

# **SZAKDOLGOZAT**

**Horváth Barnabás Zoltán**  
**Általános Gépészmérnök**

**Gödöllő**  
**2024**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**  
**Szent István Campus**  
**Általános Gépészmérnök**

**Összehasonlító vizsgálatok elvégzése a főforgácsoló erő  
vonatkoztatásában különböző kenési módoknál**

|                         |                                                                                |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Belső konzulens:</b> | Dr. Kári-Horváth Attila<br>egyetemi docens                                     |
| <b>Készítette:</b>      | <b>Horváth Barnabás Zoltán</b><br>DZTKHB<br>nappali                            |
| <b>Intézet/Tanszék:</b> | <b>Műszaki Intézet</b><br><b>Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék</b> |

**Gödöllő**  
**2024**

**MŰSZAKI INTÉZET  
GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK  
Gépgyártó specializáció**

**SZAKDOLGOZAT**  
feladatlap

*Horváth Barnabás Zoltán (DZTKHB)*

részére

A szakdolgozat címe:

**Összehasonlító vizsgálatok elvégzése a főforgácsoló erő vonatkozásában különböző  
kenési módoknál**

Feladatkiírás:

Bevezetés, szakirodalom feldolgozása, probléma bemutatása, eredmények értékelése és  
összehasonlítása, gazdasági számítás, összefoglalás

**Közreműködő tanszék:** Anyagtudományi- és Gépipari Folyamatok

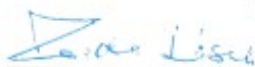
**Külső konzulens:** -

**Belső konzulens:** Dr. Kári-Horváth Attila , Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem

**Beadási határidő:** 2024. április 22

Gödöllő, 2024. február 12

Jóváhagyom



(tanszékvezető)



(szakfelelős)

Átvettem



(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre  
egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2024. 04. 08

(külső konzulens)

## TARTALOM

|               |                                                                                                                 |           |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b>     | <b>Bevezetés .....</b>                                                                                          | <b>6</b>  |
| <b>2.</b>     | <b>Cégbemutató .....</b>                                                                                        | <b>7</b>  |
| <b>3.</b>     | <b>Szakirodalom feldolgozása .....</b>                                                                          | <b>8</b>  |
| <b>3.1.</b>   | <b>Forgácsolás.....</b>                                                                                         | <b>8</b>  |
| <b>3.1.1.</b> | <b>A forgácsolás tribológiai szempontú elemzése.....</b>                                                        | <b>8</b>  |
| <b>3.2.</b>   | <b>Szerszámkopás.....</b>                                                                                       | <b>13</b> |
| <b>3.3.</b>   | <b>A hűtő-kenő folyadékok (HKF) alkalmazása vastartalmú anyagok<br/>        forgácsoló megmunkálásánál.....</b> | <b>15</b> |
| <b>3.3.1.</b> | <b>Hűtő-kenő folyadékok feladatai.....</b>                                                                      | <b>15</b> |
| <b>3.3.2.</b> | <b>A HKF-ok osztályozása.....</b>                                                                               | <b>19</b> |
| <b>3.4.</b>   | <b>Kenési módok .....</b>                                                                                       | <b>19</b> |
| <b>3.4.1.</b> | <b>Száraz „kenés” .....</b>                                                                                     | <b>19</b> |
| <b>3.4.2.</b> | <b>Árasztásos kenés emulzióval .....</b>                                                                        | <b>20</b> |
| <b>3.4.3.</b> | <b>MMS (Minimálkenés).....</b>                                                                                  | <b>22</b> |
| <b>4.</b>     | <b>Kísérleti feltételek, eszközök .....</b>                                                                     | <b>23</b> |
| <b>4.1.</b>   | <b>A környezeti feltételek .....</b>                                                                            | <b>23</b> |
| <b>4.2.</b>   | <b>Kísérlethez használt szerszám .....</b>                                                                      | <b>23</b> |
| <b>4.3.</b>   | <b>Munkadarab .....</b>                                                                                         | <b>23</b> |
| <b>4.4.</b>   | <b>Szerszámgép.....</b>                                                                                         | <b>23</b> |
| <b>4.5.</b>   | <b>A minimál kenést megvalósító rendszer.....</b>                                                               | <b>24</b> |
| <b>4.6.</b>   | <b>Ajánlott, lehetséges alkalmazásai a következők: .....</b>                                                    | <b>25</b> |
| <b>4.7.</b>   | <b>Az alkalmazott mérőeszközök .....</b>                                                                        | <b>25</b> |
| <b>4.8.</b>   | <b>Mérési eredmények rögzítése és a megadásának a módja .....</b>                                               | <b>26</b> |
| <b>4.9.</b>   | <b>A fordulatszám méréséhez szükséges eszközök bemutatása.....</b>                                              | <b>26</b> |
| <b>5.</b>     | <b>Eredmények értékelése .....</b>                                                                              | <b>27</b> |
| <b>5.1.</b>   | <b>A főforgácsoló erő a forgácsoló sebesség függvényében különböző<br/>        kenési módoknál.....</b>         | <b>27</b> |

|        |                                                                              |    |
|--------|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.2.   | Átlagos felületi érdesség változása a forgácsoló sebesség függvényében ..... | 30 |
| 5.3.   | Átlagos felületi érdesség változása a főforgácsoló erő függvényében .....    | 33 |
| 6.     | Gazdasági számítás .....                                                     | 37 |
| 6.1.   | Kenőanyagok .....                                                            | 37 |
| 6.1.1. | Minimál-kenőanyag .....                                                      | 37 |
| 6.1.2. | Emulzió .....                                                                | 38 |
| 6.1.3. | Száraz kenés .....                                                           | 39 |
| 6.2.   | Kísérlethez használt szerszám .....                                          | 39 |
| 6.3.   | Kísérlethez használt munkadarab.....                                         | 40 |
| 6.4.   | Minimálkenést megvalósító rendszer .....                                     | 41 |
| 6.5.   | Összegzés .....                                                              | 42 |
| 7.     | Összefoglalás.....                                                           | 43 |
| 8.     | Summary .....                                                                | 45 |
| 9.     | Irodalom jegyzék.....                                                        | 50 |
| 10.    | Mellékletek.....                                                             | 54 |

## 1. Bevezetés

Megmunkálásnak nevezzük: az előre meghatározott cél szerint fémes vagy nem fémes anyagok meghatározott technológiai művelettel való alakítását, anyagszétválasztását, képlékeny alakítását, egyesítést, bevonást vagy anyagtulajdonság változtatást. A forgácsolás anyagszétválasztással alakadást valósít meg. [3.][4.]

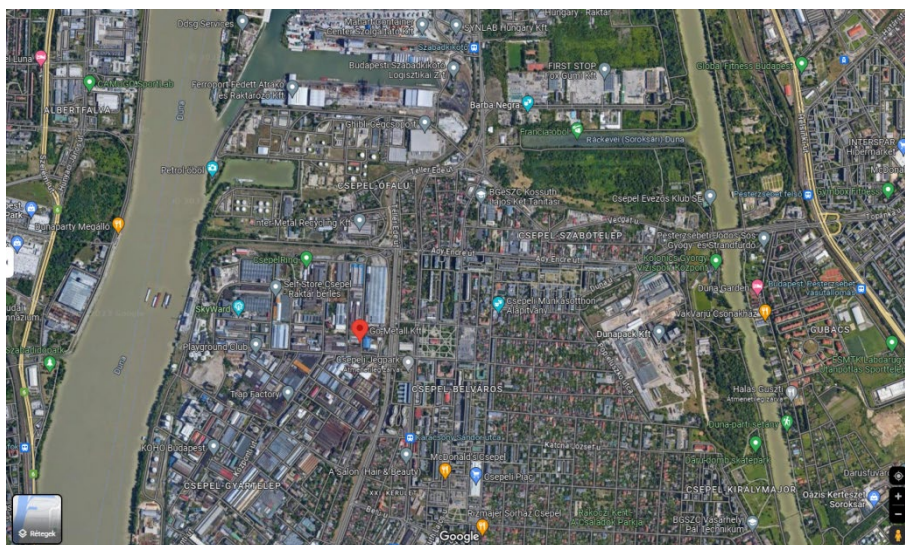
A dolgozatom célja, hogy összehasonlító vizsgálatokat végezzek a főforgácsoló erő vonatkoztatásában különböző kenési módoknál, ezzel megállapíthatom, hogy mely kenési mód a legmegfelelőbb a főforgácsoló erő csökkentéséhez. Ugyanis, ha a főforgácsoló erőt csökkenteni tudom, akkor az adott esetben jelentősebb energia megtakarítással jár és gazdaságosabb is. A másik fontos dolog, a szerszámkopás mértékének csökkentése, így tovább használható az adott szerszám és a főforgácsoló erő is alacsony marad. Az esztergálás folyamata anyagleválással jár, így hő termelődik. A keletkezett hőt különböző hűtési módokkal tudjuk csökkenteni a megfelelő szintre vagy megközelíteni azt. A vizsgálataim során az emulzió, minimál-kenőanyag, melyet a kereskedelmi forgalomban lehet kapni és száraz kenés hatását vizsgálom.

## 2. Cégbemutató

A GO-Metal Kft. telephelye 1211 Budapest, Acélcső utca 15-17. és 8660 Tab 975/11-es hrsz-ú ingatlan. A fő telephely a Budapest – Csepel Művek Ipari Park (gyártási terület 1.990 m<sup>2</sup>) -ban helyezkedik el. [1. ábra] A cég 1990-ben alakult gép- és gépalkatrész gyártás, valamint gépszerelési, fémmegmunkálási tevékenységek elvégzésére. Már sok éve a beszállítói vezető nyugat-európai gépgyártó vállalatoknak. Nagy hangsúlyt fektetnek a hosszú távú partneri kapcsolatok kiépítésére. Műszaki állományuknak több évtizedes tapasztalata van a gépalkatrész gyártás területén. Munkatársaik munkáját magas fokú kreativitás jellemzi. Kereskedőik, adminisztrátoraik nagy precizitással végzik munkájukat, szakembereik képesek a bonyolult műszaki feladatok megoldására.

Technológiai felszereltségük folyamatos bővítésére törekednek, a finanszírozásba rendszeresen bevonják állami, uniós forrásokat is. Céljuk rövid átfutási határidővel kifogástalan minőségű termékek előállítás, a vevői igények még teljesebb kiszolgálása mellett. A cég több, mint 50%-ban exportra termel, szám szerint 52%. A gyártási kapacitása egy évre számolva 80.000 megmunkálási óra. A minőségirányítási rendszert az MSZ EN ISO 9001:2009 szabvány alapján működtetik. A főbb export piacuk pedig: Németország, Belgium, Hollandia, Ausztria, Svédország és USA.

A termelésben használnak CNC karusszel esztergát, karusszel esztergát, CNC esztergát, horizontál esztergát, gyalugépet és darukat.



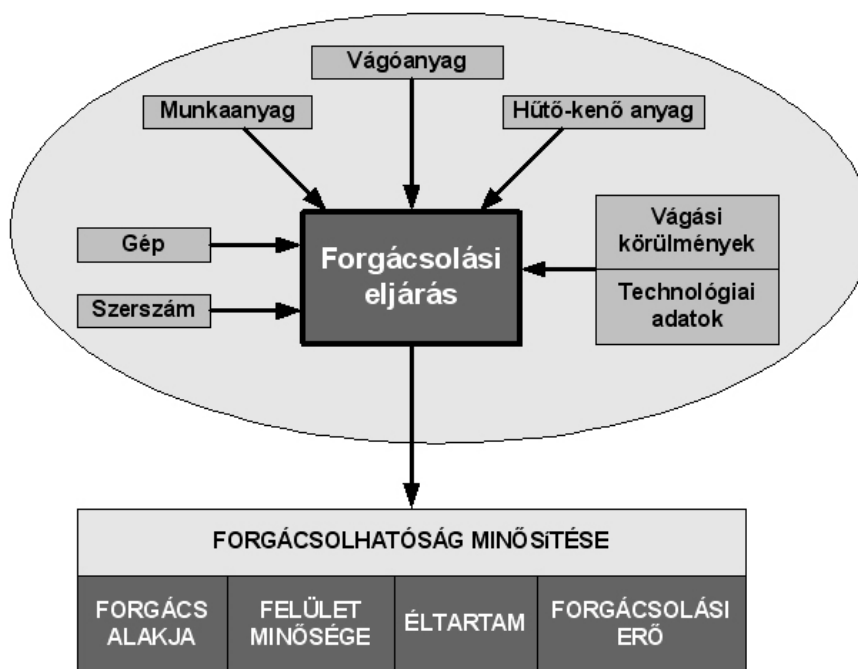
1. ábra GO-METALL Kft. budapesti telephelye

### 3. Szakirodalom feldolgozása

#### 3.1. Forgácsolás

Megmunkálásnak nevezzük: az előre meghatározott cél szerint fémes vagy nem fémes anyagok meghatározott technológiai művelettel való alakítását, anyagszétválasztását, képlékeny alakítását, egyesítést, bevonást vagy anyagtulajdonság változtatást. A forgácsolás anyagszétválasztással alakadást valósít meg. [3.][4.]

A forgácsolás a „szerszám gép – munkadarab – szerszám –HKF „kapcsolati rendszerben jön létre és nagy általánosságban a [2. ábra] szerint definiálhatjuk.



2. ábra Forgácsolás definíciója [19.]

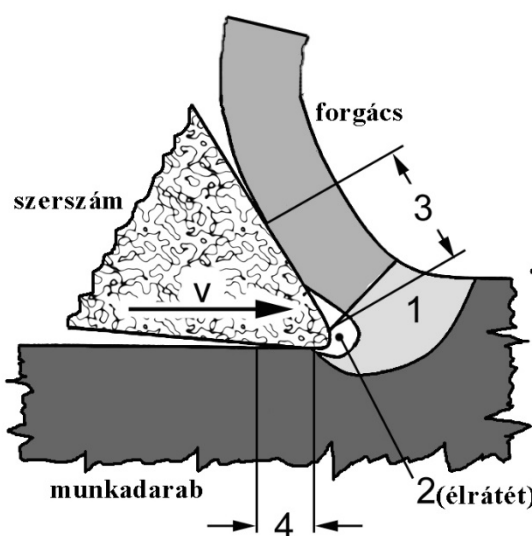
##### 3.1.1. A forgácsolás tribológiai szempontú elemzése

A forgácsolási zónában – ahogy azt a [3. ábra] szemlélteti – szerszám behatol a munkadarabba és képlékenyen deformálja az él környezetében elhelyezkedő anyagrészecskéket. [14.]

A diákköri dolgozat célja a határozott élgeometriával végzett vágási vagy forgácsolási folyamat tribológiai szempontú elemzése. A forgácsolás paraméterei összetett rendszert alkotnak, ahol az egyes paraméterek között szoros kapcsolat van, és a változtatásuk jelentős hatással lehet egymásra. Fontos például a forgács alakja és a vágás közötti összefüggés, amit a

szerszám és a munkadarab pozíciója alapvetően befolyásol. Emellett más tényezők is fontosak, például a hűtő-kenő folyadék típusa és tulajdonságai.

A forgácsolási paraméterek kiválasztásakor figyelembe vesszük a megmunkálandó anyag minőségét, a szerszám anyagát, valamint a hűtő-kenő folyadék típusát és összetételét, mivel ezek határozzák meg a gazdaságos és hatékony termelést. A szerszám hasonlóan az ékhez hatol be az anyagba, és onnan választja le a forgácsot. A forgács a szerszám homloklapján történő csúszás miatt hőt és kopást okoz. A forgácsleválasztás környezetében négy különböző zónát azonosíthatunk, amit a [3. ábra] is bemutat.



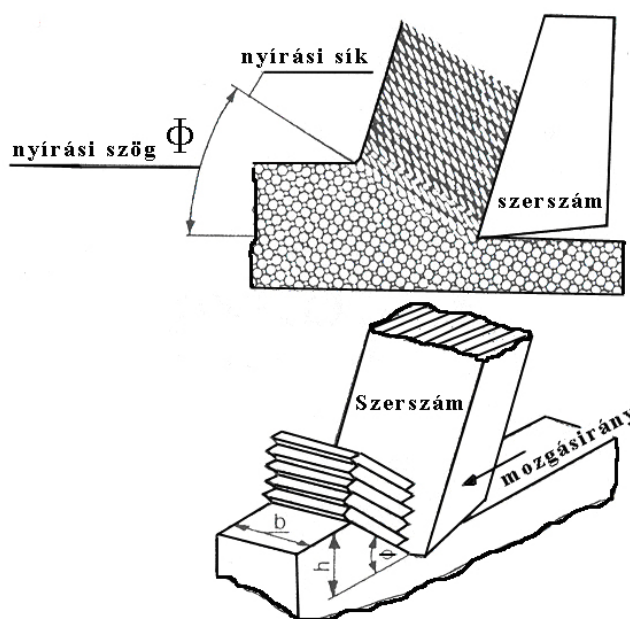
3. ábra A forgácsleválasztásnál feltételezett nyírási és súrlódási zónák [19.]

A zónák szoros összefüggésben vannak a forgácsolás során kialakuló hőközpontokkal. A szerszámmal a megmunkálandó anyagba hatol és a forgácsleválasztást létrehozó fő mozgás deformációt (belső súrlódást) hoz létre (2. zóna), amely hőfejlődéssel jár. Ezt a hőt felszakadási hőnek nevezzük.

A felszakadási hő főleg a megmunkált anyag szilárdságától és szövetszerkezetétől függ. A forgács képlékeny alakváltozása következtében felszabaduló alakítási hő (1. zóna) esztergálás esetén kenéssel nem befolyásolható. A forgács és a homloklapfelület súrlódása következtében keletkező súrlódási hőt (3. zóna) lehet a leginkább kenéssel befolyásolni, amellett, hogy ez is függ a szerszám alakjától és a forgácsolási paraméterektől. A szerszám hátfelülete és a munkadarab között - nagyobb részt deformációból, kisebb részt súrlódásból - keletkező hő (4. zóna) elsősorban a szerszámalaktól (hátsógtól) és a forgácsolási

paraméterektől függ. Kismértékben csökkenthető kenéssel, ehhez a hűtő-kenő folyadéknak bőséges mennyiségben és lehetőleg nyomás alatt kell rendelkezésre állnia, hogy a szűk részbe bejusson. [10.][42.]

A kenés és a hűtés nagymértékben függ a folyadéknak a vágótérbe történő eredményes bevezetésétől, amely a munkadarab és a szerszám közti területet jelenti. Ennek eredményességének függvényében jelentős mennyiségű folyadék takarítható meg, mintegy megnövelve ezzel a gazdaságosságot. A forgácsolási zónában bonyolult feszültségi és alakváltozási állapot uralkodik. [4. ábra]



4. ábra A szabad-forgácsleválasztás folyamata [19.]

