mennyiség. Az ilyen eljárásokat, melyeknél az adagoló szelepet kézzel vezetjük a munkadarabhoz, manuális rendszereknek nevezzük.



34. ábra. Csavarrögzítő mennyisége adagoló segítségével (Forrás: saját készítésű)

V.3. Kikeményedési idő

A ragasztási folyamat után 24 óráig szobahőmérsékleten hagytam kikeményedni a csavarrögzítőket. A 35. ábra mutatja a ragasztás utáni állapotot.



35. ábra. Ragasztás után (Forrás: saját készítésű)

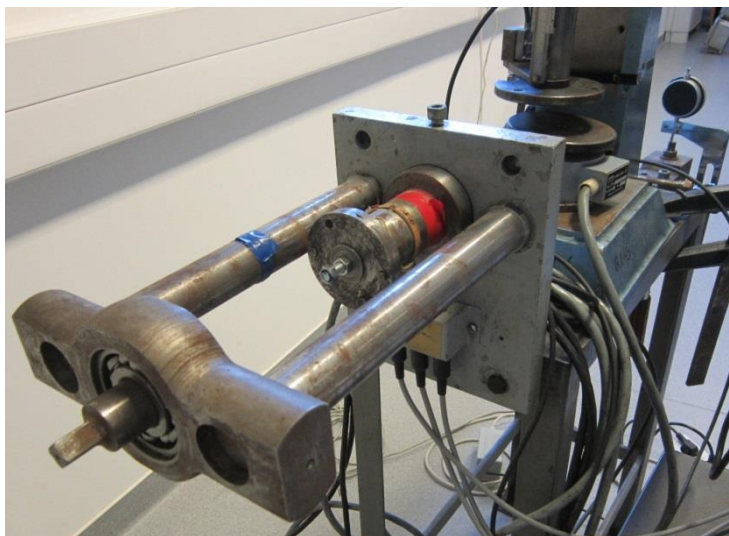
V.4. Oldási nyomaték mérése

A kikeményedési idő után elkezdtem a konkrét méréseket. A mérőberendezés „Mk” kimenetét csatlakoztattam a Spider8 mérőerősítő középső bemenetéhez. A mérőerősítőt egy USB kábel segítségével kötöttem össze a PC-vel. Ezek után áram alá helyeztem a mérőerősítőt és a számítógépet, majd bekapcsoltam őket. A távtartóba helyezett csavaron megszorítottam az anyákat, hogy a ragasztott anya oldása közben a csavar ne forduljon el.



36. ábra. Távtartóba befogott csavar (Forrás: saját készítésű)

A távtartót a csavarkötések mérésére szolgáló mérőberendezésbe helyeztem, majd rögzítettem, ezt mutatja a 37. ábra.



37. ábra. Csavarkötések mérésére szolgáló berendezés (Forrás: saját készítésű)

Elindítottam a CatmanEasy szoftvert, a „valós idő” opcióval nulláztam a nyomaték értéket, majd a „Start DAQ job” ikon megnyomásával elindítottam a mérést. Meghúztam az anyát, melynek értéke az idő függvényében azonnal megjelent a képernyőn diagram formájában. Amikor a nyomaték lecsökkent, leállítottam a mérést a „Stop DAQ job” ikonnal. Ezután a

diagramhoz tartozó beállításokkal formázni lehet a diagramot, attól függően, mit szeretnénk megjeleníteni. Én a legnagyobb nyomatékértéket jelenítettem meg a diagramok alatt, hogy könnyebben lehessen kiértékelni.

Egy csavarrögzítő mérése után a Loctite 7200-as ragasztó- és tömítéseltávolító segítségével tisztítottam a csavarokat és anyákat.



38. ábra. Oldás utáni állapot (Forrás: saját készítésű)

A mért értékek kiértékelését Excel táblázatkezelő szoftver segítségével végzem, az átlagokat és szórásokat a beépített függvényekkel számolom úgy, hogy a legkisebb és legnagyobb értékeket kihagyom a számításból. A diagramokon piros vonallal jelölöm az átlag oldónyomatékot, sárga sávval pedig az értékek szórását.

Megjegyzés: Szórás függvény: Minta alapján becslést ad a szórásra. A szórás azt méri, hogy az értékek a várható értéktől (középértéktől) milyen mértékben térnek el.

Az Excel a következő képlet alapján számolja a szórást:

$$\sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n-1)}}, \text{ ahol } x \text{ az ÁTLAG(szám1,szám2,...) középérték, } n \text{ pedig a minta mérete.}$$

VI. Mérési eredmények

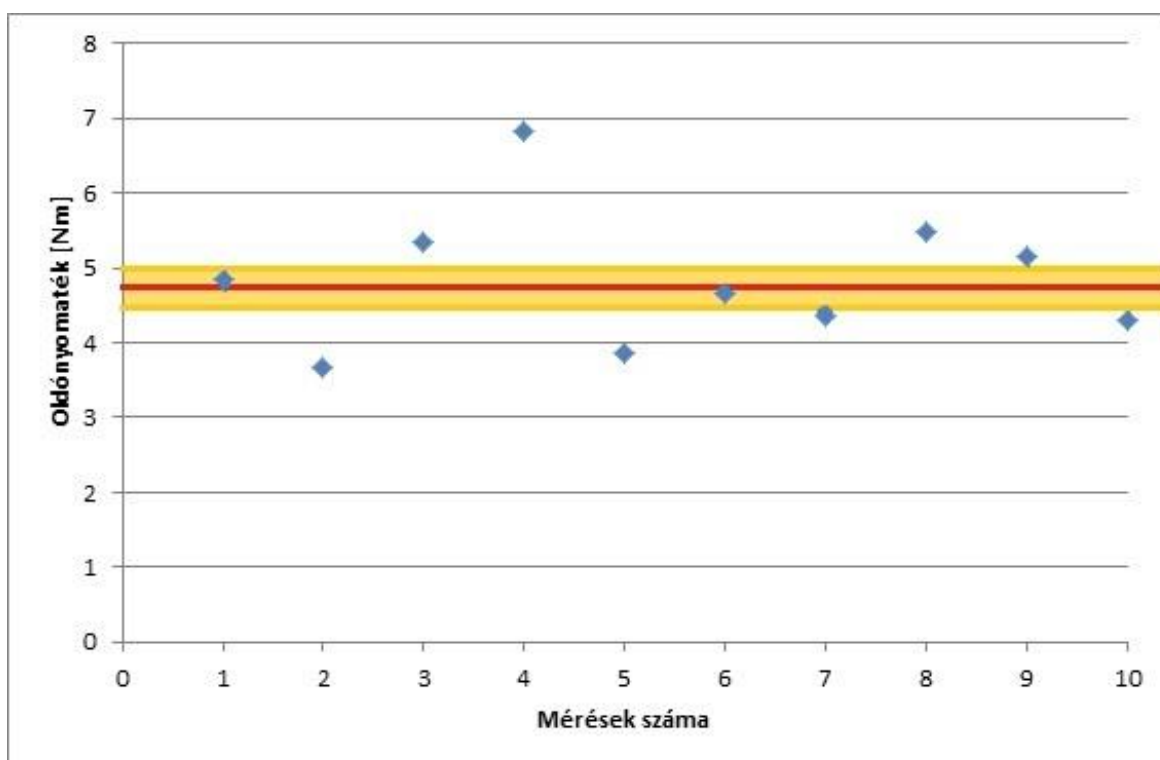
VI.1. Loctite 243 (kézi adagolás, több hónapja felbontott)

Mérések száma	Oldónyomaték [Nm]
1.	4,859
2.	3,662
3.	5,352
4.	6,831
5.	3,873
6.	4,648
7.	4,366
8.	5,493
9.	5,141
10.	4,296

9. táblázat. Loctite 243 mért értékei - bontott tubus (Forrás: saját készítésű)

Az átlag oldási nyomaték: $M_{old, \text{átl}} = 4,754$ [Nm]

A mért értékek szórása: $D = 0,5622$ [-]



39. ábra. Loctite 243 mért értékei bontott tubus esetén diagramban szemléltetve (Forrás: saját készítésű)

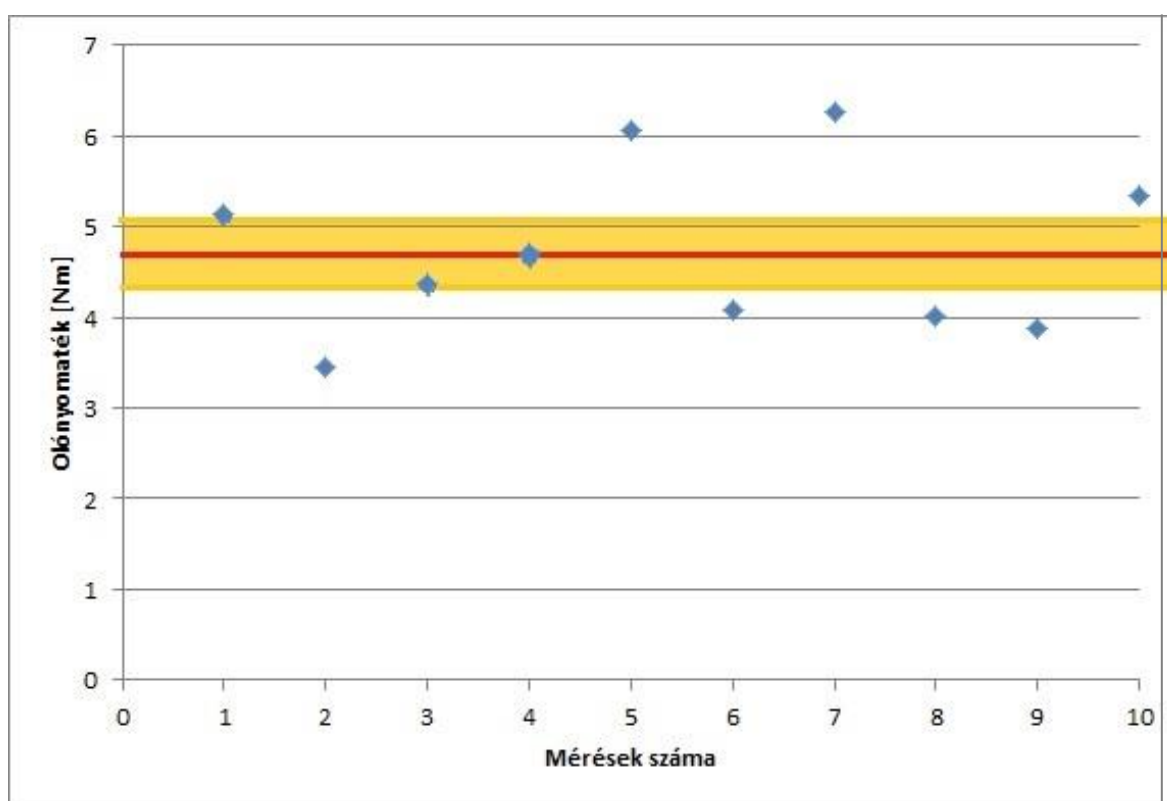
VI.2. Loctite 243 (kézi adagolás, bontatlan)