A szerszám amint behatol a lágyabb munkadarab anyagába, képlékenyen deformálja az él környezetében elhelyezkedő anyagrészecskéket. A "h" vastagságú rétegben a részecskék általában egy meghatározott síkban csúsznak el egymáson (nyírási sík). A forgácsleválasztás tribológiai szempontból három jellegzetes szakaszra osztható.

Ezek a következők:

- A részecskék nyírási sík mentén, egymáson történő csúszásának következtében belső súrlódás keletkezik a megmunkált anyagban. A deformáció során a feszültség az élközeleli anyagrétegben egyre nagyobb lesz, elér egy kritikus értéket, amelyet az anyag már nem tud elviselni, és az anyag szerkezete felszakad. Ezt az anyagszakadást

**feltétlen szakadásnak** nevezzük, mivel minden esetben - a forgácsolási feltételektől függetlenül - végbe megy. Az anyagszakadás (törés) során két új felület képződik: a forgácsolt felület és a forgács belső felülete. Bizonyos feltételek mellett az anyag felszakadása kiterjedhet a nyírási zónára is, de csak a feltétlen szakadás befejeződése után. Ezt nevezik **feltételes szakadásnak**.

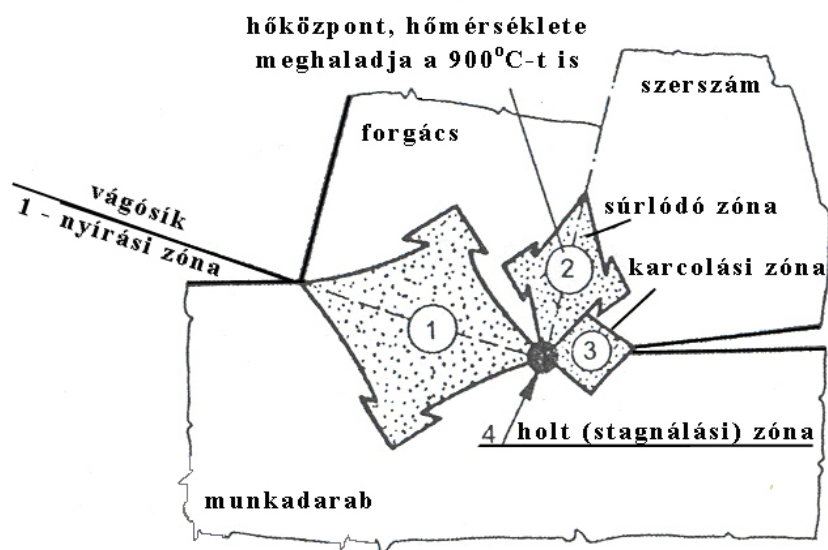
- A leválasztott anyagrészt forgácsnak nevezzük, amely a szerszám homloklapján fut, ahol a csúszás következtében külső súrlódást és kopást hoz létre.
- A szerszám vágóélénél olvadékok és anyagmaradványok is keletkeznek, amelyeknek egy része a szerszám hátlapja és a frissen megmunkált felület között távozik, hátkopást és felületrongálást idéz elő. [2.][33.] [45.]

A vágási folyamatokat elsősorban a vágószerszám és az anyag közötti zónában fellépő rendkívül összetett és egymástól kölcsönösen függő fizikai-kémiai-mechanikai jelenségek irányítják, amelyek a szerszám kopását okozzák, az anyagot a nyers darab felületéről eltávolítjuk, ezáltal létrehozva a felület kívánt geometriai kialakítását, pontosságát és felületi minőségét. [8.][31.][38.]

A forgácsleválasztás első szakaszában a hűtésnek, a másodikban a kenésnek és a harmadikban a mosóhatásnak van szerepe. Az elemzésnél nem elégedhetünk meg azzal, hogy megállapítjuk a keletkező hő nagyságát, azt is ismerni kell, hogy a hőáramokat melyik forgácsolási elem milyen mértékben fogadja be. [28.][47.]Ezt szemlélteti a [5. ábra].

Természetesen nem csak technológia és anyagfüggő a HKF-ok jellemző tulajdonságainak fontossági sorrendje, hanem függ a szerszám anyagától, a technológiai adatoktól, megmunkált anyag keménységétől, szilárdsági adataitól, környezetvédelmi követelményektől stb... A nyersvas könnyen megmunkálható, de korrozív (fizikai-kémiai laboratóriumokban, ezért használunk öntöttvas forgácságyat, az emulziók korrózióvédő hatásának megállapítására) a vasban lévő szén pedig nemcsak könnyen megmunkálható, hanem kitűnő kenőanyag is. [7.]

Kis térfogatszázalékban azért használnak mégis emulziót a szürke öntvények megmunkálásánál, mert a keletkező por - egészségkárosító és környezetszennyező – ezért célszerű megkötni. Különösen fontos a mosóhatás fűrésznél, ahol a por a fűrő forgácskivezetőjében összegyűlik és betömörödik.



5. ábra A főhőáramok a forgácsleválasztási zónában [19.]

- 1 – alakítási munkából keletkező hő (HKF-kal nem csökkenthető)
- 2 – súrlódási hő a homloklapon (HKF-kal jelentősen csökkenthető)
- 3 – súrlódási hő a hátlapon (HKF-kal jelentősen csökkenthető)
- 4 – „felszakadási” munka hővé alakuló része (HKF-kal módosítható)

A fémforgácsolással járó műveleteket különböző bonyolultságú szerszámgépekkel és vágószerszámokkal végzik, azonban a vágási művelet minden esetben alapvetően azonos. Ahhoz, hogy ez a művelet gazdaságos lehessen, szükséges a forgácsleválasztást megkönnyíteni és a szerszám élettartamát megnövelni.

A forgácsolási alakítás igen gyors, így az eközben bekövetkező felhevülés is rövid idő alatt megy végbe. Ezredmásodpercnyi idő alatt a homloklapfelületre érkező anyag 1000°C-ra hevülhet, ami 1 millió °C másodpercenkénti hevítési sebességnek felel meg. Ez is közrejátszik abban, a forgácstő szövetszerkezeti átalakulási egészen sajátosak.[12.]

A kialakuló hőmérséklet attól függ, hogy milyen a hő keletkezésének a sebessége és milyen gyorsan nyelődik el. Nyilvánvaló, hogyha a hőmérséklet túlságosan nagy, akkor a szerszám meglágyul, és a vágóél tompul. Német kutatók mutatták ki [26.][45.], hogy a szerszám élettartama fordítottan arányos a vágó hőmérséklet huszadik hatványával. Ez jól

alátámasztja azt a megfigyelést, hogy még kis hőmérsékletváltozások is jelentősen befolyásolják a szerszám élettartamát. [1.][11.][34.][44.]

A fentiekből következik, hogy a szerszám élettartamát megnövelhetjük úgy, hogy csökkentjük a hőmérsékletet, vagy csökkentjük a súrlódást, vagy mindkét lehetséges módot alkalmazzuk. A jó hűtéshez tehát nagy fajhőjű folyadékokra van szükség, így a víz, ami olcsó és könnyen hozzáférhető, nyilvánvalóan számításba jön.

Ahogy egyre szigorúbb vágási körülmények alakulnak ki a nagyobb sebesség és nagyobb hőfejlődés miatt, a vízzel elegyedő folyadékok már nem tudják ellátni feladatukat, és idő előtti szerszám meghibásodást tapasztalhatunk. Egyes kutatók úgy vélik, hogy ez akkor következik be, ha a hőmérséklet olyan magas, hogy a keletkező vízgőz miatt a hűtőfolyadék nem is tud eljutni a vágási zónába. Ilyenkor olajbázisú vágófolyadékokat kell használni, míg a vízzel elegyedő vágófolyadékok elsősorban úgy működnek, hogy meggyorsítják a hűtést, az olajalapú folyadékok inkább a kenést javítják, így a súrlódás csökkentésével a keletkező hőmennyiséget is csökkentik. [40.][50.]

### 3.2. Szerszámkopás

A kopások okairól általában mondható, hogy kis vágósebességeknél túlnyomórészt mechanikai kopások, nagy vágósebességeknél pedig termikus kopások lépnek fel.

- A mechanikai kopás a súrlódás következtében fellépő dörzskopás (abrazív és súrlódási kopás) és anyagkitöredézek (fáradás, hámlás).
- Termikus kopás a 400 °C feletti hőmérsékletnél lép fel erősebben. A kopás mechanizmusa diffúziós- és oxidációs folyamatok összessége, illetve anyagátvitel (adhéziós kopás). [42.]

A szerszám melegszilárdsági határának átlépése után plasztikus alakváltozás alakulhat ki. A szerszámon kialakuló kopásformákat a [6. ábra] mutatja be.

A kráterkopási viszonyszám [11.]:

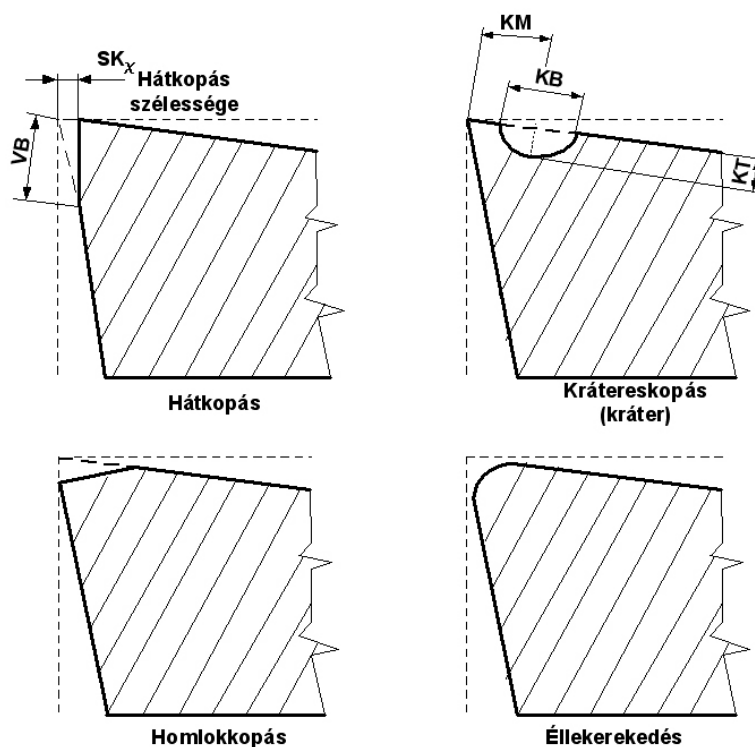
$$K = \frac{KT}{KM}$$

A kopások főbb fajtáit a következőkben ismertetem.

- Hátkopás a fő- és mellékhátfelületeken jön létre, mert a szerszám hátsó (szabad) felületén anyaglehordás jön létre, amely a megmunkáló felület irányában növekszik és

csúszik munka közben. A megmunkált munkadarab felületi minősége a hátkopás mértékének növekedésével arányosan romlik. Jelölése: VB.

- Kráterkopás, a homloklapon futó, leválasztott forgács egy teknőalakú mélyedést hoz létre. A nagymérvű kráterkopás a szerszámél tönkremeneteléhez vezet.
- Homlokkopás a vágás következtében létrejövő, a kráterkopás irányában növekvő anyageltávolodás.
- A szerszámcsúcs állapota a megmunkált felület minőségének egyik fontos meghatározója. A kedvezőtlen hőelvezetési adottságok miatt a csúcs gyakran az él leginkább igény bevett része, így gyorsabban is kopik. A csúcskopás (VC) növekedésével a felületi minőség is romlik.



6. ábra A szerszámok tipikus kopásformái [19.]

KT- a kráteres kopásmélysége, KM- a kráterkopás középtávolsága, KB- a kráteres kopás szélessége, VB- a hátkopás mélysége,  $SK_y$  - a hátkopás szélessége [19.]

A forgácsleválasztás közben az él környezete felmelegszik. A hőmérséklet növekedés következtében az él anyaga kitágulna, de a munkadarab hidegen maradt tömege ezt nem engedi, így viszonylagos nyomás következik be. Lehűléskor ennek a fordítottja játszódik le és végül feszültség marad a felületi rétegben. A maradó feszültséggel terhelt réteg mélysége

lényegesen nagyobb az erősen torzult és így felkeményedett kéregnél, amelyben a hő és alakítás hatása összegződik.

Ebből a következő követelmények adódnak a szerszámanyagok iránt:

- nagy keménység a hátlapkopás és a képlékeny alakváltozás elkerülésére
- nagy szívósság a törés elleni védelem miatt
- kémiai semleges viselkedés a munkadarabbal kapcsolatban
- kémiai stabilitás az oxidáció és a kölcsönös oldás elkerülésére (pl. diffúziós kopás acél/gyémánt forgácsolásokkor) és
- termikus sokk okozta terheléssel szembeni jó ellenálló képesség, amit a hőszokk tényező nagyságával jellemezhetünk.

### **3.3. A hűtő-kenő folyadékok (HKF) alkalmazása vastartalmú anyagok forgácsoló megmunkálásánál**

A hűtő-kenő folyadékok (HKF) a fémmegmunkáláshoz – forgácsolási és forgácsmentes – használt speciális segédanyagok. A segédanyag elnevezés abból adódik, hogy a HKF-ok szerepe a megmunkálásban közvetett, vagyis a végeredményben nem található meg. A kezdetekben vizet, majd a jobb kenést biztosító olajat és szintetikus oldatokat használtak. A gyártástechnológiai termelékenység növelése szükségessé tette, hogy mind kenő-, mind pedig a hűtőhatás növekedjen, de javuljon ezen keverék mosóhatása is. Ez az igény vezetett el az olaj-a-vízben (O/W) emulziók kifejlesztéséhez.

A felület minőségére, alak- és mérethelyességre való törekvés, vagy a nehezen megmunkálható anyagok használata azt jelenti, hogy a fémmegmunkáló folyadékok a legtöbb esetben a jövőben is nagyon fontosak lesznek. [35.]

A gyártási eljárások sok tribológiai követelményén felül, a fémmegmunkáló kenőanyagok kifejlesztőinek optimalizálniuk kell az oldat tulajdonságait és ezeknek a kenőanyagoknak a környezeti, biztonsági és egészségügyi jellemzőit pontosan meg kell határozni és nyilvánossá kell tenni. [24.]

#### **3.3.1. Hűtő-kenő folyadékok feladatai**

A szerszám és a munkadarab közötti súrlódás alapvetően a következő tényezőktől függ: a munkafolyamat paramétereitől, a vágószerszám geometriájától és a szerszám anyagától, a forgácsolás közben ébredő erőktől, a szerszám és a munkafelület közötti nyomástól, a

munkafolyamat alatt keletkező hőtől, az érintkezési felület hőmérsékletétől és az alkalmazott vágási folyadéktól. [18.] A különböző forgácsolási technológiáknál a HKF alapvető funkcióinak súlyozott szerepe megváltozik.

**Technológiától függő változás (balról-jobbra fontossági sorrendben):**

- **esztergálás:** hűtés – kenés – mosás (főleg emulzió)
- **fúrás:** kenés – mosás – hűtés
- **marás:** kenés – hűtés – mosás (főleg vágóolaj)
- **üregelés:** kenés – hűtés – mosás (főleg adszorpció adalékolású vágóolaj)
- **köszörülés:** mosás – hűtés – kenés (főleg emulzió, az utóbbi időben terjedően vannak a kis viszkozitású specifikus olajok).

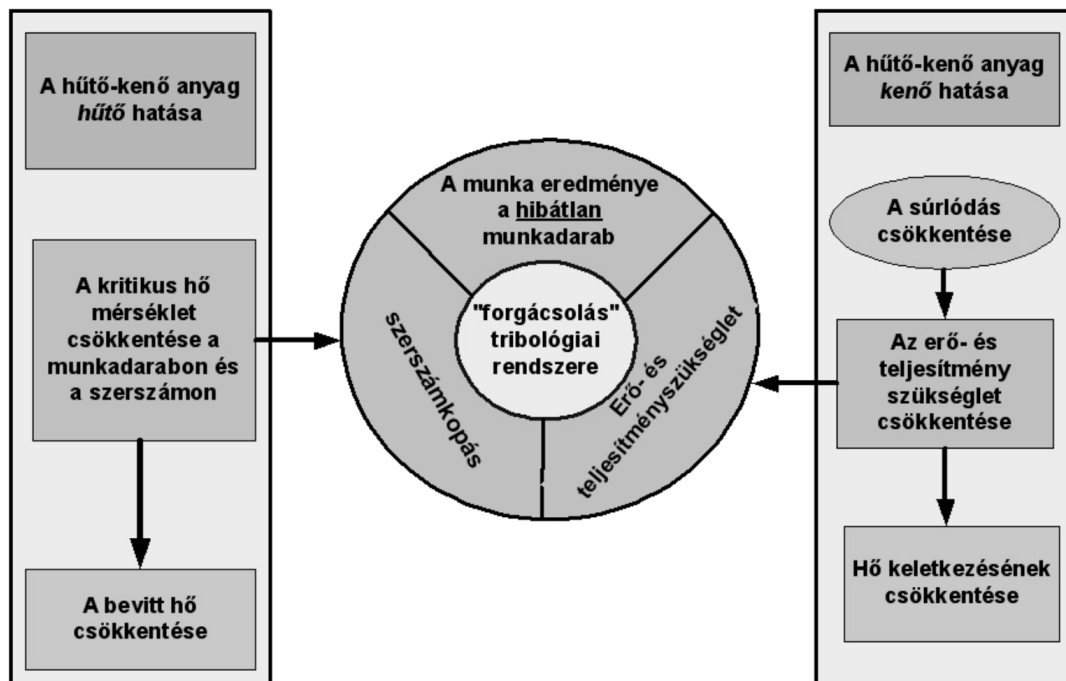
**Anyagtól függő sorrend változás:**

**Köszörülés** - ha hosszú száлка (forgács) képződik: kenés – mosás – hűtés (vágóolaj visszahűtővel); - rövid száлка esetén: mosás – hűtés – kenés (~2 tf%-os emulzió)

**Gömb és lemezgrafitos öntöttvas** megmunkálása bármely technológiánál: szárazon. [5.][42.]

A fémmegmunkálásban a hűtő-kenő anyag feladata az, hogy a felesleges alakítási- és súrlódási hőt elvezesse, azaz hűtsön, és a szerszám és forgács, valamint a szerszám és munkadarab között az érintkezési helyeken fellépő súrlódást és kopást csökkentse, azaz kenjen. [42.]