Mérések száma	Oldónyomaték [Nm]
1.	5,141
2.	3,451
3.	4,366
4.	4,718
5.	6,056
6.	4,085
7.	6,268
8.	4,014
9.	3,873
10.	5,352

10. táblázat. Loctite 243 mért értékei – bontatlan tubus (Forrás: saját készítésű)

Az átlag oldási nyomaték: $M_{\text{old,átl}} = 4,701$ [Nm]

A mért értékek szórása: $D = 0,7656$ [-]



40. ábra. Bontatlan Loctite 243 mért értékei diagramban szemléltetve (Forrás: saját készítésű)

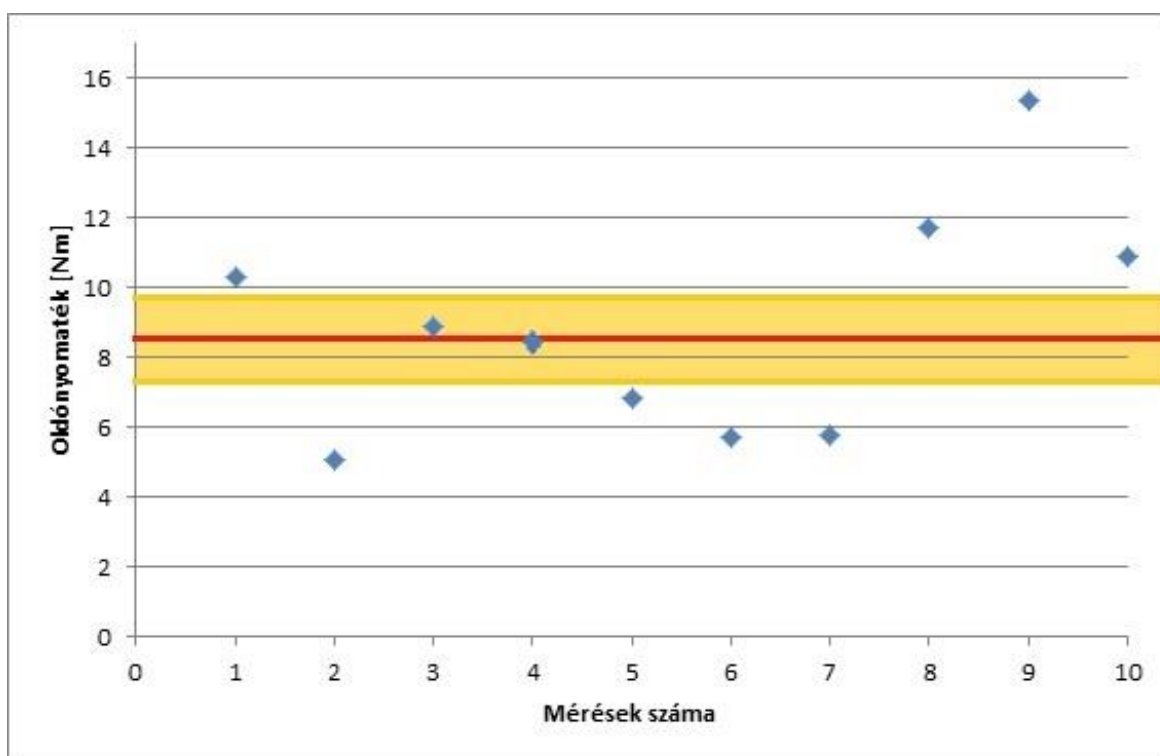
VI.3. Loctite 270 (kézi adagolás)

Mérések száma	Oldónyomaték [Nm]
1.	10,28
2.	5,07
3.	8,873
4.	8,451
5.	6,831
6.	5,704
7.	5,775
8.	11,69
9.	15,35
10.	10,92

11. táblázat. Loctite 270 mért értékei (Forrás: saját készítésű)

Az átlag oldási nyomaték: $M_{old, \text{átl}} = 8,566$ [Nm]

A mért értékek szórása: $D = 2,3095$ [-]



41. ábra. Loctite 270 mért értékei diagramban szemléltetve (Forrás: saját készítésű)

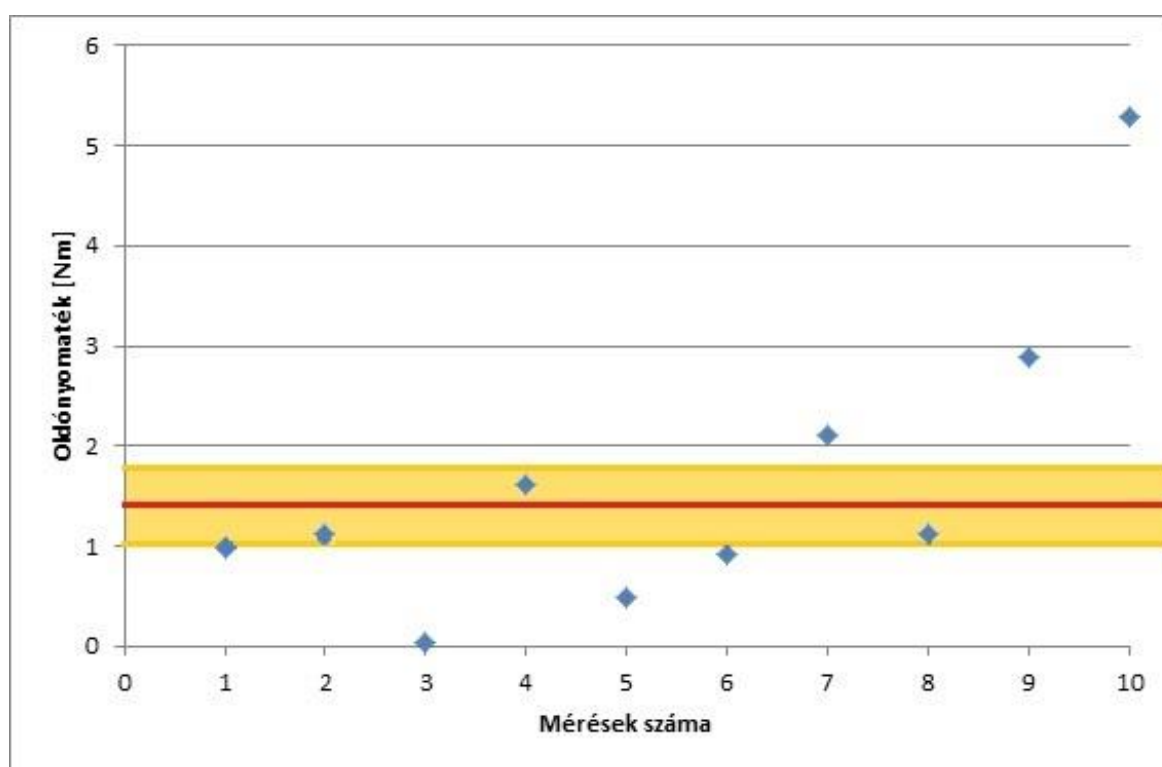
VI.4. Loctite 2400 (kézi adagolás)