A hűtés és kenés a hűtő-kenő anyagok fő működési területét jelentik, amit az [7. ábra] a forgácsolás tipológiai modelljében mutatunk be.[41.]



7. ábra A HKF-ok alapfeladata a forgácsolásnál [19.]

A funkciók harmonizálásával lehet a szerszámok kopását hatékonyan csökkenteni, azaz élettartamukat ( $\approx$  élettartamukat) meghosszabbítani, és a munkadarab felületi minőségét javítani.

A fő funkciók között közvetlen, vagy közvetett különböző erősségű kölcsönhatások állnak fenn pl.: a hővé átalakított teljesítmény csökkenése jó kenőhatás révén közvetlenül hat a hűtési funkcióra, kevesebb hőt kell elvezetni. Megfordítva, a forgácsképződés zónájának erősebb hűtése a megmunkálandó anyag alakváltozási szilárdságának növekedéséhez és ezáltal az erő- és teljesítményigény növekedéséhez vezethet. [29.]

A szerszám élettartamának meghosszabbítása a szerszámköltségek, és így általában a megmunkálási költségek csökkenéséhez vezet. A csekélyebb szerszámkopáson keresztül egyúttal javul a megmunkált munkadarabok felületi minősége, méret- és alakhűsége. [16.]

Az előírt megmunkálási tűrések betarthatók a munkadarab felszíni és felszín közeli molekulák rezgési amplitúdójának korlátozásával, vagyis a hőmérséklet csökkenésével, aminek következtében a sugárirányú tágulás csökken és egyenletessé válik. [46.]

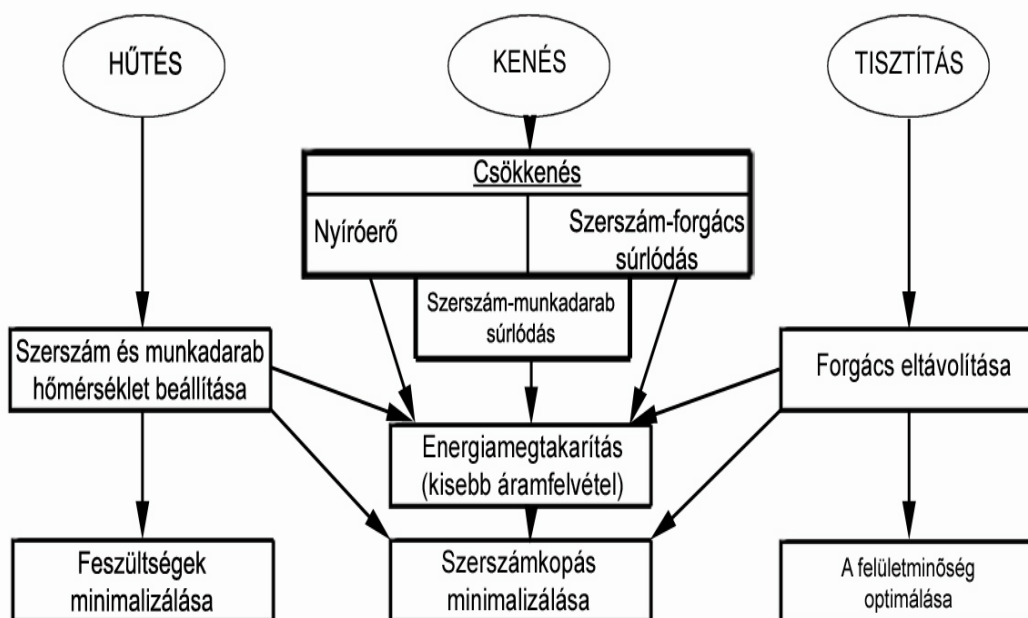
A HKF-ok háromra bővült alapkövetelményeit a [8. ábra] mutatom be, a különböző típusú anyagok hatékonyságának figyelembevételével.

| A hűtő-kenő<br>folyadékok<br>legfontosabb<br>tulajdonságai | Hűtő-kenő folyadék |                                      |                |             |
|------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|----------------|-------------|
|                                                            | Olaj               | Emulzió<br>-tejszerű<br>-tanszparens | Félszintetikus | Szintetikus |
| KENŐHATÁS                                                  | ←                  |                                      |                |             |
| HŰTŐHATÁS                                                  | →                  |                                      |                |             |
| MOSÓHATÁS                                                  | →                  |                                      |                |             |

8. ábra Hűtő-kenő folyadékok legfontosabb tulajdonságai [19.]

A táblázat világosan mutatja, hogy a különböző alapanyagok a legfontosabb követelményeket tendenciózus jelleggel, de változó mértékben elégítik ki.

Ahogy már említettem a HKF-ok kiválasztásánál a környezeti hatás figyelembevétele után az alapvető funkciók adott helyre érvényes sorrendjét vesszük figyelembe.



9. ábra A hűtő-kenő folyadék hatása a szerszám élettartamára és a munkadarab minőségére [42.]

### 3.3.2. A HKF-ok osztályozása

A HKF-ok gyakorlatban legelterjedtebb két osztályozási rendszer:

- az ISO 6743 Fémmegmunkálási segédanyagok M család
- DIN 51385.

A hűtő-kenő folyadékok alkalmazásának célja az optimális megmunkálási feltételek biztosítása és a tartalékok kiaknázása. A megmunkálási költséghez viszonyítva a HKF költsége relatíve alacsony, mégis a helyes megválasztásával a gyártási folyamat és a gyártmány gazdaságossá, nem megfelelő megválasztásával gazdaságtalanná tehető. [9.][27.][49.]

A HKF-ok előkiválasztásánál az alábbiakat kell figyelembe venni [42.]:

- száraz- vagy nedves megmunkálás
- vízzel nem, vagy vízzel keverhető hűtő-kenő folyadékok
- emulgeálható vagy vízzoldható hűtő-kenő folyadékok.

### 3.4. Kenési módok

#### 3.4.1. Száraz „kenés”

A száraz kenést a könnyen megmunkálható anyagoknál szokták alkalmazni túlnyomó részt, mivel itt a szerszámterhelés a megmunkálás eljárása során egyenletes. A megmunkálható anyagok a következők szoktak lenni:

- Szürke öntvények
- könnyű- és színesfémek

Az alkalmazása részben a keményfém szerszámok esetében fordul elő. Túlnyomó részt pedig a vágókerámiás szerszám alkalmazásánál. A száraz megmunkálásnak vannak előnyei és hátrányai is, ezek a következők lehetnek:

*Előnyei:*

- a) környezetbarát (a műhelyben megszűnnek a légtérszennyező anyagok)
- b) megszűnnek az gépkezelő egészségkárosító hatásai
- c) megtakarítható a forgácstisztítás költsége

- d) A HKF-kal kapcsolatos költségek teljesen megszűnnek (beszerzés, tárolás, tisztítás stb.)

*Hátrányai:*

- e) megnövekedett megmunkálási idő → csökken a termelékenység
- f) szerszámél(et)tartam csökkenése → nő a szerszámköltség
- g) csökken a folyamat megbízhatósága általánosságban nézve
- h) veszélyezteti a dolgozó egészségét (öntvények, rozsdás, revés darabok)
- i) korlátozottá válik a pontosság és a felületi érdesség



*10. ábra Száraz-megmunkálás [forrás]*

### **3.4.2. Árasztásos kenés emulzióval**

Az emulzió, mint fogalom: Olyan kolloid, amelyben egy folyadék részkeit akarjuk eloszlatni egy olyan folyadékban, amely nem oldódik. Az emulzióknak vagy más néven

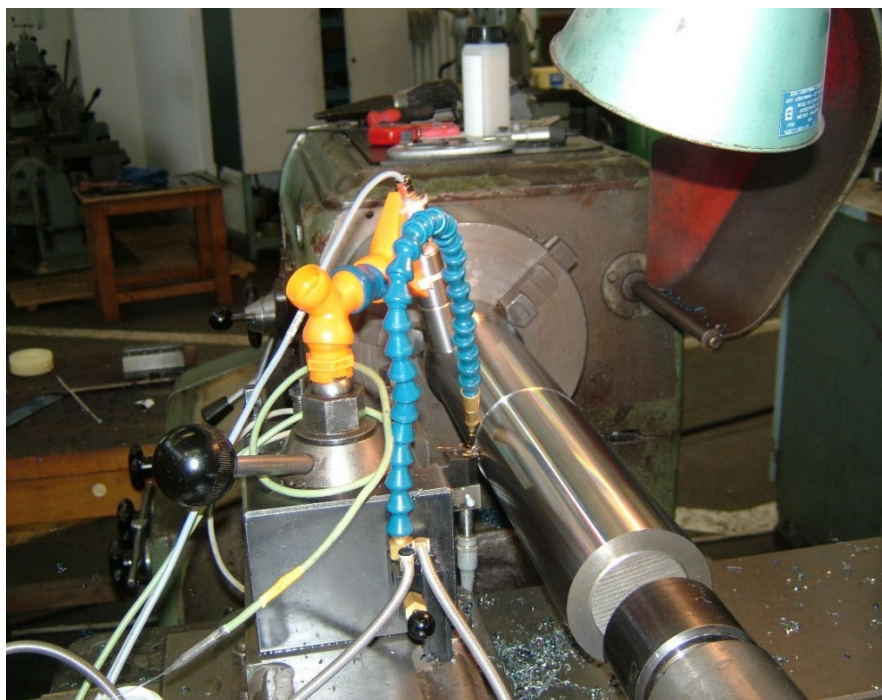
fúróolajoknak a hűtőhatása jó, viszont a kenőhatása kevésbé jó. emulzió felgyorsult öregedése és munkaképességének fokozatos elvesztése a baktériumok és gombák szaporodásának felgyorsulása. Az emulziók kenéstechnikai viselkedése is sajátos és bonyolult, mivel a látszólagos viszkozitásuk - az olajcseppek orientációja és deformációja következtében - csökken a nyíró igénybevétel hatására. Az olaj-a-vízben stabil diszperz rendszer viszkozitási indexe nagy, ez kedvező, mert az emulzió egyenletes teljesítő képességét biztosítja. Nagy terhelésű kapcsolatokban - ilyen pl.: a szerszám homloklapja és a forgács kapcsolata az érintkezés 1/3 részénél - a víz részleges kizáródása következtében létrejön az olajcseppek vastagságával közel azonos vastagságú elasztohidrodinamikai kenőfilm, ami a stabil emulzió esetén egyenletes teljesítményt nyújt. A diszperz részecskék (emulzol cseppek) és a kontinuális fázis (víz) molekulái között fellépő adszorpciós erők hatására solvatáció, hidratáció, ill. duzzadás léphet fel, elektrolitokban pedig a részecske/közeg határfelületeken elektromos kettős réteg alakulhat ki. Ahogy az emulzióknak, úgy a vágóolajok alkalmazásának is vannak előnyei és hátrányai. Vágóolajokat általában fokozottan nehéz megmunkálásokhoz, valamint nagyon jó felületi minőség eléréséhez használnak. Meg kell említenünk, hogy az olajoknál sem tekinthetünk el az idegenolaj szennyezéstől. A szennyező olajok minden esetben keverednek a vágóolajjal, aminek következményeként ezeket az olajokat is cserélni kell bizonyos időközönként.



*11. ábra Emulziós-megmunkálás [forrás]*

### 3.4.3. MMS (Minimálkenés)

Minimálkenésnek az a módot nevezzük, amikor a forgácsolásnál alkalmazott óránkénti kenőanyag felhasználás általában nem haladja meg az 50mg-ot, de vannak olyan esetek, amikor ez a mennyiség kevesebb. A rövidítés a német kifejezésből ered, amely a következő: „Minimal Menge Schmierung”, az angolul használt kifejezés pedig a „Minimum Quantity of Lubricant”, ennek a mozaik szava az MQL. Az MQL rövidítés néhány esetben, úgy is megvan említve, mint a „száraz kenéshez közeli” vagy „mikro kenés”. Az alkalmazási területük megmaradt a gépelemek, gépek stb. kenéstechnológiánál, illetve a megmunkálási technológiáknál. A felhasználási területhez képest a kenőkészülékek jelentős fejlődésen mennek át. Ennek a kenési módnak a lényege, hogy az adott kenési helyhez kifejlesztett kenőanyagból – a körülmények figyelembevételével és az adott kenési hely lehetőségeinek kihasználásával – a kenőanyag felhasználást minimalizálják. Ezért „minimalizált” kenésnek is nevezhetjük. A forgácsolási technológiák során a hűtő-kenő folyadékok mennyiségét lehet minimalizálni, de ezt korlátokhoz köti, amelyeket a keletkező hő mennyiségének elvezetési követelményei határoznak meg. Az MMS-kenés [12. ábra] (Minimum Mennyiségű Kenés) alkalmazásakor nem az hűtő-kenő folyadék fizikai, kémiai és termodinamikai tulajdonságai vannak előtérben, hanem az adott anyag helyi molekuláris viselkedése.



12. ábra MMS-megmunkálás

## 4. Kísérleti feltételek, eszközök

### 4.1. A környezeti feltételek

Kísérlet körülményei: Normál klíma DIN50014 és ISO554-1970

Klíma jel: Normálklíma DIN50014 – 20/65 – 1

Klíma jellemzők követelményei:

| Rövid<br>jel | Levegő<br>hőmérséklet<br>[°C] | Relatív<br>pára-<br>tartalom<br>U [%] | Harmatpont<br>t <sub>a</sub> [°C] | Légnyomás<br>p, [kPa] | Levegő-<br>sebesség<br>v, [m/s] | Pontossági<br>osztály | Lég-<br>hőmérséklet<br>eltérés<br>Δt, [K] | Relatív<br>páratartalom<br>eltérés,<br>ΔU, [%] |
|--------------|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 20/65        | 20                            | 65                                    | 13,2                              | 860 – 1060            | ≤ 1                             | 1                     | ± 1                                       | ± 3                                            |

### 4.2. Kísérlethez használt szerszám

A kísérlet elvégzéséhez a „Sandvic” titán-nitrid bevonatos [TiN – Jele: HC/TiN, a DIN/ISO 513 szerint CNMG 1204 08 PF 4015) forgatható lapkáját választottam. Melyet egy 20 x 20-as lapkafogóba fogtam be (PCLNR 2020K 12 ( $\gamma = -6^\circ$ ,  $\lambda_s = -6^\circ$ ,  $\kappa_r = 95^\circ$ ). [36.]

### 4.3. Munkadarab

A munkadarab gyártási szabványa jelenleg MSZ EN10084:-1:2001 42CrMo4-es (anyagszám: 1.7225), amely az ötvözött, nemesíthető acélok csoportjába tartozik, a nagy szívósságú gépjárműalkatrészek gyártásához használnak. Magas széntartalma miatt (0,2%-ot meghaladja) szilárdsága és szívóssága hőkezeléssel jelentősen fokozható. Hővezetőképessége 45 W/(m\*K).

Jellemző méretei: Ø100 x 1000mm (kb.: 62 kg/m). Az alapanyag műbizonylata a [M1. Alapanyag minőségi bizonyítványa]

### 4.4. Szerszámgép

A kísérleteket egy Bolgár gyártmányú C11A típusú egyorsós esztergán folytattam le.

Választásom azért esett e szerszámgépre, mert a számomra fontos legnagyobb fordulatszámot itt tudtam beállítani.

### Jellemző méretei:

|                                    |                           |
|------------------------------------|---------------------------|
| - csúcstávolság:                   | 1550 mm                   |
| - csúcsmagasság:                   | 250 mm                    |
| - elérhető fordulatszám tartomány: | 16-2000 min <sup>-1</sup> |
| - fokozati tényező:                | 1,25                      |
| - morze:                           | 5                         |
| - motor fordulatszám:              | 1440 min <sup>-1</sup>    |
| - motor teljesítmény:              | 15 kW                     |
| - szivattyú teljesítmény:          | 0,6 kW                    |
| - szerszám gép merevsége:          | 250 N/μm                  |
| - rezgés:                          | mentes.                   |

#### 4.5. A minimál kenést megvalósító rendszer

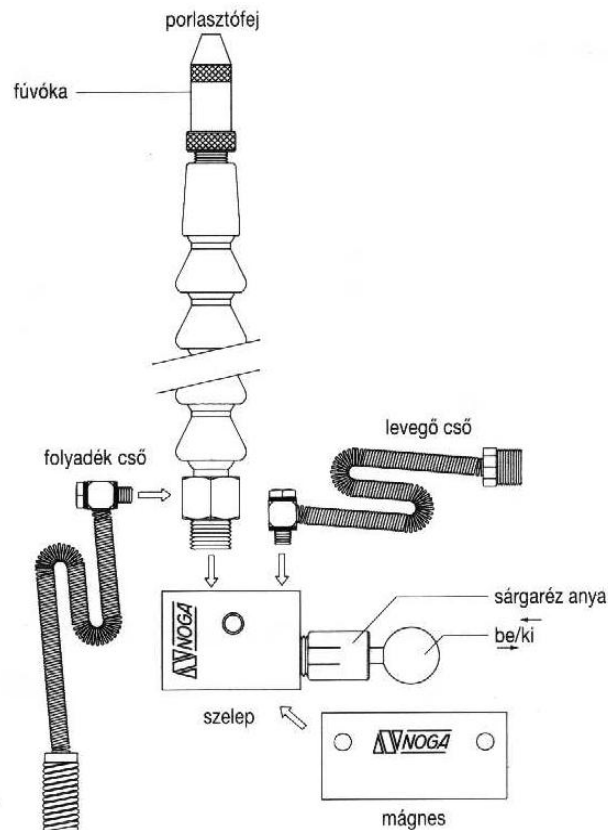
A minimál kenőanyag felhordásához a NOGA vállalat „Cobra 2000” -es kenőfolyadék adagolóját használtam. „Cobra 2000” csepp adagolót [13. ábra], szabályozott, kis mennyiségű folyadék adagolására (kilövésére) tervezték. A felhordó rendszer pneumatikus, 3 – 9 bar nyomású, tisztított, sűrített levegővel működik. A legtöbb kenőfolyadék és adalék 250 mm<sup>3</sup>/s értékig adagolható vele.

A készülék csatlakoztatható a szerszám gép meglévő szerelvényeihez. Mágnesesen tudjuk rögzíteni a szerszám gép bármely fém részéhez. Helyigénye minimális, így a megmunkálást nem akadályozza. A készüléken megvalósítható a független levegő és folyadékszabályozás, amely lehetővé teszi az olajcseppek méretének megválasztását. Az olajfogyasztást 50 ml/ó- ill. 30 ml/ó-ban állapítottuk meg. A forgácsoló szerszám vágóélén kialakított mikroszkopikus olajfilm pont a szükséges helyen teszi lehetővé a jó színvonalú kenés megvalósítását.

A hűtésről és a forgács eltávolításáról az a levegő gondoskodik, ami a vágóolaj szállítását is végzi. Az olajfilm – a forgács leválasztás során keletkező hő miatt – gyakorlatilag teljesen elhasználódik, füst ill. kellemetlen szag nem keletkezik.

#### 4.6. Ajánlott, lehetséges alkalmazásai a következők:

- egyszeri cseppek kilövése, mely mechanikus vezérlésű útszeleppel vagy automatikus vezérlésű impulzus generátorral szabályozott
- ugyan az, mint az előző pont, de a cseppeket elporlasztja
- egy újabb szelep beiktatásával, csak levegőt adagol, mellyel a munkaterület tisztítható, illetve a szerszám hűthető.



13. ábra „Cobra 2000” felépítése[19.]

#### 4.7. Az alkalmazott mérőeszközök

A vizsgálatokhoz az alábbi mérőeszközöket használtam:

- mikrométer (mérési tartomány: 25 – 50mm, 50 - 75mm és 75-100mm)
- hagyományos tolómérő (1/20 – 150mm)
- induktív útmérő a forgácsolási erő méréséhez (tip.:TR102)
- jeladó a fordulatszám méréséhez (egyedi kivitel)
- mérő-adatgyűjtő (Spider8 kontroll, Catman 4.5 program)
- Mitutoyo SJ 201P típusú gyémánt fejes felületi érdességmérő

#### 4.8. Mérési eredmények rögzítése és a megadásának a módja

A mérési eredményeket az általam megcsinált adatlapon rögzítettem. Az adatlapon az alábbi adatokat rögzítettem:

- A kísérlet kódszámát
- A lapka jelét és anyagát, azonosítóját
- A mérés dátumát
- A mérések számát
- A kiinduló átmérőt
- A mért átmérőket ( $D_i$ )
- A forgácsolási sebességet ( $v_c$ )
- A megtett út hosszát ( $s$ )
- Az átlagos felületi érdességet ( $R_a$ )
- A fordulatszámot ( $n$ )
- A főforgácsoló erőt ( $F_c$ )

#### 4.9. A fordulatszám méréséhez szükséges eszközök bemutatása

A fordulatszám meghatározásához egy egyedi tervezésű számlálót készítettem a témavezetőmmel, amelyet a szerszámgép főorsójára rögzített lemez segítségével még a frekvenciát is tudtam mérni, amelyet a mérőadatgyűjtő rögzített. Ez a számláló egy optikai jeladó, amely reflexiós elven működik.

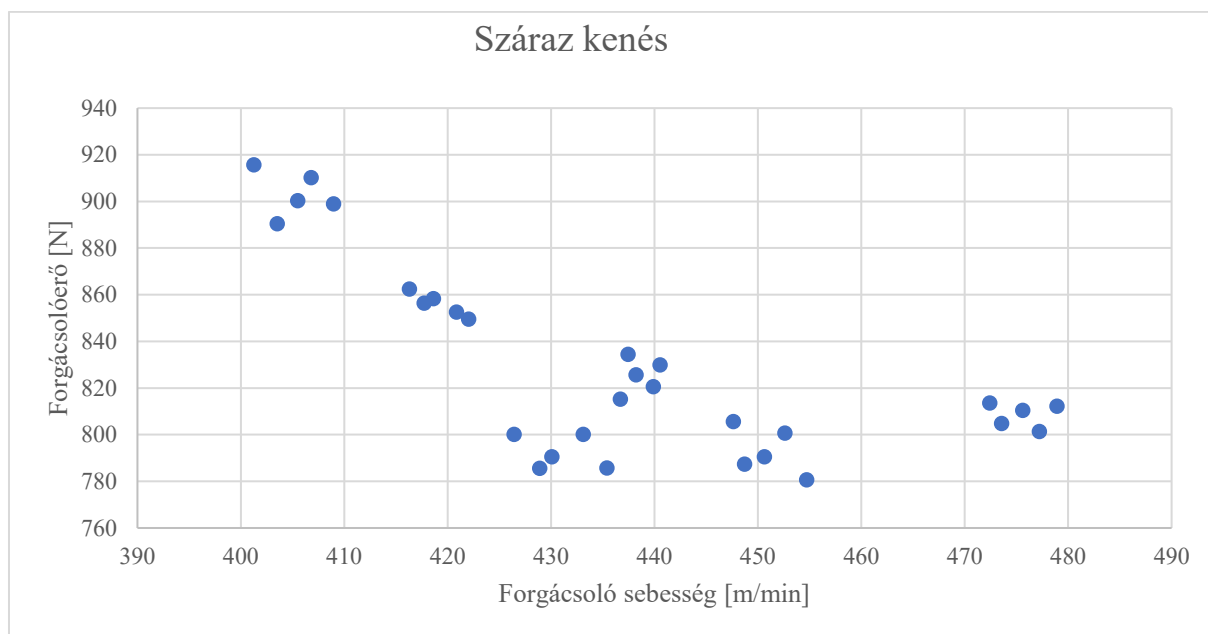
A vizsgálat menete a következő volt. A főorsóra szerelt tárcsán egy 5 mm-es helyet szabadon hagytam, a többi részét teljesen befestettem a visszaverődés elkerülése miatt. Ezt követően a számlálót felszereltem az erre a célra kialakított tartóra (a távolság 5 mm volt), majd bekötöttem a mérőadat-gyűjtőbe (Spider 8).

A rögzített adat a frekvencia ( $f$ ) volt, amelyet Hz-ben kaptam meg, ezt az ismert összefüggés alapján tudom átszámolni fordulatszámra. A kerületi sebességet az összefüggéssel számoljuk. Az  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ , az  $f = \frac{n}{60}$  helyettesítéssel kapjuk  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60}$  összefüggést.

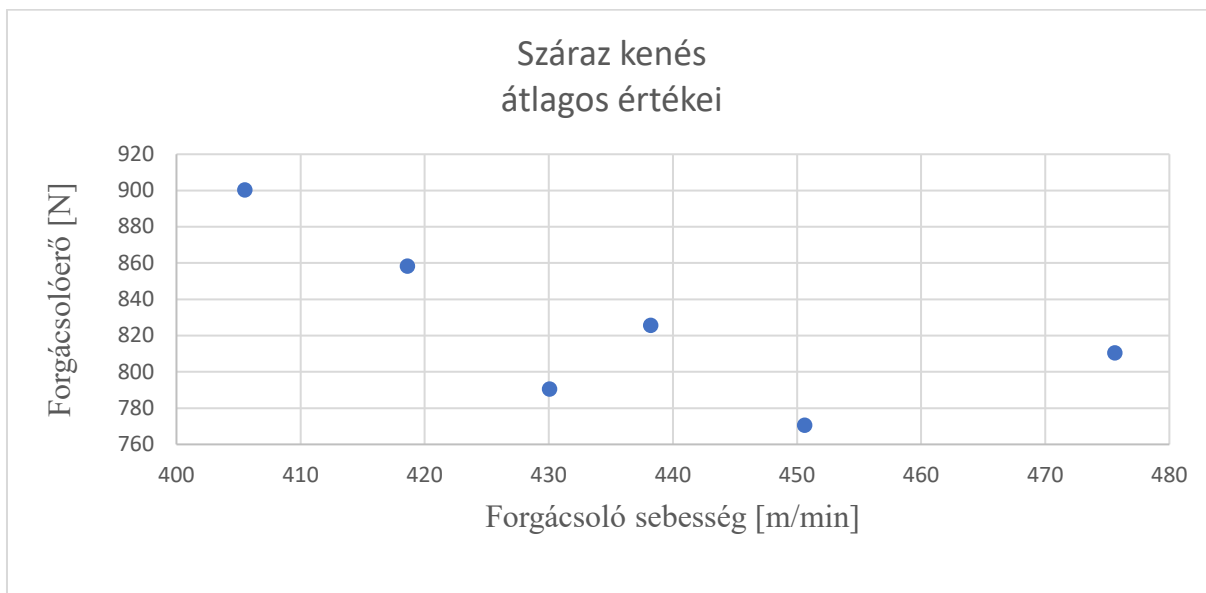
## 5. Eredmények értékelése

### 5.1. A főforgácsoló erő a forgácsoló sebesség függvényében különböző kenési módoknál

A kísérletek mérése előtt a 0.pont a fémtiszta felület készítése volt, ami a vásárolt alapanyag felső reve réteg eltávolítását takarja, ezzel megkezdhettem a mérésemet, így pontosabb értékeket kaptam. A témavezetőm vizsgálati eredményei alapján a következő összeállításokat teszem: A főforgácsoló erő és a forgácsoló sebesség függvénye különböző kenési módoknál. A következő cikkek [6.],[15.],[16.],[29.],[33.],[39.] foglalkoztak még főforgácsoló erő mérésével, de nem olyan tribológiai megközelítéssel, mint amit a szakdolgozatomban teszek meg. A mérések alatt adott helyen 5 pont vetítettem fel a diagramra a pontosabb meghatározás érdekében. Az 5 pontból a középső értéket kiemelve hoztam létre egy újabb diagramot, amin megfelelő módon látszanak a kenési módok főforgácsoló erőinek iránya a forgácsoló sebesség viszonyában, ebből lehet következtetést levonni, hogy milyen tendenciát mutat (csökkenő-növekvő), ez az értelmezés mindegyik diagramra jellemző. [14. ábra][16. ábra][18. ábra]

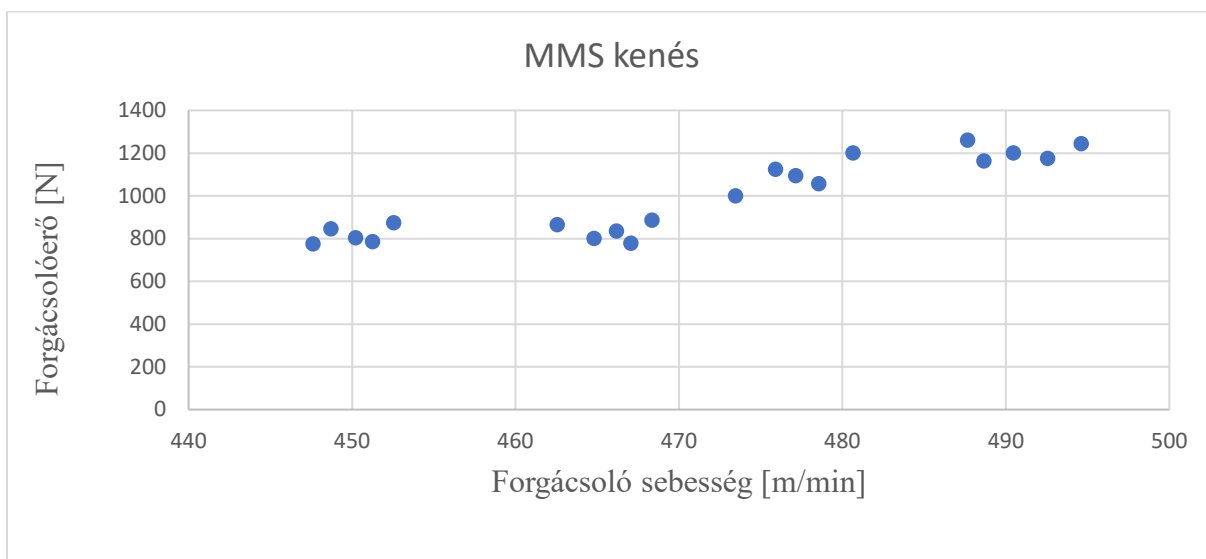


14. ábra Főforgácsoló erő száras kenésnél

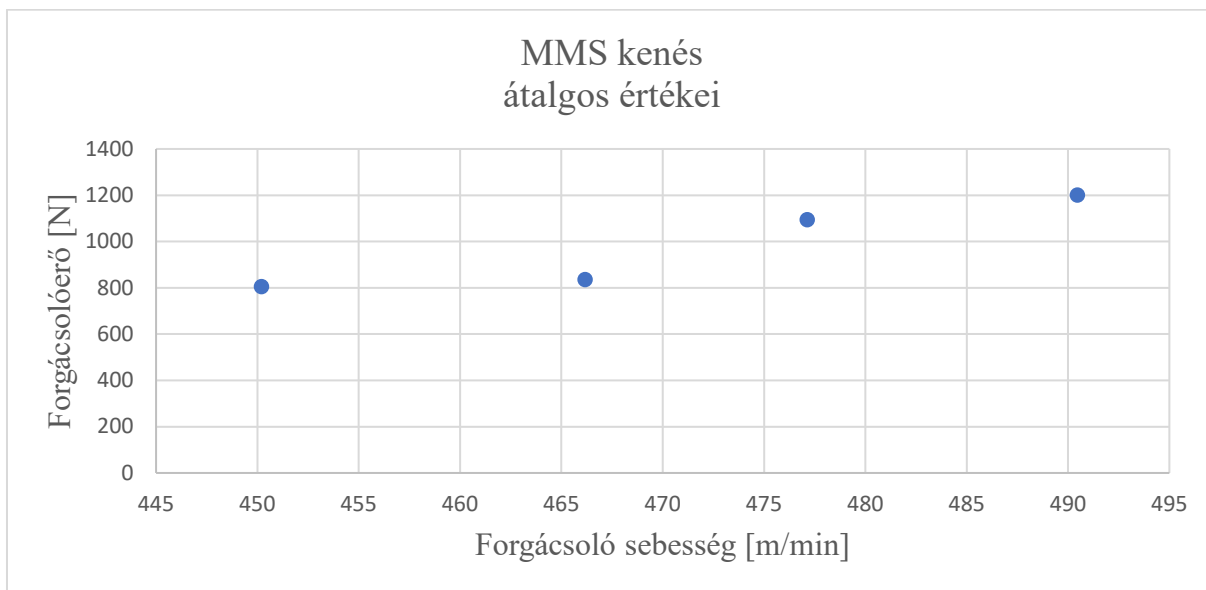


*15. ábra Főforgácsoló erő átlagos értékei száraz kenésnél*

Az értékeléseim az átlageredmények alapján születtek. A Száraz kenésnél megállapítható, hogy a főforgácsoló erő körülbelül 900 N indul és a folyamat során csökkenő tendenciát mutat, 800 N körül értelmezhető az alsó erőtartomány. A csökkenés a szerszám élességével magyarázható meg, amíg éles a szerszám addig a főforgácsoló erő folyamatosan csökken, viszont a kopás után elkezdi növekedni. [15. ábra]

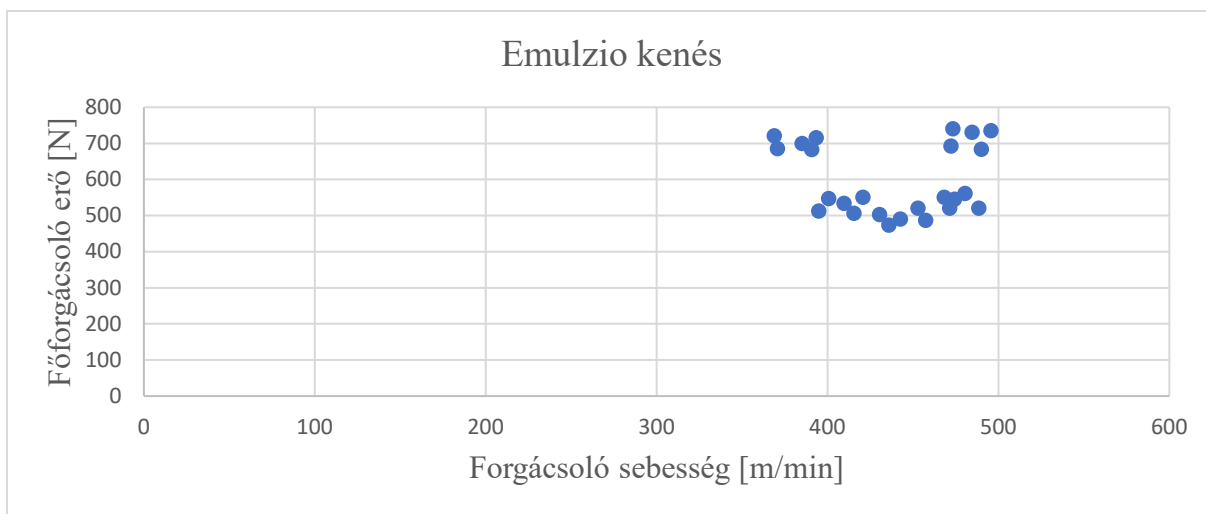


*16. ábra Főforgácsoló erő MMS kenésnél*

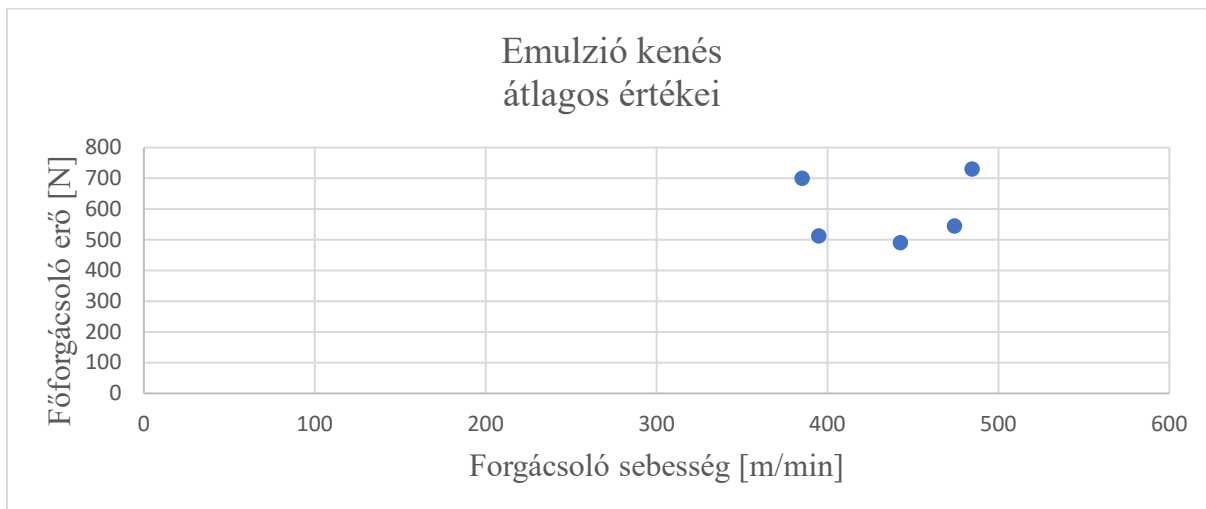


*17. ábra Főforgácsoló erő átlagos értékei MMS kenésnél*

Az értékeléseim az átlageredmények alapján születtek. A minimálkenésnél az induló főforgácsoló erőnk 800 N-rá tételezhető és a végső erő 1200 N-rá, így a mért eredmények azt mutatják, hogy a hűtést molekula szinten kell elvégezni és minden esetben a munkadarab anyag és a szerszám anyagához kell speciálisan kenőanyagot fejleszteni, hiszen a használt minimálkenő anyag a kereskedelmi forgalomban kapható, így mondhatni rá, hogy „univerzális”, tehát nem a mérésekhez használt anyaghoz lett fejlesztve. [17. ábra]