Mérések száma	Oldónyomaték [Nm]
1.	0,9859
2.	1,128
3.	0,02892
4.	1,62
5.	0,493
6.	0,9155
7.	2,113
8.	1,127
9.	2,887
10.	5,282

12. táblázat. Loctite 2400 kézi adagolással mért értékei (Forrás: saját készítésű)

Az átlag oldási nyomaték: $M_{\text{old,átl}} = 1,409$ [Nm]

A mért értékek szórása: $D = 0,7695$ [-]



42. ábra. Loctite 2400 kézi adagolással mért értékei (Forrás: saját készítésű)

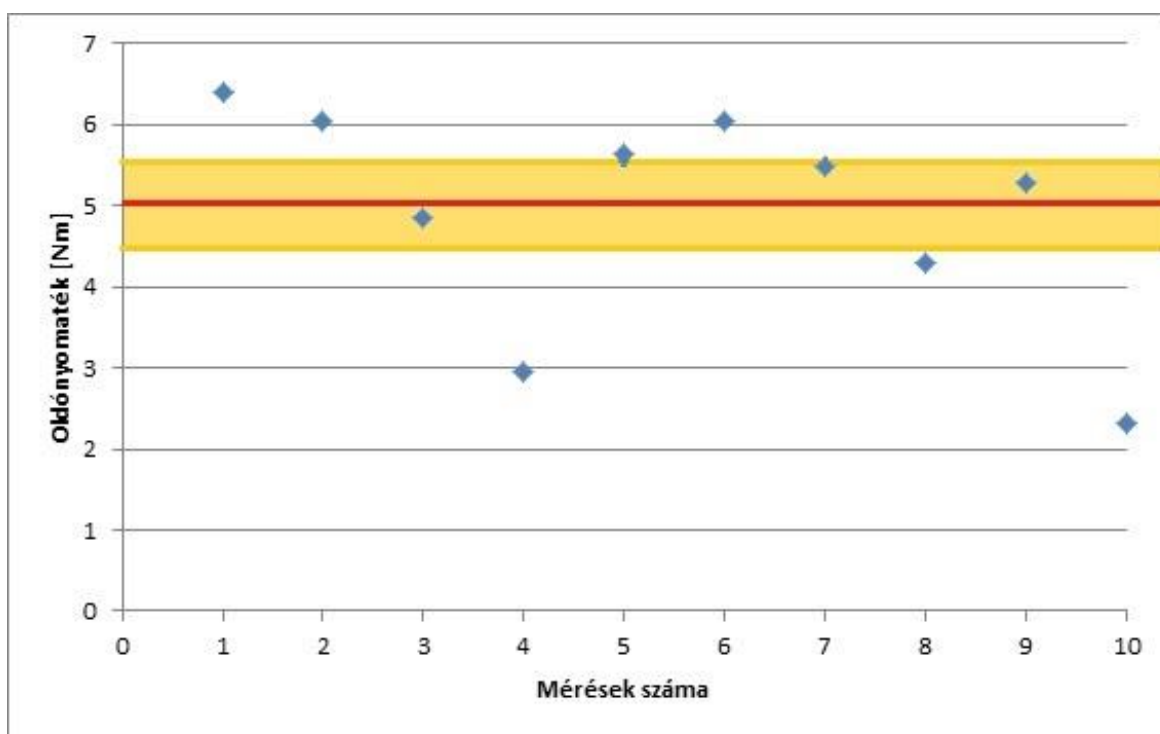
VI.5. Loctite 2400 (adagoló rendszerrel)

Mérések száma	Oldónyomaték [Nm]
1.	6,408
2.	6,056
3.	4,859
4.	2,958
5.	5,634
6.	6,056
7.	5,493
8.	4,296
9.	5,282
10.	2,324

13. táblázat. Loctite 2400 adagoló segítségével mért értékei (Forrás: saját készítésű)

Az átlag oldási nyomaték: $M_{old, \text{átl}} = 5,079$ [Nm]

A mért értékek szórása: $D = 1,041$ [-]



43. ábra. Loctite 2400 adagoló segítségével mért értékei (Forrás: saját készítésű)

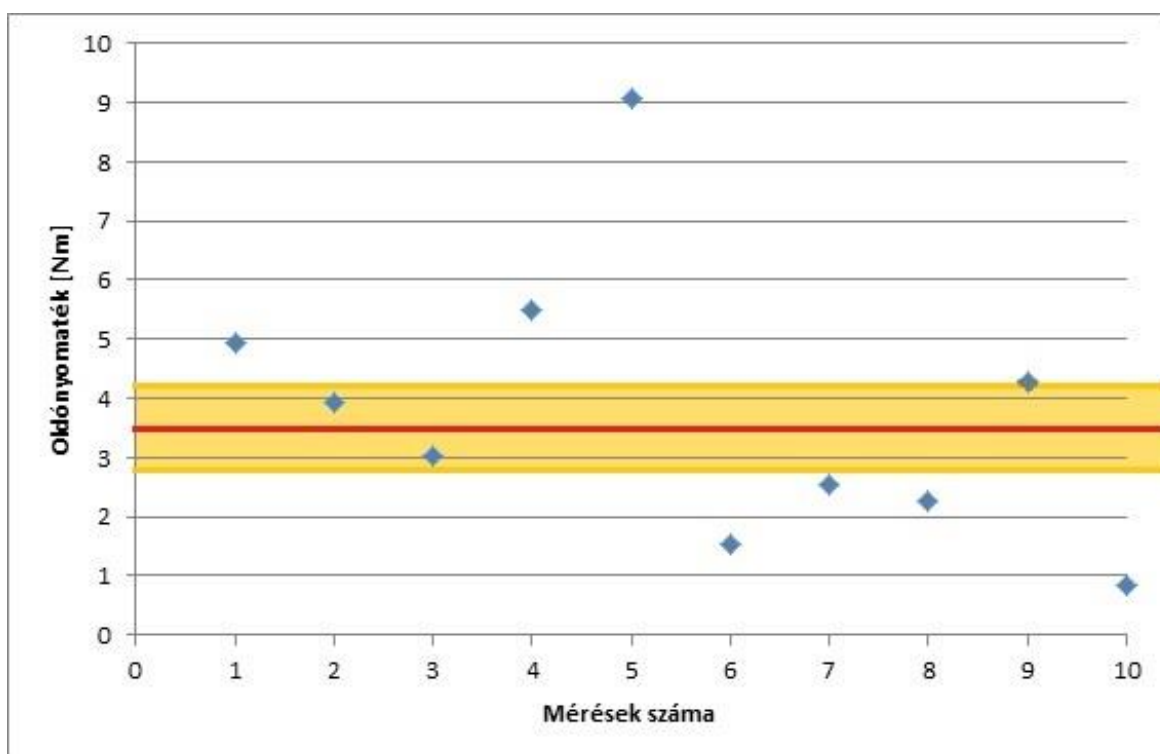
VI.6. Loctite 2700 (kézi adagolás)

Mérések száma	Oldónyomaték [Nm]
1.	4,93
2.	3,944
3.	3,028
4.	5,493
5.	9,085
6.	1,549
7.	2,535
8.	2,254
9.	4,296
10.	0,8451

14. táblázat. Loctite 2700 mért értékei (Forrás: saját készítésű)

Az átlag oldási nyomaték: $M_{\text{old,átl}} = 3,504$ [Nm]

A mért értékek szórása: $D = 1,382$ [-]



44. ábra. Loctite 2700 mért értékei diagramban szemléltetve (Forrás: saját készítésű)

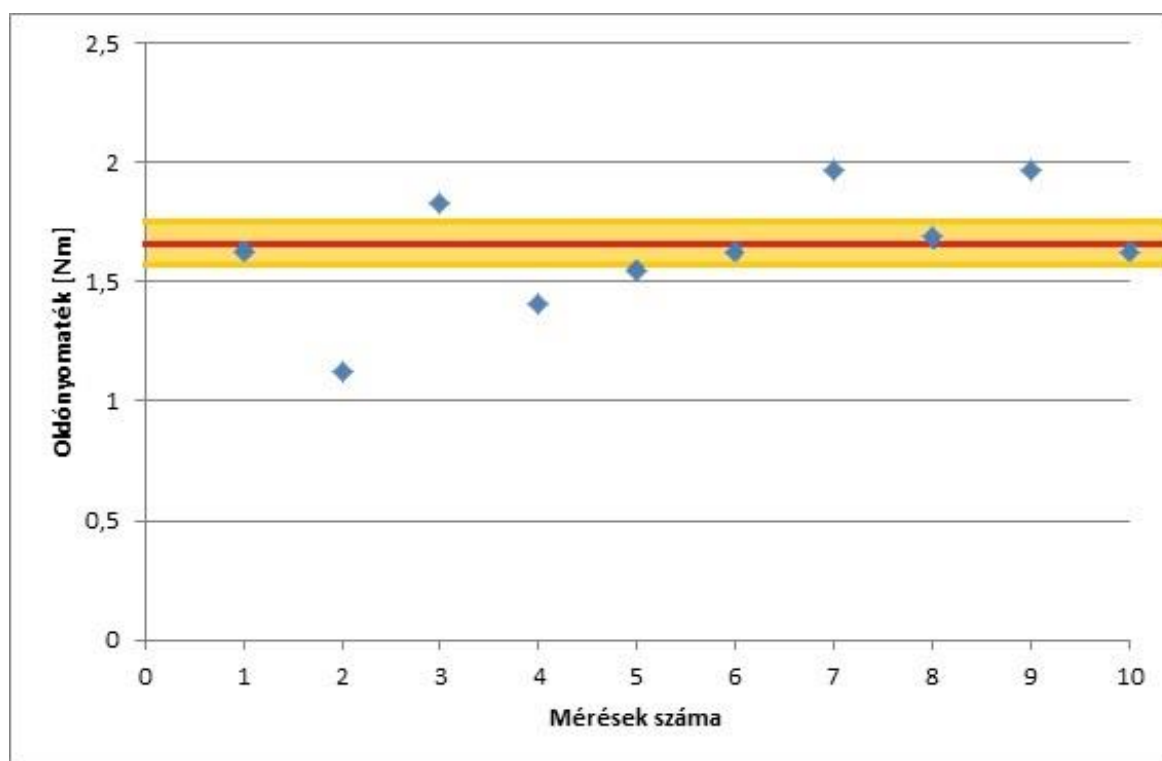
VI.7. Rögzítőnyomatékos anya műanyag betéttel