*18. ábra Főforgácsoló erő emulzióval történő árasztásos kenésnél*

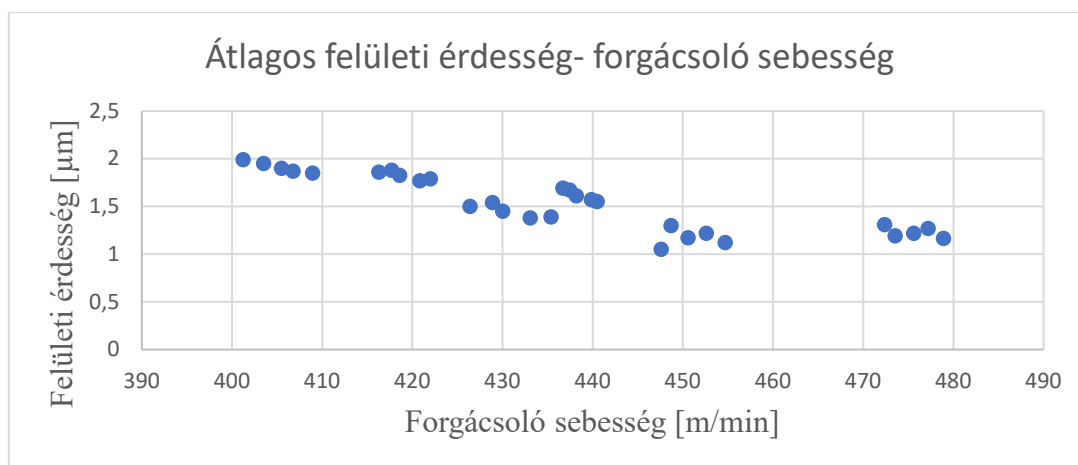


19. ábra Főforgácsoló erő átlagos értékei emulzióval történő árasztásos kenésnél

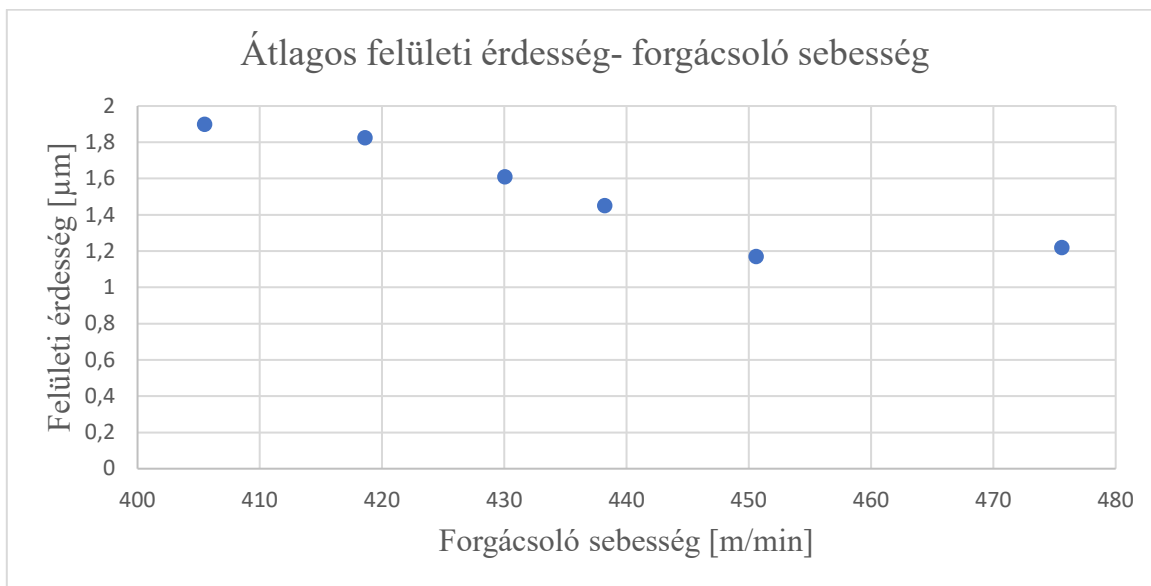
Az értékeléseim az átlageredmények alapján születtek. Az emulziós kenésnél megállapítható, hogy a hűtés ellenére a folyamat végére a szerszám használhatatlanná válik, tehát elérte a 0,2mm hátkopás értéket. A kopásból adódóan megnőtt a főforgácsoló erő újra és a maximális erő átlagosa 730 N-rá tehető. [19. ábra]

## 5.2. Átlagos felületi érdesség változása a forgácsoló sebesség függvényében

A méréseimet elvégeztem a forgácsoló sebesség függvényében a felületi érdességre is, ezeknél a pontoknál, mint az előző mérésben is [5.1] 1 fő pontban 7x végeztem mérést, az első és utolsó mérési eredményemet elhagytam. A folyamatot elvégeztem a száraz kenési [20. ábra], az MMS kenési [22. ábra] és az emulziós kenési módnál [24. ábra].

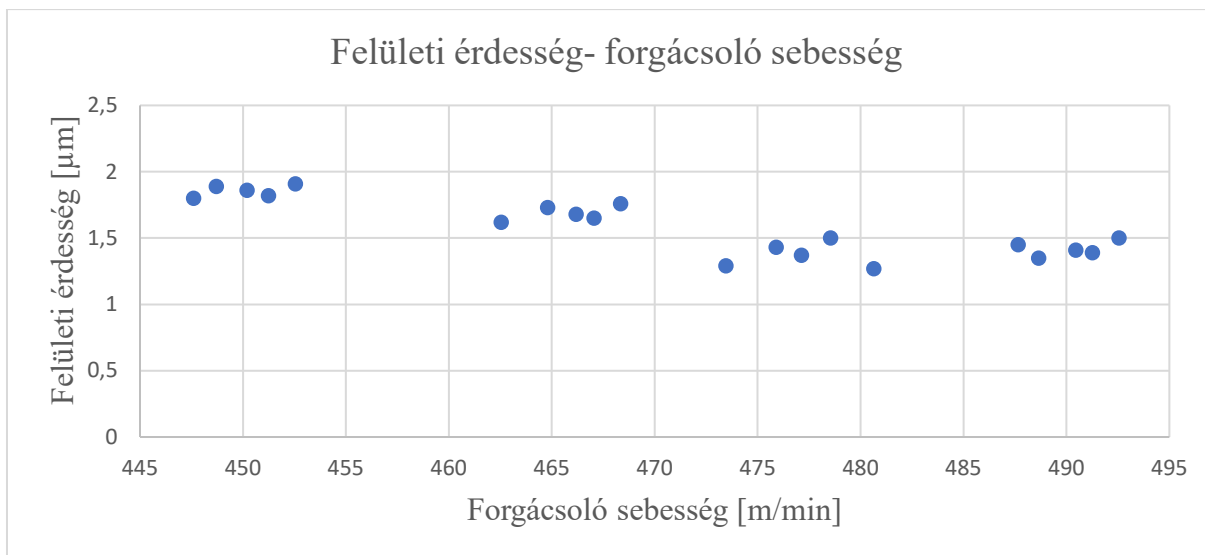


20. ábra Felületi érdesség átlagos értékeinek változása a forgácsoló sebesség függvényében száraz kenésnél

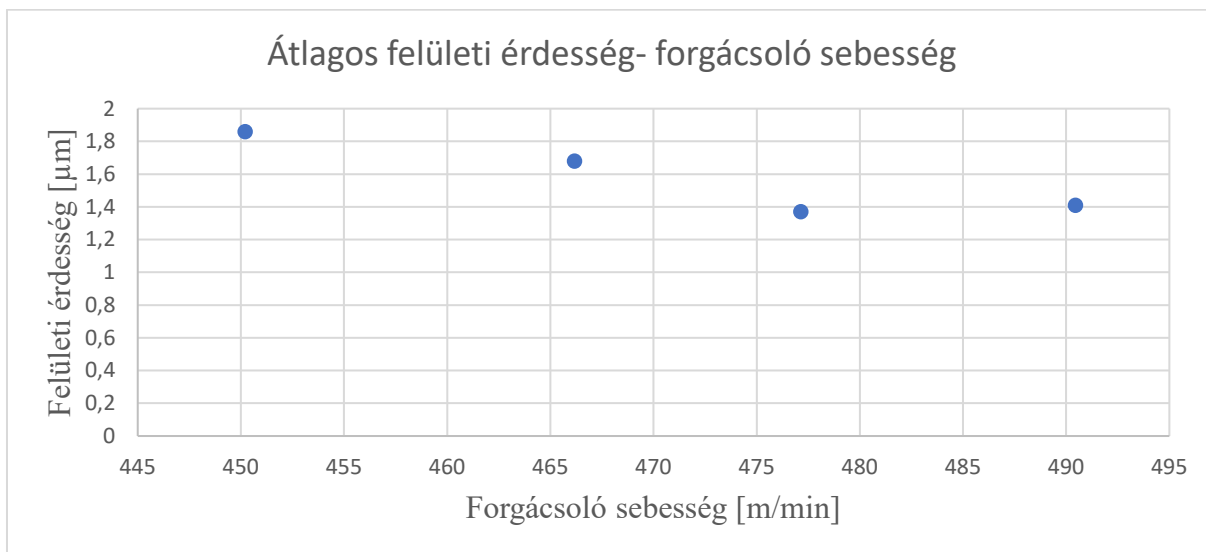


21. ábra Felületi érdesség átlagos értékeinek változása a forgácsoló sebesség függvényében száraz kenésnél

A száraz kenésnél 405 m/min-es forgácsoló sebességről indul és a felületi érdességünk körülbelül 1,9  $\mu\text{m}$ -tól, folyamatosan csökken, majd a 450 m/min-es forgácsoló sebességnél elkezd felvenni egy átlagos értéket, ami az 1,2  $\mu\text{m}$  körüli értéken mozog. [21. ábra]

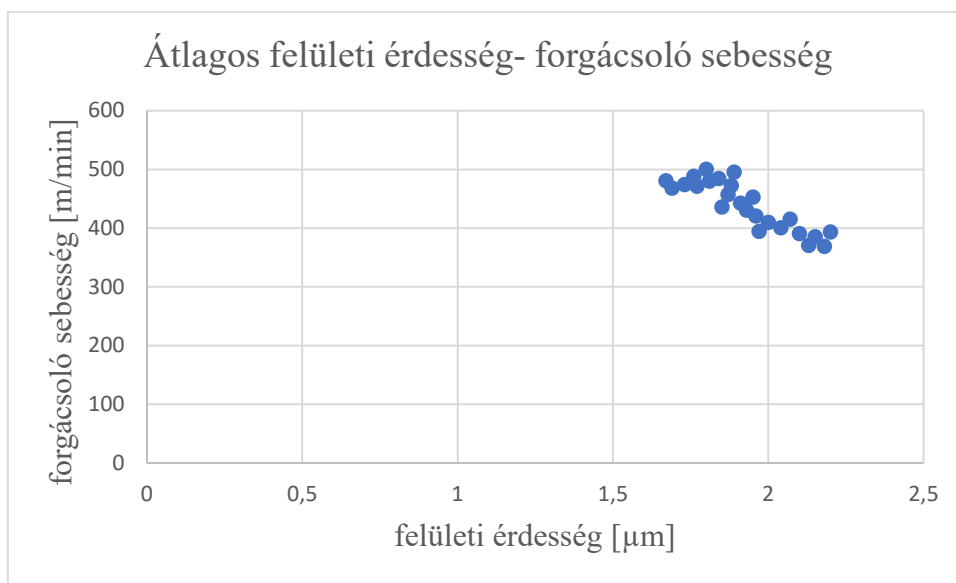


22. ábra Felületi érdesség változása a forgácsoló sebesség függvényében MMS kenésnél

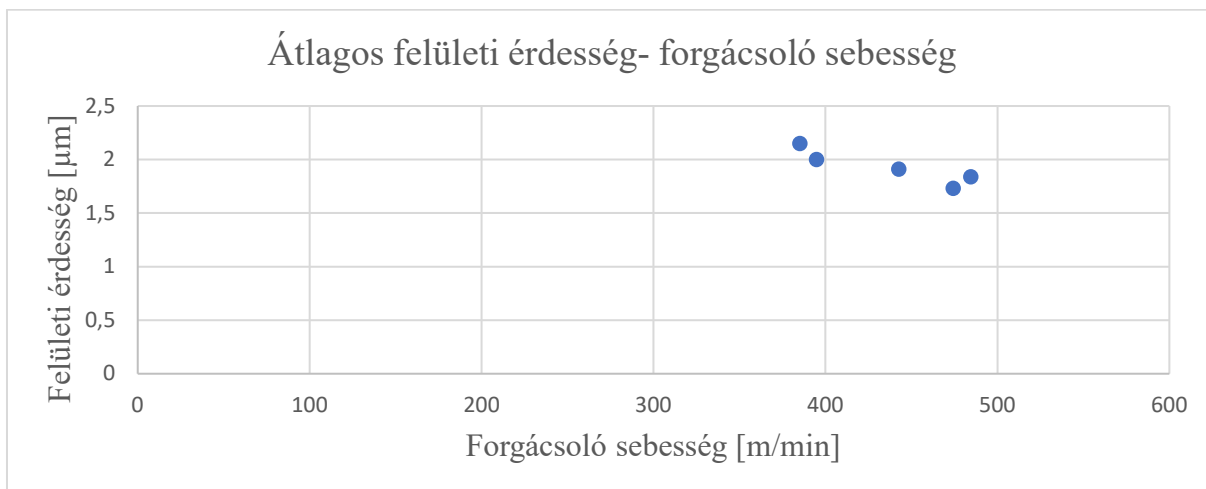


23. ábra Felületi érdesség átlagos értékeinek változása a forgácsoló sebesség függvényében  
MMS kenésnél

A minimálkenés mérési diagramjánál 1,9  $\mu\text{m}$ -tól indul a felületi érdességem és 450 m/min-es forgácsoló sebességről, a sebesség növelésével az ábra csökkenő tendenciát mutat, majd 477 m/min-es forgácsoló sebességnél egy átlag érdesség kezd mutatkozni, ami 1,4  $\mu\text{m}$ -re tehető. [23. ábra]



24. ábra Felületi érdesség változása a forgácsoló sebesség függvényében emulzióval történő  
árasztásos kenésnél



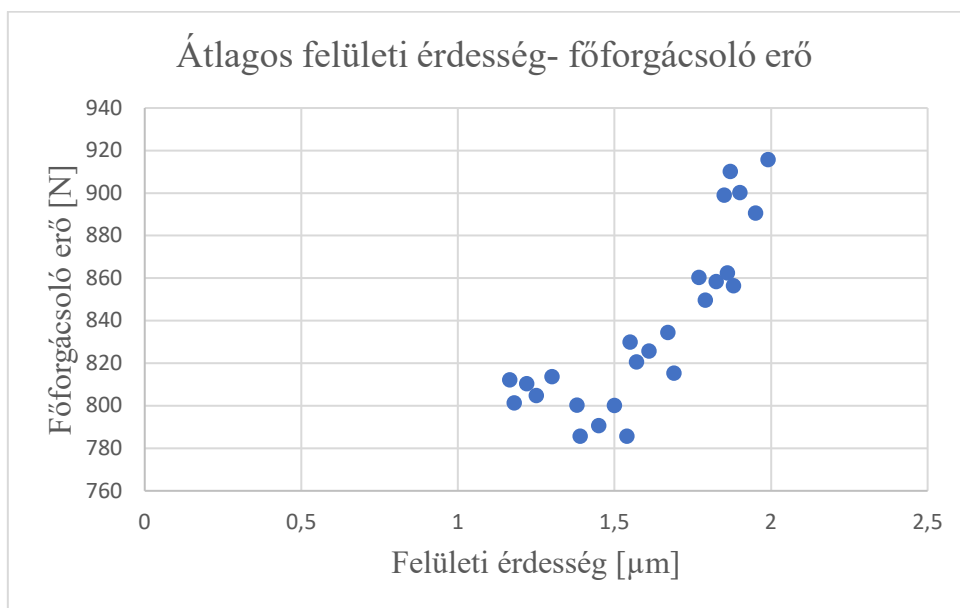
25. ábra Felületi érdesség változása átlagos értékekkel a forgácsoló sebesség függvényében emulzióval történő árasztásos kenésnél

A [28. ábra] bemutatja, hogy az emulzióval történő árasztásos kenésnél hogyan változik a felületi érdességünk, itt a forgácsoló sebességünk 390 m/min-re tehető, az érdességünk pedig 2,2  $\mu\text{m}$ . A sebesség növekedésével folyamatos csökkenést vélünk felfedezni, viszont a mérések végén minimális emelkedés jelenik meg.

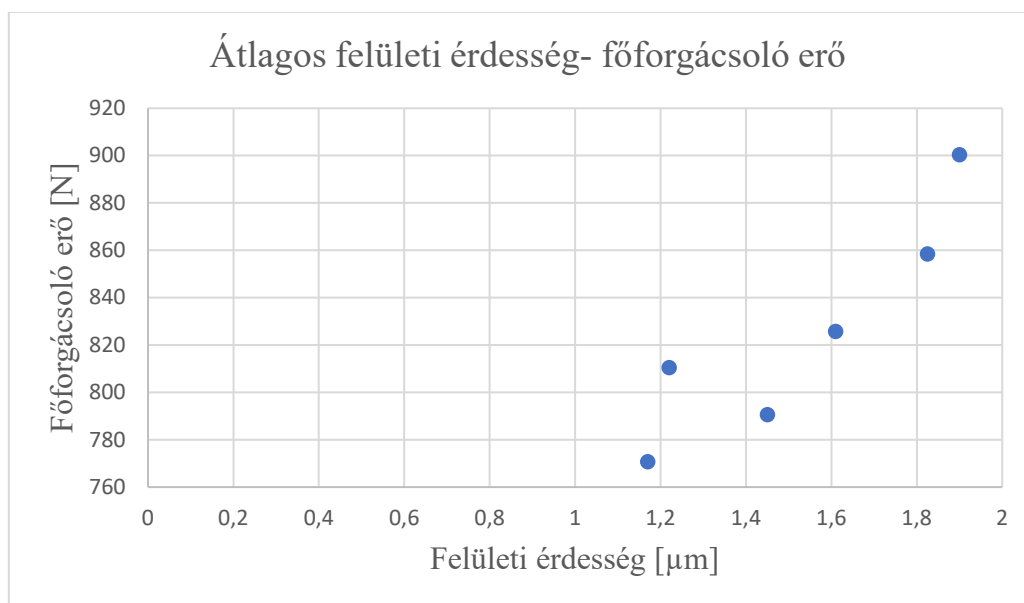
A száraz kenésnél [21. ábra] és az MMS kenésnél [23. ábra] is a méréseim csökkenő tendenciát mutatnak, míg az emulziós kenésnél [25. ábra] észrevehető az emelkedés minimális jellege, tehát az első két vizsgálatomnál a szerszám vasaló jellege jelentkezi a kopásból adódóan.