Mérések száma	Oldónyomaték [Nm]
1.	1,62
2.	1,127
3.	1,831
4.	1,408
5.	1,549
6.	1,62
7.	1,972
8.	1,69
9.	1,972
10.	1,62

15. táblázat. Rögzítőnyomatékos anya mért értékei (Forrás: saját készítésű)

Az átlag oldási nyomaték: $M_{\text{old,átl}} = 1,664$ [Nm]

A mért értékek szórása: $D = 0,1724$ [-]



45. ábra. Rögzítőnyomatékos anya mért értékei diagramban szemléltetve (Forrás: saját készítésű)

VII. Eredmények kiértékelése, következtetések

Ragasztók típusa	$M_{old, \text{átl}}$ [Nm]	Szórás D [-]
Loctite 243 , kézi adagolás, bontott tubus	4,754	0,5622
Loctite 243 , kézi adagolás, bontatlan tubus	4,701	0,7656
Loctite 270 , kézi adagolás	8,566	2,3095
Loctite 2400 , kézi adagolás	1,409	0,7695
Loctite 2400 , adagolóval történő felhordás	5,079	1,041
Loctite 2700 , kézi adagolás	3,504	1,382
Rögzítőnyomatékos anya	1,664	0,1724

16. táblázat. Összefoglaló táblázat az átlag oldónyomatékokról és a szórásokról (Forrás: saját készítésű)

- A Loctite 243-as csavarrögzítőnél megvizsgáltam, hogy hőhatásnak kitett, több hónapja felbontott ragasztó veszít-e a ragasztási képességéből, ezért 2 tubust vizsgáltam meg: az egyik több hónapja fel volt bontva, egész nyáron egy autó csomagtartójában volt, így hőhatások is érték; a másik viszont egy teljesen új, bontatlan tubus volt. A méréseimből az derült ki, hogy a ragasztott kötés szilárdságára nincs hatással, hogy felbontás után mennyi ideig, illetve milyen körülmények között használjuk a csavarrögzítőt, hiszen a több hónapja felbontott és a teljesen új mért értékei között csak néhány század eltérés van. (Lásd 16. táblázat)
- A Loctite 2400-asnál is 2 esetet vizsgáltam, kézi adagolással és perisztaltikus adagolóval történő anyagfelhordást. A 16 táblázat adatai mutatják, hogy a két ragasztás átlagértékei között jelentős eltérés mutatkozik. Mivel a ragasztási mintákat mindkét esetben ugyanazzal a ragasztóval végeztem, a nagy különbség csak a helytelen technológiából adódhatott. A perisztaltikus adagolóval történő felhordás után majdnem négyszer akkora oldási nyomatékot mértem, mint kézi adagolás esetén. Valószínűsíthető, hogy a kézzel felhordott ragasztó esetén a kisebb oldási nyomaték a nem megfelelő mennyiségű ragasztó okozta. A kézi adagolásnál kevésnek bizonyult a

mennyiség, nem töltötte ki teljes mértékben a menetek közötti rést, ezáltal nem is volt teljesen elzárva az oxigéntől, nem kötött ki egészében az anyag. Ez a tény rávilágít a ragasztóanyag pontos adagolásának fontosságára.

- A méréseim alátámasztják a szakirodalom adatait, mely szerint az általam vizsgált 4 csavarrögzítő közül a Loctite 270-es ragasztónak a legnagyobb az oldási nyomatéka.
- A Loctite 243-ast a 2400-assal összehasonlítva láthatjuk, hogy a Health&Safety terméknek nagyobb az oldónyomatéka, ugyanakkor összehasonlítva a Loctite 270-est a 2700-assal, viszont a Health&Safety terméknek kisebb az oldási nyomatéka. Tehát vizsgálataim alapján nem találtam egyértelmű összefüggést a Health&Safety és a hagyományos ragasztók közötti különbségre.
- A rögzítőnyomatékos anyánál a szórás jóval kisebb, mint bármelyik csavarrögzítő esetében. A nagyobb mértékű szórások a csavarrögzítőknél a technológiai pontatlanságokból adódhatnak. Ahogy azt a második pontban említettem, kézi felhordáskor nem mindig volt elegendő a felvitt anyagmennyiség. Éppen ezért nagyon fontos, hogy mindig betartsuk a technológiai előírásokat, ragasztás előtt tisztítsuk meg alaposan a ragasztandó felületeket, illetve kellő mennyiségű csavarrögzítőt adagoljunk a már megtisztított alkatrészekre.
- Méréseim azt mutatják, hogy a vizsgált Loctite csavarrögzítők mindegyike lényegesen nagyobb oldási nyomatékot biztosít, mint a műanyagbetétes anya, ezért használata az iparban nagyobb biztonságot nyújt kicsavarodás ellen.

VIII. Összegzés

A dolgozatomban a Loctite csavarrögzítőkkal elérhető kötési szilárdságot vizsgáltam, illetve összehasonlítottam a mechanikus és folyékony csavarrögzítőket. Azért választottam ezt a területet, mert az iparban széles körben használható ez az eljárás, hiszen csavarkötést szinte minden gépszerkezetben alkalmaznak.

A dolgozatom első fejezetében bemutatam a vizsgált csavarrögzítőket gyártó céget, a Henkelt, továbbá a Loctite céljait, fejlesztéseit, mérnöközpontjait és termékpalettáját.

A második fejezetben különféle csavarrögzítési megoldásokra hoztam példákat, illetve jellemeztem a folyékony csavarrögzítőket. Felsoroltam a Loctite csavarrögzítők előnyeit a hagyományos rögzítési módokkal szemben.

A harmadik fejezetben a ragasztástechnika általános információit ismertettem, ezen belül az általam használt csavarrögzítők kikeményedési mechanizmusát is.

A negyedik fejezetben a csavart és az anyákat mutattam be, melyeken a vizsgálatokat végeztem, illetve a vizsgált 4 folyékony csavarrögzítőt. Ezt követően a mérőrendszer felépítését ismertettem, ami egy csavarkötések mérésére szolgáló berendezésből, egy mérőerősítőből, és egy szoftverből állt, melynek segítségével a Spider8 mérőerősítő ki tudta értékelni a mérési adatokat.

Az ötödik fejezetben ismertettem a mérések menetét, lépéseit.

A hatodik fejezetben a mérési eredményeket foglaltam táblázatba, illetve diagramokon is szemléltettem azokat.

Vizsgálataim során a következő eredményekre jutottam:

A Loctite csavarrögzítőkkal elérhető kötési szilárdság vizsgálata során azt tapasztaltam, hogy a vizsgált 4 csavarrögzítő közül a Loctite 270-es a legerősebb.

A mechanikus és folyékony csavarrögzítők összehasonlításakor arra a következtetésre jutottam, hogy a folyékony csavarrögzítők erősebb vibrációnak kitett gépeknél hatékonyabban biztosítják a csavarkötést kilazulás ellen, mint a mechanikus rögzítők.

Bontott és bontatlan tubus összehasonlításánál a vizsgálataim azt mutatták, hogy a Loctite 243-as esetében a kötés szilárdságára nincs hatással, hogy felbontás után mennyi ideig, milyen körülmények között használjuk a csavarrögzítőt.

A kézi adagolás és a perisztaltikus adagolóval történő felhordás összehasonlítása pedig rávilágított arra, hogy rendkívül fontos az egyenletes és megfelelő mennyiségű ragasztó felhordása.

IX. Felhasznált irodalom

- [1] Loctite kézikönyv 2. kiadás. Loctite North America, Connecticut, 1998. ISBN 0-96 5590-0-5
- [2] Böllhoff: Amit a csavarokról tudni érdemes. Böllhoff GmbH, Bielefeld
- [3] Tatár László – Szakdolgozat (2011)
- [4] <http://www.henkel.hu/a-henkel-63.htm> (Letöltés dátuma: 2014. 10. 14. 16 óra 56 perc)
- [5] <http://www.henkel.hu/adhesive-technologies-78.htm> (Letöltés dátuma: 2014. 10. 14. 17 óra 10 perc)
- [6] http://www.kepzesevolucioja.hu/dmdocuments/4ap/5_0220_001_101115.pdf (Letöltés dátuma: 2014. 10. 14. 17 óra 23 perc)
- [7] <http://www.loctitesolutions.hu/hu/application-solutions/threadlocking.html> (Letöltés dátuma: 2014. 10. 14. 17 óra 31 perc)
- [8] <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:0oL3raMrmFUJ:www.foerch.hu/termekek/produktdetails.aspx%3Fg%3D89ec48a6-fb46-4437-a907-7fcb86f5cc21%26p%3D5b043974-e349-41ee-9c42-992b77c44444+%&cd=3&hl=hu&ct=clnk&gl=hu> (Letöltés dátuma: 2014. 10. 20. 19 óra 04 perc)
- [9] http://www.fullermetric.com/products/nut/din985nylon_insert_lock_nut.aspx (Letöltés dátuma: 2014. 10. 20. 19 óra 08 perc)
- [10] http://rsfasteners.co.uk/product_info.php?cPath=68_69&products_id=208&osCsid=6b361393290205c294e481e93fd6d9d0 (Letöltés dátuma: 2014. 10. 20. 19 óra 13 perc)
- [11] http://www.fullermetric.com/products/nut/din934hex_nut.aspx (Letöltés dátuma: 2014. 10. 20. 19 óra 21 perc)
- [12] <http://www.foerch.hu/termekek/produktdetails.aspx?g=6f82c5b7-5bf0-4100-9566-4215e73bc520&p=af8d0bb5-c840-450f-a03d-54093bd3697a> (Letöltés dátuma: 2014. 10. 20. 19 óra 34 perc)
- [13] <http://www.loctite.hu/loctite-5411.htm?nodeid=8802623520769> (Letöltés dátuma: 2014. 05. 12. 14 óra 38 perc)
- [14] <http://tds.loctite.com/tds5/docs/243%20NEW-EN.PDF> (Letöltés dátuma: 2014. 05. 12. 16 óra 19 perc)