### 5.3. Átlagos felületi érdesség változása a főforgácsoló erő függvényében

A következő ábrákon a mérési szokásomat nem változtatva a felületi érdesség változása látható a főforgácsoló erő függvényében. [26. ábra] [28. ábra] [30. ábra]

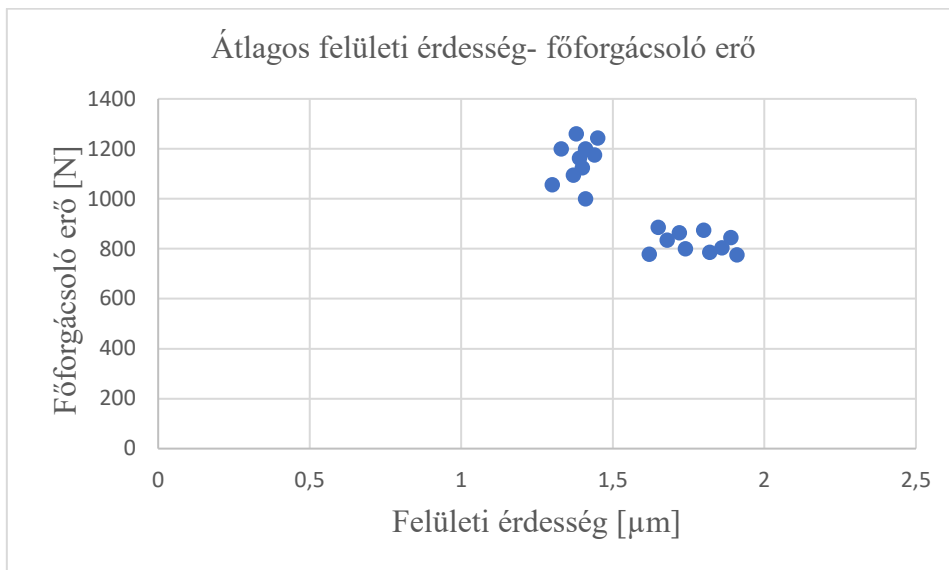


26. ábra Felületi érdesség változása a főforgácsoló erő függvényében száraz kenésnél

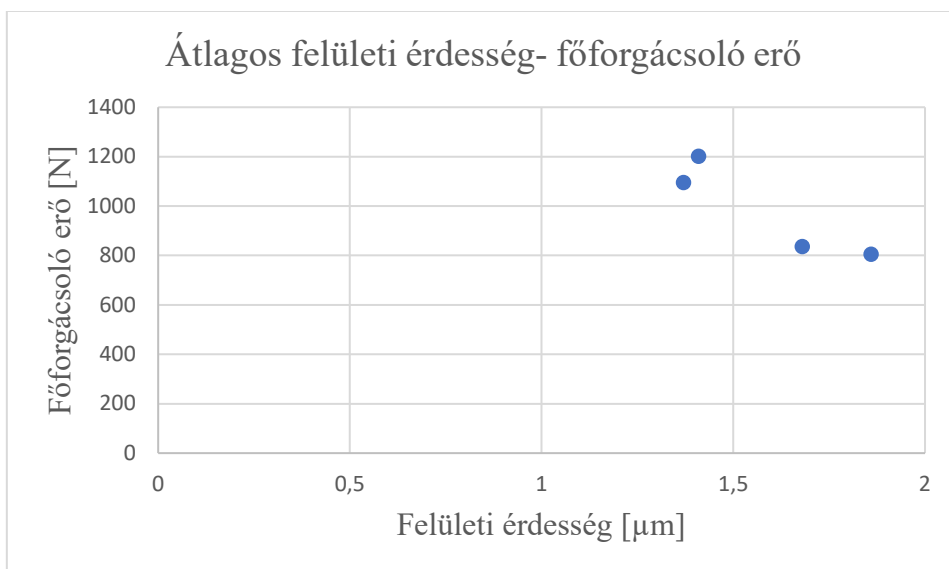


27. ábra Felületi érdesség átlagos értékeinek változása a főforgácsoló erő függvényében száraz kenésnél

A mért adatok alapján az állapítható meg, hogy a körülbelül 900 N-ről induló 1,9  $\mu\text{m}$ -es felületi érdességű mérésünk folyamatosan csökken, majd 770 N után felemelkedik a főforgácsoló erő és a felületi érdesség is 810 N és 1,2  $\mu\text{m}$  körülire. [27. ábra]

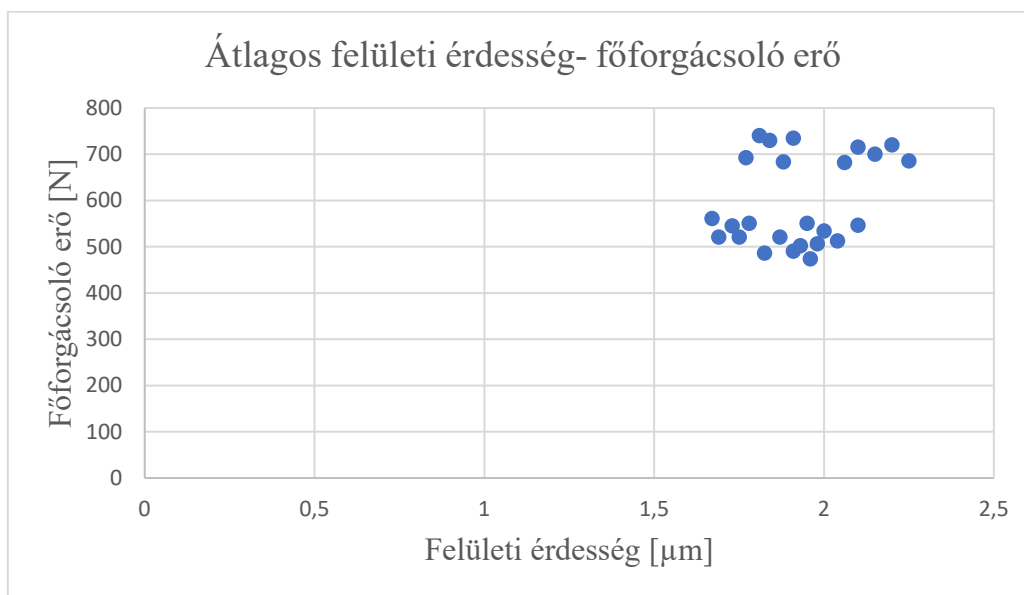


28. ábra Felületi érdesség változása a főforgácsoló erő függvényében MMS kenésnél

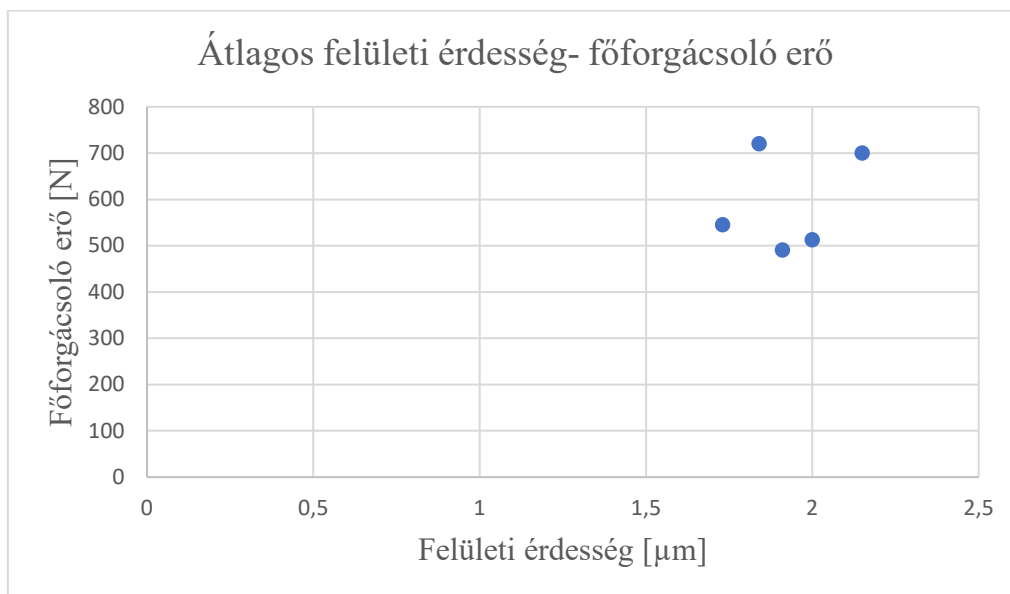


29. ábra Felületi érdesség átlagos értékeinek változása a főforgácsoló erő függvényében MMS kenésnél

A diagrammot leolvasva az 1,8  $\mu\text{m}$  közeli felületi érdességünk 800 N közeli erőt vesz fel, viszont ezek után a főforgácsoló erő növekszik folyamatosan 1200 N-re, de a felületi érdesség ebben a pontban megnőtt az előzőhöz képest 1,4  $\mu\text{m}$ -re. [29. ábra]



30. ábra Felületi érdesség változása a főforgácsoló erő függvényében emulzióval történő árasztásos kenésnél



31. ábra Felületi érdesség átlagos értékeinek változása a főforgácsoló erő függvényében emulzió kenésnél

A [31. ábra]-nél a kezdő értékünk 700 N-re tehető 2,1  $\mu\text{m}$ -es felületi érdességgel, a folyamat során a főforgácsoló erő csökken, majd az 500 N-os erőt elérve a főforgácsoló erő megnő ennek a maximális értéke 720 N körüli, míg az érdesség 1,73  $\mu\text{m}$ -re csökkent 550 N-nél, de a maximum pontban 1,8 $\mu\text{m}$ -re tehető.

## 6. Gazdasági számítás

A gazdasági számításom során a mai árakat vettem figyelembe, de ezek az árak is nagyrészen csak megközelítik az értéket, mivel folyamatosan változnak. Számomra a legfontosabb a kenőanyagok ára, így azzal kezdtem a számolást.

### 6.1. Kenőanyagok

#### 6.1.1. Minimál-kenőanyag

A kereskedelmi forgalomban kapható minimál-kenőanyag az Opta Minimal 1000 5l-es kiszerelése volt. A kiszerelés teljes ára Bruttó 154000Ft. A minimálkenőanyag esetében a felhasznált mennyiség nagyon csekély az emulzióhoz képest is, a kijuttatás mennyisége 50g/h volt. A munka időtartalma körülbelül 2 óra volt, szóval a 100g-ot használódott el. Az adatok alapján a felhasznált mennyiség 0,1 l, ennek az ára kifejtve az 5l-es kiszerelésből Bruttó 3080Ft.

|                                     |                   |
|-------------------------------------|-------------------|
| Kenőanyag                           | minimál-kenőanyag |
| Típus                               | Opta Minimal 1000 |
| Teljes ár                           | Bruttó 154000Ft   |
| Kiszerelés                          | 5l                |
| Felhasznált mennyiséghez tartozó ár | Bruttó 3080Ft     |
| Felhasznált mennyiség               | 0,1l              |

Jelölések:

- Teljes ár =  $P_t$  [Ft]
- Felhasznált mennyiséghez tartozó ár =  $P_f$  [Ft]
- Kiszerelés =  $K$  [l]
- Felhasznált mennyiség =  $F_m$  [l]
- Kijuttatott mennyiség óránként =  $K_{kenés}$  [g/h]
- Munka óra =  $H$  [h]

Számítás:

$$\text{kenőanyag liter ára: } \frac{P_t}{K} = \frac{154000}{5} = \text{Bruttó } 30800 \frac{\text{Ft}}{\text{l}}$$

$$F_m = H * K_{kenés} = 2 * 50 = 100 \frac{\text{g}}{\text{h}} = 0,1\text{l}$$

$$P_f = F_m * 10^{-3} * \text{kenőanyag liter ára} = 100 * 10^{-3} * 30800 = \text{Bruttó } 3080\text{Ft}$$

### 6.1.2. Emulzió

A felhasznált emulzió 5 térfogatszázalékos kevertséggel rendelkezik. A munkafolyamatok során ezt az emulziót nem csak ehhez a kísérlethez lehet felhasználni, ha nem többszöri felhasználásra is alkalmas. A Bolgár C11A típusú esztergának emulzió tartálya 15l, így a felhasznált mennyiség teljes elhasználódás esetében ez a mennyiség. A számítás során ezt figyelembe vettem.

|                                     |                   |
|-------------------------------------|-------------------|
| Kenőanyag                           | Emulzió           |
| Típus                               | 5 tf%-os          |
| Teljes ár                           | Bruttó 1250000 Ft |
| Kiszerezés                          | 400l              |
| Felhasznált mennyiséghez tartozó ár | Bruttó 46875 Ft   |
| Felhasznált mennyiség               | 182l              |

*Jelölések:*

- Teljes ár =  $P_t$  [Ft]
- Felhasznált mennyiséghez tartozó ár =  $P_f$  [Ft]
- Kiszerezés =  $K$  [l]
- Felhasznált mennyiség =  $F_m$  [l/h]
- Kijuttatott mennyiség óránként =  $K_{\text{kenés}} - 91$  [kg/h]
- Munka óra =  $H$  [h]
- Sűrűség =  $\rho - 0,996$  [kg/l]
- Óránkénti felhasznált súly = 90,5 kg/h
- Tartály kapacitás = 15l

*Számítás:*

$$\text{kenőanyag liter ára: } \frac{P_t}{K} = \frac{1250000}{400} = \text{Bruttó } 3125 \frac{\text{Ft}}{\text{l}}$$

$$F_m = \frac{\text{Óránkénti felhasznált súly}}{\rho} * H = \frac{90,5}{0,996} * 2 = 181,73 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \sim 182 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

A felhasznált mennyiséghez figyelembe kell venni a tartály kapacitását, így a 182l valójában a tartály kapacitásának a folyamatos körfolyamata:  $\frac{182}{15} = 12,13$  alkalommal „fogyott” ki a tartály.

$$P_f = \text{tartály kapacitása} * \text{kenőanyag liter ára} = 15 * 3125 = \text{Bruttó 46875 Ft}$$

### 6.1.3. Száraz kenés

A száraz kenés során nem volt kenőanyag, így ennél a résznél, ennek a költségét nem lehet számolni vagy is 0ft. A felszámolható költség a forgácsolás tárolása és megsemmisítése, de ez nem minden esetben számolható költség, így itt nem is számoltam vele.

## 6.2. Kísérlethez használt szerszám

A kísérlethez felhasznált szerszám 2 részre bontható költség szempontjából, ez a 2 rész: lapka befogó, lapka. A lapka befogásához 1db befogóra van szükség, ezek után csak a lapkát cseréljük. A befogó fajtája egy 20 x 20-as lapkafogó, melynek a típusa: PCLNR 2020K 12 ( $\gamma = -6^\circ$ ,  $\lambda_s = -6^\circ$ ,  $\kappa_r = 95^\circ$ ). A lapkák típusa: „Sandvic” titán-nitrid bevonatos [TiN – Jele: HC/TiN, a DIN/ISO 513 szerint CNMG 1204 08 PF 4015) forgatható lapka.

| Kísérlethez használt szerszám       | lapkabefogó    | forgatható lapka     |
|-------------------------------------|----------------|----------------------|
| Típus                               | PCLNR 2020K 12 | CNMG 1204 08 PF 4015 |
| Teljes ár                           | Bruttó 40000Ft | Bruttó 55000Ft       |
| Kiszerezés                          | 1db            | 10db                 |
| Felhasznált mennyiséghez tartozó ár | Bruttó 40000   | Bruttó 110000Ft      |
| felhasznált mennyiség               | 1db            | 20db                 |

*Jelölések:*

- Teljes ár =  $P_t$  [Ft]
- Felhasznált mennyiséghez tartozó ár =  $P_f$  [Ft]
- Kiszerezés =  $K$  [db]
- Felhasznált lapka mennyiség =  $F_m$  lapka [db]

*Számítás:*

$$F_{m\ lapka} = 2 * K_{lapka} = 2 * 10 = 20db$$

$$P_f = F_{m\ lapka} * \left( \frac{P_{t\ lapka}}{10} \right) = 20 * \left( \frac{55000}{10} \right) = \text{Bruttó } 110000\text{Ft}$$

$$P_f = 1 * K_{befogó} = 1 * 40000 = \text{Bruttó } 40000\text{Ft}$$

$$P_t = P_{f\ lapka} + P_{f\ befogó} = 110000 + 40000 = \text{Bruttó } 150000\text{Ft}$$

### 6.3. Kísérlethez használt munkadarab

Az összehasonlításnál felhasznált munkadarab anyaga a 42CrMo4 volt, ez az anyag lett felhasználva mind a 3 kenési módnál, így egyszer kell csak felszámolni ennek a költségét. Az anyag súlyát a mérethez tartozó súly és a súlyhoz tartozó ár segítségével számoltam ki, amely 61kg/m, Bruttó 1094Ft/kg.

|                                 |                  |
|---------------------------------|------------------|
| Kísérlethez használt munkadarab | 42CrMo4          |
| Hossza                          | 1000mm           |
| Átmérője                        | 100mm            |
| kg ára                          | Bruttó 1094Ft/kg |

*Jelölések:*

- Teljes ár =  $P_t$  [Ft]
- Felhasznált súlyhoz tartozó ár =  $P_f$  [Ft]
- Hossz =  $L$  [m]
- Mérethez tartozó súly =  $L_m$  [kg/m]
- Súlyhoz tartozó ár =  $m_{ár}$  [Ft/kg]

*Számítás:*

$$L_m = 61 \frac{kg}{m}$$

$$m_{\text{ár}} = \text{Bruttó } 1094 \frac{Ft}{kg}$$

$$P_t = P_f = L_m * m_{\text{ár}} = 61 * 1094 = \text{Bruttó } 66734 \frac{Ft}{m}$$

#### 6.4. Minimálkenést megvalósító rendszer

A minimálkenést megvalósító rendszer egy cseppadagoló volt, amely a „Cobra 2000-es” típusú.

|                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| Kísérlethez használt szerszám | Cseppadagoló    |
| Típus                         | Cobra 2000      |
| Teljes ár                     | Bruttó 132000Ft |
| Kiszerezés                    | 1db             |

*Jelölések:*

- Teljes ár =  $P_t$  [Ft]
- Kiszerezés =  $K$  [db]
- Felhasznált mennyiséghez tartozó ár =  $P_f$  [Ft]

*Számítás:*

$$P_f = 1 * K = 1 * 132000 = \text{Bruttó } 132000Ft$$

$$P_t = P_f = \text{Bruttó } 132000Ft$$

## 6.5. Összegzés

A számításom végső összegét az egyes alpontok összege fogja adni, ezek az alpontok a [6.1] [6.2] [6.3] [6.4].

*Számítás:*

$$P_t = P_f \text{ minimál} + P_f \text{ emulzió} + P_f \text{ száraz} + P_f \text{ lapka} + P_f \text{ befogó} + P_f \text{ munkadarab} + P_f \text{ cseppadagoló}$$

$$P_t = 3080 + 46875 + 0 + 110000 + 40000 + 66734 + 132000$$

$$P_t = \text{Bruttó } 398689 \text{ Ft}$$

## 7. Összefoglalás

Megmunkálásnak nevezzük: az előre meghatározott cél szerint fémes vagy nem fémes anyagok meghatározott technológiai művelettel való alakítását, anyagszétválasztását, képlékeny alakítását, egyesítést, bevonást vagy anyagtulajdonság változtatást. A forgácsolás anyagszétválasztással alakadást valósít meg [3.][4.]. Áttekintettem a hazai és a nemzetközi szakirodalmakat is, és ezekkel a fontos fejezetekkel foglalkoztam: a forgácsolás fogalma, jelentősége és a tribológiai szempontú elemzése, a szerszámkopással. A hűtő-kenő folyadékok alkalmazásai, feladatai és ezek osztályozása. A dolgozatom fő szempontjából a kenési módokat is jobban átnéztem, ezen belül pedig a száraz, minimálkenés és emulzió kenéssel foglalkoztam többet. A szakirodalmi ismeretek után legelsőnek a környezeti feltételek írtam le, mivel a vizsgálataimhoz ez elhagyhatatlan volt. A következőkben bemutattam mely eszközök szükségesek a vizsgálatokhoz és milyen munkadarabon végeztem el a méréseimet. Validáltam az erőmérést és kiválasztottam a mérőeszközeimet, amik segítségével jegyzőkönyveket tudtam készíteni, melyek a [mellékletek] oldalon kezdődnek.

A dolgozatom célja az volt, hogy a témavezetőm Dr. Kári-Horváth Attila 2009-es doktori értekezésben található olyan mérési eredmények (főforgácsoló erő), amelyek elég értékesek, ahhoz, hogy elveszenek, ezeket értékeltem és hasonlítottam össze a szakirodalomban fellelhető esetleges hasonló kutatási eredményekkel. A cél, tehát az volt, hogy egy összehasonlító vizsgálatot végezzek a főforgácsoló erő vonatkoztatásában különböző kenési módoknál. A vizsgálataim során az emulzió, minimál-kenőanyag, melyet kereskedelmi forgalomban lehet kapni és száraz kenés hatását hasonlítottam össze. Az egyes kenőanyagoknál különböző méréseket végeztem.

Az eredmények értékelését ezután kezdtem el. A legelső méréseim az [5.1] fejezetben kezdődtek, ahol a főforgácsoló erő a forgácsolási sebesség függvényében voltak mérve a 3 kenési módnál. Az itt kapott eredményeimet vizsgálva megállapíthattam, hogy a minimálkenésnél nagyjából átlagosan kopott a kés, ezt bizonyítja a folyamatosan növekvő főforgácsoló erő, ebből látható, hogy ez volt a legalkalmasabb a többi kenési módhoz képest. Az [5.2] fejezetben folytattam a felületi érdesség vizsgálatával a forgácsolási sebesség függvényében. Az eredményeket értékelve itt a 3 kenési mód közül 2-ben: a száraz és minimálkenés vizsgálatánál jelentkezik a szerszám vasaló jellege a kopás bekövetkezése által. A diagramokról leolvasva állapítottam meg, hogy az említett két kenési módnál a sebesség növelésével a felületi érdességük folyamatosan csökken ezzel bizonyítva a vasaló jelleg

jelentkezését, míg az emulziónál minimális emelkedést vettem észre. Az [5.3] fejezetemben szint úgy a felületi érdességet vizsgáltam tovább a főforgácsoló erő függvényében. Az eredményekből adódóan az volt látható, hogy a különböző kenési módoknál a minimálkenésnél nőtt egyedül a főforgácsoló erőnk és csökken a felületi érdességünk, a másik 2-nél folyamatosan csökkent és egy bizonyos pont után váltott, elkezdett nőni és felugrott az érték. A tovább lépéséhez a vizsgálatokat több, különböző minimálkenőanyaggal lehetne elvégezni, ami speciálisan ehhez a 42CrMo4-es anyaghoz párosul vagy ezeket a kísérleteket más anyagpárosításokkal is meg lehetne nézni. A célom az, hogy olyan alapanyagokkal vizsgáljam meg ezeket az adatokat, amelyek az iparban gyakran előfordulnak, ilyen lehet egy rozsdamentes anyag is.

## 8. Summary

We call machining the shaping, separation, plastic deformation, joining, coating, or alteration of metallic or non-metallic materials according to predetermined objectives, using specific technological operations. Machining accomplishes material separation with cutting [3.][4.]. I have reviewed both domestic and international literature, focusing on important chapters such as the concept and significance of machining and its tribological analysis, along with tool wear. I also delved into the applications and classifications of cutting fluids, as well as lubrication modes, particularly dry, minimum quantity lubrication, and emulsion lubrication. Following the literature review, I first described the environmental conditions, as they were essential for my investigations. I then presented the necessary equipment for the experiments and the workpieces on which I conducted my measurements. I validated force measurements, selected my measuring instruments, and used them to create reports, which start in the [appendices] section.

The aim of my thesis was to evaluate and compare certain measurement results (main cutting force) found in Dr. Attila Kári-Horváth's 2009 doctoral dissertation, which were valuable enough not to be lost. The goal was to conduct a comparative study regarding the main cutting force with different lubrication modes. During my research, I compared the effects of emulsion, minimum quantity lubrication (commercially available), and dry lubrication. Various measurements were taken for each lubrication method.

I then proceeded to evaluate the results. My initial measurements began in chapter [5.1], where the main cutting force was measured as a function of cutting speed for the 3 lubrication modes. Analyzing the results, I could determine that the tool wear was roughly average for minimum quantity lubrication, as evidenced by the continuously increasing main cutting force, making it the most suitable among the lubrication modes. In chapter [5.2], I continued with surface roughness evaluation as a function of cutting speed. Evaluating the results, I observed the tool's wear characteristics in two out of three lubrication modes, dry and minimum quantity lubrication. From the diagrams, I determined that with these two lubrication methods, the surface roughness continuously decreases with increasing speed, indicating the appearance of wear characteristics, whereas with emulsion, I noticed minimal increase. In chapter [5.3], I further investigated surface roughness as a function of main cutting force. According to the results, for different lubrication modes, only with minimum quantity lubrication did both the main cutting force increase and the surface roughness

decrease. For the other two, the surface roughness continuously decreased and then, at a certain point, increased abruptly. To proceed, the experiments could be conducted with various types of minimum quantity lubricants, specifically formulated for this 42CrMo4 material, or with other material combinations. My aim is to examine these data with materials commonly used in industry, such as stainless steel.

## NYILATKOZAT

### a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Horváth Barnabás Zoltán  
A Hallgató Neptun kódja: DZTKHB  
A dolgozat címe: Összehasonlító vizsgálatok elvégzése a főforgácsoló erő  
vonatköztetésében különböző kenési módoknál.  
A megjelenés éve: 2024  
A tanszék neve: Műszaki intézet

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitóri rendszerébe.

Kelt: 2024 év 04 hó 12 nap

  
Hallgató aláírása



Szent István Campus, Gödöllő  
Cím: 2100 Gödöllő, Péter Károly utca 1.  
Tel.: +36-28/522-000  
Honlap: <https://godollo.uni-mate.hu>

## NYILATKOZAT

Alulírott Horváth Barnabás Zoltán, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem,  
Szent István Campus,  
Gépészmérnöki szak nappali/levelező\* tagozat  
végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a  
felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem.  
Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas  
összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf  
formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve  
az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem\*

Kelt: 2024 év 04 hó 12 nap

  
Hallgató

## NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a  
Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi  
források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot záróvizsgán történő védésre javaslom /  
nem javaslom\*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem\*

Kelt: Gödöllő 2024 év április hó 20. nap

  
Belső konzulens

\*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

## KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A Horváth Barnabás Zoltán (név) (hallgató Neptun azonosítója: DZTKHB) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot<sup>1</sup> áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom\*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>3</sup>

Kelt: Gödöllő, 2024 év április hó 20. nap

Dr. Kovács Anikó

Belső konzulens

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendő.

## 9. Irodalom jegyzék

- [1.] Alaxender R., Varadarajan A.S., Philip P.K.: *Hard turning with minimum cutting fluid—a viable green alternative on the shop floor*, in: *Proceedings of the 18th All India Manufacturing Technology Design and Research Conference December 21–23, Kharagpur, India, 1998*, vol. 1, p. 83–187.
- [2.] Bakondi K.-Kardos Á.: *A gépgyártás technológiája I. Forgácsolás*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1974.
- [3.] Bálint L.: *A forgácsoló megmunkálások tervezése*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1958
- [4.] Bálint L.: *Gépgyártástechnológia III.*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1964. (változatlan utánnyomás)
- [5.] Bartz W.J. és 70 szerzőtárs: *Kühlschmierstoffe und Zerspanung*, Remingen-Malmsheim, expert-verlag 2000.,
- [6.] Bastien Toubhans et al: *Machinability of inconel 718 during turning: Cutting force model considering tool wear, influence on surface integrity*, *Journal of Materials Processing Technology*, 2020, 285, pp.116809. 10.1016/j.jmatprotec.2020.116809
- [7.] Brandt H., Reitz K.: *Bearbeitung korrosionsbeständiger und hochwarfester Stähle*, *Fertigungstechnik und Betrieb*, 1979., XXIX. Évf. 6. sz., p. 353-366.
- [8.] Czichos H.: *The role of tribology as science and technology — what are the essentials?*. *Tribol. Int.* 28 1 (1995), p.15–16.
- [9.] Diekho W.: *Anforderungen an moderne Kühlschmierstoffe*, *VDI-Z*, 1987, 9, p.12.,16-17.
- [10.] Du F., Lovell R., Wu T.W.: *Boundary element method analysis of temperature fields in coated cutting tools*. *Int. J. Solids Struct.* 38 (2001), p. 4557–4570.]
- [11.] Dudás I.: *Gépgyártástechnológia I., A gépgyártástechnológia alapjai*, Miskolc, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2000. p. 182, 183-187., 209. ISBN 963 661 3427
- [12.] Dudás I.: *Gépgyártástechnológia II., Forgácsoláselmélet, technológiai tervezés*, Miskolc, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2001. ISBN 963 661 3427
- [13.] Fledrich G., Kakuk Gy., Kári-Horváth A., Zsidai L.: *Gépgyártástechnológia*, Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar; Gödöllő, 2016;
- [14.] Gribovszki L.: *Gépipari megmunkálások*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.

- [15.] Horváth Richárd, Lukács Judit: *ERŐTANI VIZSGÁLATOK ACÉL SIMÍTÓ ESZTERGÁLÁSÁNÁL*, XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 167–170.
- [16.] Horváth Richárd, Pálkás Tibor, Mátyási Gyula: *Erőmérő rendszer tervezése, kivitelezése és adaptációja finomesztergáláskor fellépő kis erők méréséhez*, GÉP 59:(6) (2013) 48-53
- [17.] Igaz, J., Pintér, J., Kodácsy, J.: *Minimálkenés*, Gépgyártás XLVII. Évfolyam, 2007.4. szám, p.22-31.
- [18.] Kaldos, A.: *An Investigation into the Tribological and Environmental Aspects of Cutting Processes*, World Tribology Congress, London, 1997., p. 901 (Abstracts of Papers)
- [19.] Kári-Horváth Attila: *A forgácsolásnál alkalmazott minimálkenés (MMS) hatásmechanizmusa-, és hatékonyságának növelése*, PhD. értekezés, Szent István egyetem, Gödöllő, 2009
- [20.] Kári-Horváth, A ; Dr. Valasek, I :*Demand of Energy for Chip Removal*, MATERIALS SCIENCE FORUM 659 pp. 489-497. , 9 p. (2010)
- [21.] Kári-Horváth, A ; Pataki, T :*Analysis of temperature in different cooling methods* IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING 749 Paper: 012017 , 8 p. (2020)
- [22.] Kári-Horváth, A ; Valasek, I :*Minimálkenés jelentősége a forgácsolásban*, TECHMONITOR 1 : 2 pp. 22-24. Paper: ISSN2062-9044 , 3 p. (2011)
- [23.] Kári-Horváth, Attila ; Pataki, Tamás István ; Sarankó, Ádám ; Szilágyi, Nóra: *A forgácsolóüzemek emulziókezelési "kaputól-kapuig" technológiájának felülvizsgálata*, MEZŐGAZDASÁGI TECHNIKA LXIII. évfolyam : 2022. május pp. 29-31. , 3 p. (2022)
- [24.] Kipp M.E., Riddle L.B.: *A Guide to the Development of Advanced Metalworking Lubricants*, in: *Proceedings of the Eighth International Colloquium*, Vol. 2, Ostfildern, Germany, 1992, p. 18.1.1–18.1.14.
- [25.] Klocke, F. et al.: *Applications of minimal quantity lubrication (MQL) in cutting and grinding*, in: *Proceeding of the 12th International Colloquium Industrial and Automotive Lubrification*, Technische Akademie, Esslingen, 11-13 January, 2000.

- [26.] Klocke, F. et al: *Minimal Quantity of Lubrication (MQL) – Motivation, Fundamentals*, *Vistas*, 12. Nemzetközi Kollokvium, Esslingen, 2000. p. 929-943
- [27.] Klocke, F., Gerschwiler, K.: *Trockenbearbeitung - Grundlagen, Grenzen, Perspektiven*, in: *VDI-Berichte*, 1240 (1996), p.1–43.
- [28.] Lössl G.: *Beurteilung der Zerspanung mit der Wärmeeindringfähigkeit*, *Wt-Z ind. Fertig.* 69, 1979., p. 692-698. *MATERIALS SCIENCE FORUM* 659 pp. 489-497. , 9 p. (2010)
- [29.] Mohamad Redhwan Abd Aziz et al: *Development of Cutting Force Measurement Instrument for Turning Tool Post Using Arduino UNO*, *Lecture Notes in Electrical Engineering book series (LNEE, volume 746)* 17april 2021
- [30.] Müller J.: *Kühlschmierstoffe- Gesetze, Verordnungen und Regelwerke zum Arbeitsschutz*. *Mineralölrundschau-Zeitschrift für die Mineralölwirtschaft*, Heft 11 und 12, November und Dezember 2002.
- [31.] Naveenkumar.Ch, M.V.Varalakshmi, Raveendra.A: *Measurement of Cutting Forces While Turning Different Materials by Using Lathe*, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 4, Issue 7, July 2015
- [32.] Niebel B. W. – Draper A. B. – Wysk R. A.: *Modern Manufacturing Process Engineering*, McGraw-Hill Publishing Company, 1989. ISBN 0-07-046563-0
- [33.] Pálmai Z., Dévényi M., Szőnyi G.: *Szerszámanyagok*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1991. p.381. ISBN 963 10 8939 5
- [34.] Philip P.K., Varadarajan A.S., Ramamoorthy B.: *Influence of cutting fluid composition and delivery variables on performance in hard turning using minimal fluid in pulsed jet form*, communicated to the *Journal of the Institution of Engineers—India* April 2000.
- [35.] Rakič R., Rakič Z.: *Tribological aspects of the choice of metalworking fluid in cutting process*, *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 124, Issues 1-2, 10 June 2002, p. 25-31
- [36.] S K Thangarasu, S Shankar and A Tony Thomas and G Sridhar: *Prediction of Cutting Force in Turning Process-an Experimental Approach*, *Materials Science and Engineering* 310 (2018) 012119doi:10.1088/1757-899X/310/1/012119
- [37.] Sandvik Coromant, *Insert Technical Data*, <http://www.coromant.sandvik.com>, 2007.

- [38.] Tönshoff, H.K.: *Spanen, Grundlagen*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 1995.
- [39.] Valasek I. – Budinszki, J.: *Gépelemek kenése*, Budapest, Tribotechnika Kft. 2003.p. 40.
- [40.] Valasek I.: *Megmunkálások, mint Tribológiai rendszerek*, Tribotechnika Kft. Budapest: 1999., p. 43-46
- [41.] Valasek I.: *Tribológiai kézikönyv*, Tribotechnika Kft, Budapest, 1996. ISBN 963 0298368
- [42.] Valasek I.-Tóth I.: *Megmunkálás - tribológia*, Budapest, Tribotechnika Kft., 2003, p. 2, 6, 12-14, 49- 51,
- [43.] Valasek, I ; A, Kári-Horváth :*The action mechanism of minimum lubrication and the increase of its efficiency*, TRIBOLOGIE UND SCHMIERUNGSTECHNIK 58 : 3 pp. 34-47. , 14 p. (2011)
- [44.] Varadarajan, A.S., Philip, P.K., Ramamoorthy, B.: *Optimization of operating parameters for the cutting performance during Hard Turning with minimal cutting fluid*, in: *Proceedings of the International Conference on Intelligent Flexible Autonomous Manufacturing systems* January, 2000., p. 717–725.,
- [45.] Walter A., Brinksmeier, E.: *Leistungsbeurteilung von Kühlschmierstoffen und Additiven in der Zerspanung*. Härtereitechnische Mitteilungen 57 (2002) 1, S. p.57-66.
- [46.] Walter A.: *Potenzial von Kühlschmierstoffen gezielt nutzen. Trocken oder nass-wohin geht die Metallbearbeitung?* VDI-Berichte 1635. VDI-Verlag, Düsseldorf, 2001, S. p.33-47
- [47.] Walter A.: *Tribophysikalische und tribochemische Vorgänge in der Kontaktzone bei der Zerspanung*, Dr.-Ing. Diss. Universität Bremen. Aachen: Shaker Verlag, 2002.
- [48.] Walter A.: *Zerspanung Eisenhaltige Werkstoffe Durch Kühlschmierstoffanwendung*, IWT, Bremen, 2001.
- [49.] Weinert K.: *Trockenbearbeitung und Minimalmengenkuehlschmierung*, Springer, Berlin, 1999.
- [50.] Zwingmann G.: *Kühlschmierstoffe für die spanende Metallbearbeitung*, In: *Werkstatt und Betrieb*, 1976 X. évf. 6. sz., p.409-414.