- [15] <http://www.loctite.hu/loctite-5411.htm?nodeid=8802623619073> (Letöltés dátuma: 2014. 05. 12. 14 óra 42 perc)
- [16] <http://tds.loctite.com/tds5/docs/270%20NEW-EN.PDF> (Letöltés dátuma: 2014. 05. 12. 16 óra 23 perc)
- [17] <http://www.loctite.hu/loctite-5411.htm?nodeid=8802629517313> (Letöltés dátuma: 2014.05. 12. 14 óra 46 perc)
- [18] <http://tds.loctite.com/tds5/docs/2400-EN.PDF> (Letöltés dátuma: 2014. 05. 12. 16 óra 28 perc)
- [19] <http://www.loctite.hu/loctite-5411.htm?nodeid=8802629550081> (Letöltés dátuma: 2014. 05. 12. 14 óra 49 perc)
- [20] <http://tds.loctite.com/tds5/docs/2700-EN.PDF> (Letöltés dátuma: 2014. 05. 12. 16 óra 35 perc)
- [21] http://www.loctite.co.uk/news-4082_leading-in-health-safety-4272_UKE_HTML.htm (Letöltés dátuma: 2014. 10. 14. 17 óra 42 perc)

X. Ábrák jegyzéke

1. ábra. A Loctite-csavarvizsgálópadon különböző menetrögzítéseknel mutatott jellemző lazulási viselkedés	8
2. ábra. A ragasztott kötésben ható tapadó erők	9
3. ábra. A kötési folyamat anaerob ragasztóanyagoknál	11
4. ábra. Metrikus rögzítőnyomatékos anya műanyag betéttel	12
5. ábra. Metrikus rögzítőnyomatékos anya jellemző méretei	12
6. ábra. Metrikus hatlapú anya	13
7. ábra. Metrikus hatlapú anya jellemző méretei	13
8. ábra. Ászokcsavar	14
9. ábra. Ászokcsavar jellemző méretei	14
10. ábra. Tűrésmezők, tűrésértékek	15
11. ábra. Tűrésmezők ábrázolása	16
12. ábra. Loctite 243 - közepes szilárdságú csavarrögzítő	17
13. ábra. Kikeményedési sebesség az anyag függvényében – Loctite 243	19
14. ábra. Kikeményedési sebesség a rés függvényében – Loctite 243	19
15. ábra. Kikeményedési sebesség a hőmérséklet függvényében – Loctite 243	20
16. ábra. Loctite 270 - Nagy szilárdságú csavarrögzítő	20
17. ábra. Kikeményedési sebesség az anyag függvényében – Loctite 270	22
18. ábra. Kikeményedési sebesség a rés függvényében – Loctite 270	22
19. ábra. Kikeményedési sebesség a hőmérséklet függvényében – Loctite 270	23
20. ábra. Loctite 2400 - közepes szilárdságú csavarrögzítő	23
21. ábra. Kikeményedési sebesség az anyag függvényében – Loctite 2400	25
22. ábra. Kikeményedési sebesség a rés függvényében – Loctite 2400	25
23. ábra. Kikeményedési sebesség a hőmérséklet függvényében – Loctite 2400	26
24. ábra. Loctite 2700 - nagy szilárdságú csavarrögzítő	26
25. ábra. Kikeményedési sebesség az anyag függvényében – Loctite 2700	28
26. ábra. Kikeményedési sebesség a rés függvényében – Loctite 2700	28
27. ábra. Kikeményedési sebesség a hőmérséklet függvényében – Loctite 2700	29
28. ábra. A mérőrendszer elvi vázlata	30
29. ábra. Spider8 adatgyűjtő berendezés	31
30. ábra. MÉRŐberendezés kimenetei és a Spider8 bemenetei	31

31. ábra. CatmanEasy programozói felület	32
32. ábra. Programozói felület a nyomaték diagramjával	33
33. ábra. Csavarrögzítő mennyisége kézi adagolással	34
34. ábra. Csavarrögzítő mennyisége adagoló segítségével	35
35. ábra. Ragasztás után	35
36. ábra. Távtartóba befogott csavar	36
37. ábra. Csavarkötések mérésére szolgáló berendezés	36
38. ábra. Oldás utáni állapot	37
39. ábra. Loctite 243 mért értékei bontott tubus esetén diagramban szemléltetve	38
40. ábra. Bontatlan Loctite 243 mért értékei diagramban szemléltetve	39
41. ábra. Loctite 270 mért értékei diagramban szemléltetve	40
42. ábra. Loctite 2400 kézi adagolással mért értékei	41
43. ábra. Loctite 2400 adagoló segítségével mért értékei	42
44. ábra. Loctite 2700 mért értékei diagramban szemléltetve	43
45. ábra. Rögzítőnyomatékos anya mért értékei diagramban szemléltetve	44

XI. Táblázatok jegyzéke

1. táblázat. Metrikus rögzítőnyomatékos anya jellemző méretei	12
2. táblázat. Metrikus hatlapú anya jellemző méretei	13
3. táblázat. Ászokcsavar jellemző méretei	14
4. táblázat Ø8 e6G6 tűréshez tartozó értékek	15
5. táblázat. Loctite 243 műszaki adatai	17
6. táblázat. Loctite 270 műszaki adatai	21
7. táblázat. Loctite 2400 műszaki adatai	24
8. táblázat. Loctite 2700 műszaki adatai	27
9. táblázat. Loctite 243 mért értékei - bontott tubus.....	38
10. táblázat. Loctite 243 mért értékei – bontatlan tubus	39
11. táblázat. Loctite 270 mért értékei	40
12. táblázat. Loctite 2400 kézi adagolással mért értékei	41
13. táblázat. Loctite 2400 adagoló segítségével mért értékei	42
14. táblázat. Loctite 2700 mért értékei	43
15. táblázat. Rögzítőnyomatékos anya mért értékei.....	44
16. táblázat. Összefoglaló táblázat az átlag oldónyomatékokról és a szórásokról	45

Lezárás dátuma: 2014.11.14.