## 10. Mellékletek

1. számú melléklet (M1):

Az 1. számú mellékleten az alapanyag minőség bizonyítványa látható, amelyen minden fontos adat szerepel.

2. számú melléklet (M2):

A 2.számú mellékleten a száraz „kenés” mérési jegyzőkönyve látható, amelyből a fent említett diagrammok készültek.

3. számú melléklet (M3):

A 3.számú mellékleten a minimálkenés kenés mérési jegyzőkönyve látható, amelyből a fent említett diagrammok készültek.

4. számú melléklet (M4):

A 4.számú mellékleten az emulzió kenés mérési jegyzőkönyve látható, amelyből a fent említett diagrammok készültek.

## M1. Alapanyag minőségi bizonyítványa

|                                                                                                                                                                                                                               |                     |                                                                                                                |          |                                                                                                                     |         |              |        |                                                        |             |          |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|--------|--------------------------------------------------------|-------------|----------|--------|
| <br><b>COGNOR S.A. ODDZIAŁ HSJ<br/>W STALOWEJ WOLI</b><br>Adres: str. E. Kwiatkowskiego 1<br>37-450 Stalowa Wola POLAND<br>NIP 118-12-34-296 |                     | ORIGINAL<br><b>ROLLED PRODUCTS</b><br><b>INSPECTION CERTIFICATE No 70876/23</b><br><b>PN-EN 10204:2006/3.1</b> |          | czech.zita@ferropatent.hu                                                                                           |         |              |        |                                                        |             |          |        |
| Customer: <b>FERROPATENT ZRT</b><br><b>H-7100 SZEKSZARD ul. Bataszeki u.70</b>                                                                                                                                                |                     |                                                                                                                |          |                                                                                                                     |         |              |        |                                                        |             |          |        |
| Delivery address: <b>Bataszeki u.70 H-7100 - Szekszard Szekszard HU - WĘGRY</b>                                                                                                                                               |                     |                                                                                                                |          |                                                                                                                     |         |              |        |                                                        |             |          |        |
| Customer order No:                                                                                                                                                                                                            |                     | Order No:                                                                                                      |          | Receipt Report No:                                                                                                  |         |              |        |                                                        |             |          |        |
| 23141958                                                                                                                                                                                                                      |                     | 23141958                                                                                                       |          | 265.1110.928.23                                                                                                     |         |              |        |                                                        |             |          |        |
| Description:                                                                                                                                                                                                                  |                     | Dimension:                                                                                                     |          | Steel type:                                                                                                         |         |              |        |                                                        |             |          |        |
| Hot rolled steel bars<br>Delivery condition: as rolled<br>EN ISO 683-1:2018<br>EN 10060:2003<br>as stock for machined parts                                                                                                   |                     | Ø100 (+1.50;-1.50)<br>Length:<br>exact: 6m<br>Toler.: -0/+200mm<br>Reduction ratio 9.1                         |          | <b>C45</b><br><b>71505</b><br>EAF + CC<br>COS 270x320<br>Radio-isotopic<br>activity is no higher<br>than 100 Bq/kg. |         |              |        |                                                        |             |          |        |
| Pieces:                                                                                                                                                                                                                       |                     | Weight                                                                                                         |          |                                                                                                                     |         |              |        |                                                        |             |          |        |
| 18                                                                                                                                                                                                                            |                     | 8 260                                                                                                          |          |                                                                                                                     |         |              |        |                                                        |             |          |        |
| 1. Chemical Analysis:                                                                                                                                                                                                         |                     |                                                                                                                |          |                                                                                                                     |         |              |        |                                                        |             |          |        |
| Heat No                                                                                                                                                                                                                       | C                   | Mn                                                                                                             | Si       | P                                                                                                                   | S       | Cr           | Ni     | Cu                                                     | Mo          | V        | Al     |
| 71505                                                                                                                                                                                                                         | 0.4600              | 0.7400                                                                                                         | 0.2200   | 0.0130                                                                                                              | 0.0240  | 0.1800       | 0.1200 | 0.1800                                                 | 0.0300      | 0.0020   | 0.0300 |
|                                                                                                                                                                                                                               | Ti                  | N2                                                                                                             | Sn       | Nb                                                                                                                  |         |              |        |                                                        |             |          |        |
|                                                                                                                                                                                                                               | 0.0010              | 0.0096                                                                                                         | 0.0090   | 0.0010                                                                                                              |         |              |        |                                                        |             |          |        |
|                                                                                                                                                                                                                               |                     |                                                                                                                |          |                                                                                                                     |         |              |        |                                                        |             |          |        |
| 2. Mechanical properties on testing sample:                                                                                                                                                                                   |                     |                                                                                                                |          |                                                                                                                     |         |              |        |                                                        |             |          |        |
| Test No                                                                                                                                                                                                                       | Heat treatment test | [MPa]                                                                                                          | Rm [MPa] | [%]                                                                                                                 | Z [%]   | Impact       |        | Heat treatment tests                                   |             | Hardness |        |
| 4                                                                                                                                                                                                                             | normalized          | ReH                                                                                                            | 420      | 694                                                                                                                 | A5 22.8 | 46.7         |        |                                                        | N-850°C air |          |        |
| 3. Other tests                                                                                                                                                                                                                |                     |                                                                                                                |          |                                                                                                                     |         |              |        |                                                        |             |          |        |
| Macroetch test:                                                                                                                                                                                                               |                     |                                                                                                                |          |                                                                                                                     |         |              |        |                                                        |             |          |        |
| Microinclusions:                                                                                                                                                                                                              |                     |                                                                                                                |          |                                                                                                                     |         |              |        | Grain size:                                            |             |          |        |
| 100% ultrasonic test was carried out acc. to: SEP 1920, B3 class -satisfactory results.Spectrotest - 100%.<br>Surface defects acc. to: EN ISO 9443-2018 class A.                                                              |                     |                                                                                                                |          |                                                                                                                     |         |              |        |                                                        |             |          |        |
| Surface and dimensions tested at 100%.<br>MIXMATCH TEST 100%                                                                                                                                                                  |                     |                                                                                                                |          | Material was carried out acc. to<br>Technical Specifications and<br>order confirmation                              |         |              |        | Material marked: Heat No, grade,<br>Quality Control KJ |             |          |        |
| Material was released on the base of inspection and tests carried out. The product in accordance with European Directive No 2000/53/WE.                                                                                       |                     |                                                                                                                |          |                                                                                                                     |         |              |        |                                                        |             |          |        |
| Quality Control                                                                                                                                                                                                               |                     | The quality manager                                                                                            |          |                                                                                                                     |         | Expert stamp |        |                                                        |             |          |        |
| Karolina Pyszczyńska                                                                                                                                                                                                          |                     | COGNOR SPÓŁKA AKCYJNA<br>ODDZIAŁ HSJ W STALOWEJ WOLI<br>DYREKTOR<br>GOSPODARSTWA<br>Przemysław Winiarski       |          |                                                                                                                     |         |              |        | Stalowa Wola<br>2023.10.10                             |             |          |        |

## M2. A száraz kenés mérési jegyzőkönyve

|                                                      |                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Száraz kenés</b>                                  | Mérés ideje: 2023.08.15.<br>Mérést végezte: Horváth Barnabás Zoltán                                                                                         |
| Lapka anyaga: TiN<br>jele: 2<br>Azonosítója: 08 alsó | Technológiai adatok:<br>– előtolás: $f(h) = 0,25 \text{ mm}$<br>– fogásmélység: $a(b) = 1 \text{ mm}$<br>– a mért fordulatszám: $n = 1450 \text{ min}^{-1}$ |
| Kísérleti kenőanyag kódja: -                         |                                                                                                                                                             |
| Megjegyzés: -                                        |                                                                                                                                                             |

A

| Mérések száma | $F_c \text{ [N]}$ | $v \text{ [m/min]}$ |
|---------------|-------------------|---------------------|
| 1.            | 915,78            | 401,25              |
| 2.            | 890,54            | 403,5               |
| 3.            | 900,32            | 405,5               |
| 4.            | 899,05            | 408,94              |
| 5.            | 910,2             | 406,8               |
| 6.            | 862,5             | 416,3               |
| 7.            | 856,4             | 417,7               |
| 8.            | 858,4             | 418,6               |
| 9.            | 852,6             | 420,84              |
| 10.           | 849,6             | 422,01              |
| 11.           | 800,2             | 426,4               |
| 12.           | 785,66            | 428,9               |
| 13.           | 790,6             | 430,05              |
| 14.           | 800,24            | 433,1               |
| 15.           | 785,74            | 435,4               |
| 16.           | 815,3             | 436,7               |
| 17.           | 834,45            | 437,44              |
| 18.           | 825,67            | 438,2               |
| 19.           | 830,02            | 440,52              |
| 20.           | 820,64            | 439,86              |
| 21.           | 805,66            | 447,6               |
| 22.           | 787,4             | 448,7               |
| 23.           | 790,6             | 450,6               |
| 24.           | 800,7             | 452,6               |
| 25.           | 780,7             | 454,7               |
| 26.           | 794,7             | 473,54              |
| 27.           | 803,4             | 472,4               |
| 28.           | 800,2             | 475,6               |
| 29.           | 791,4             | 477,21              |
| 30.           | 802,6             | 478,9               |

| Mérések száma | $v \text{ [m/min]}$ | $R_a \text{ [mikro m]}$ |
|---------------|---------------------|-------------------------|
| 1.            | 401,25              | 1,99                    |
| 2.            | 403,5               | 1,95                    |
| 3.            | 405,5               | 1,9                     |
| 4.            | 408,94              | 1,85                    |
| 5.            | 406,8               | 1,87                    |
| 6.            | 416,3               | 1,86                    |
| 7.            | 417,7               | 1,88                    |
| 8.            | 418,6               | 1,825                   |
| 9.            | 420,84              | 1,77                    |
| 10.           | 422,01              | 1,79                    |
| 11.           | 426,4               | 1,5                     |
| 12.           | 428,9               | 1,54                    |
| 13.           | 430,05              | 1,45                    |
| 14.           | 433,1               | 1,38                    |
| 15.           | 435,4               | 1,39                    |
| 16.           | 436,7               | 1,69                    |
| 17.           | 437,44              | 1,67                    |
| 18.           | 438,2               | 1,61                    |
| 19.           | 440,52              | 1,55                    |
| 20.           | 439,86              | 1,57                    |
| 21.           | 447,6               | 1,05                    |
| 22.           | 448,7               | 1,3                     |
| 23.           | 450,6               | 1,17                    |
| 24.           | 452,6               | 1,22                    |
| 25.           | 454,7               | 1,12                    |
| 26.           | 473,54              | 1,19                    |
| 27.           | 472,4               | 1,31                    |
| 28.           | 475,6               | 1,22                    |
| 29.           | 477,21              | 1,27                    |
| 30.           | 478,9               | 1,165                   |

A mért  
adatok:  
k:

|                                                      |                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Száraz kenés</b>                                  | Mérés ideje: 2023.08.16.<br>Mérést végezte: Horváth Barnabás Zoltán                                                                                         |
| Lapka anyaga: TiN<br>jele: 2<br>Azonosítója: 08 alsó | Technológiai adatok:<br>– előtolás: $f(h) = 0,25 \text{ mm}$<br>– fogásmélység: $a(b) = 1 \text{ mm}$<br>– a mért fordulatszám: $n = 1450 \text{ min}^{-1}$ |
| Kísérleti kenőanyag kódja: -                         |                                                                                                                                                             |
| Megjegyzés: -                                        |                                                                                                                                                             |

A mért adatok:

| Mérések száma | $F_c \text{ [N]}$ | $R_a \text{ [mikro m]}$ |
|---------------|-------------------|-------------------------|
| 1.            | 915,78            | 1,99                    |
| 2.            | 890,54            | 1,95                    |
| 3.            | 900,32            | 1,9                     |
| 4.            | 899,05            | 1,85                    |
| 5.            | 910,2             | 1,87                    |
| 6.            | 862,5             | 1,86                    |
| 7.            | 856,4             | 1,88                    |
| 8.            | 858,4             | 1,825                   |
| 9.            | 860,4             | 1,77                    |
| 10.           | 849,6             | 1,79                    |
| 11.           | 800,2             | 1,5                     |
| 12.           | 785,66            | 1,54                    |
| 13.           | 790,6             | 1,45                    |
| 14.           | 800,24            | 1,38                    |
| 15.           | 785,74            | 1,39                    |
| 16.           | 815,3             | 1,69                    |
| 17.           | 834,45            | 1,67                    |
| 18.           | 825,67            | 1,61                    |
| 19.           | 830,02            | 1,55                    |
| 20.           | 820,64            | 1,57                    |
| 21.           | 805,66            | 1,05                    |
| 22.           | 787,4             | 1,3                     |
| 23.           | 790,6             | 1,17                    |
| 24.           | 800,7             | 1,22                    |
| 25.           | 780,7             | 1,12                    |
| 26.           | 794,7             | 1,25                    |
| 27.           | 803,4             | 1,3                     |
| 28.           | 800,2             | 1,22                    |
| 29.           | 791,4             | 1,18                    |
| 30.           | 802,6             | 1,165                   |

### M3. Az MMS kenés mérési jegyzőkönyv

|                                                      |                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MMS kenés</b>                                     | Mérés ideje: 2023.08.17.<br>Mérést végezte: Horváth Barnabás Zoltán                                                                                         |
| Lapka anyaga: TiN<br>jele: 4<br>Azonosítója: 08 alsó | Technológiai adatok:<br>– előtolás: $f(h) = 0,25 \text{ mm}$<br>– fogásmélység: $a(b) = 1 \text{ mm}$<br>– a mért fordulatszám: $n = 1450 \text{ min}^{-1}$ |
| Kísérleti kenőanyag kódja: M1-32                     |                                                                                                                                                             |
| Megjegyzés: -                                        |                                                                                                                                                             |

A mért adatok:

| Mérések száma | $F_c \text{ [N]}$ | $v \text{ [m/min]}$ |
|---------------|-------------------|---------------------|
| 1.            | 776,02            | 447,6               |
| 2.            | 845,7             | 448,7               |
| 3.            | 804,7             | 450,2               |
| 4.            | 785,8             | 451,24              |
| 5.            | 874,8             | 452,54              |
| 6.            | 864,79            | 462,54              |
| 7.            | 800,45            | 464,8               |
| 8.            | 835,46            | 466,17              |
| 9.            | 886,88            | 468,34              |
| 10.           | 778,64            | 467,05              |
| 11.           | 1000,78           | 473,45              |
| 12.           | 1124,65           | 475,89              |
| 13.           | 1094,81           | 477,13              |
| 14.           | 1057,23           | 478,54              |
| 15.           | 1200,7            | 480,64              |
| 16.           | 1162,78           | 488,64              |
| 17.           | 1260,74           | 487,65              |
| 18.           | 1200,78           | 490,45              |
| 19.           | 1175,68           | 492,54              |
| 20.           | 1243,7            | 494,6               |

| Mérések száma | $v \text{ [m/min]}$ | $R_a \text{ [mikro m]}$ |
|---------------|---------------------|-------------------------|
| 1.            | 447,6               | 1,8                     |
| 2.            | 448,7               | 1,89                    |
| 3.            | 450,2               | 1,86                    |
| 4.            | 451,24              | 1,82                    |
| 5.            | 452,54              | 1,91                    |
| 6.            | 462,54              | 1,62                    |
| 7.            | 464,8               | 1,73                    |
| 8.            | 466,17              | 1,68                    |
| 9.            | 468,34              | 1,76                    |
| 10.           | 467,05              | 1,65                    |
| 11.           | 473,45              | 1,29                    |
| 12.           | 475,89              | 1,43                    |
| 13.           | 477,13              | 1,37                    |
| 14.           | 478,54              | 1,5                     |
| 15.           | 480,64              | 1,27                    |
| 16.           | 488,64              | 1,35                    |
| 17.           | 487,65              | 1,45                    |
| 18.           | 490,45              | 1,41                    |
| 19.           | 492,54              | 1,5                     |
| 20.           | 494,6               | 1,39                    |

|                                                      |                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MMS kenés</b>                                     | Mérés ideje: 2023.08.18.<br>Mérést végezte: Horváth Barnabás Zoltán                                                                                         |
| Lapka anyaga: TiN<br>jele: 4<br>Azonosítója: 08 alsó | Technológiai adatok:<br>– előtolás: $f(h) = 0,25 \text{ mm}$<br>– fogásmélység: $a(b) = 1 \text{ mm}$<br>– a mért fordulatszám: $n = 1450 \text{ min}^{-1}$ |
| Kísérleti kenőanyag kódja: M1-32                     |                                                                                                                                                             |
| Megjegyzés: -                                        |                                                                                                                                                             |

A mért adatok:

| Mérések száma | $F_c \text{ [N]}$ | $R_a \text{ [mikro m]}$ |
|---------------|-------------------|-------------------------|
| 1.            | 776,02            | 1,91                    |
| 2.            | 845,7             | 1,89                    |
| 3.            | 804,7             | 1,86                    |
| 4.            | 785,8             | 1,82                    |
| 5.            | 874,8             | 1,8                     |
| 6.            | 864,79            | 1,72                    |
| 7.            | 800,45            | 1,74                    |
| 8.            | 835,46            | 1,68                    |
| 9.            | 886,88            | 1,65                    |
| 10.           | 778,64            | 1,62                    |
| 11.           | 1000,78           | 1,41                    |
| 12.           | 1124,65           | 1,4                     |
| 13.           | 1094,81           | 1,37                    |
| 14.           | 1057,23           | 1,3                     |
| 15.           | 1200,7            | 1,33                    |
| 16.           | 1162,78           | 1,39                    |
| 17.           | 1260,74           | 1,38                    |
| 18.           | 1200,78           | 1,41                    |
| 19.           | 1175,68           | 1,44                    |
| 20.           | 1243,7            | 1,45                    |

## M4. Az emulzió kenés mérési jegyzőkönyve

|                                                      |                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Emulzió kenés</b>                                 | Mérés ideje: 2023.08.21.<br>Mérést végezte: Horváth Barnabás Zoltán                                                                                         |
| Lapka anyaga: TiN<br>jele: 8<br>Azonosítója: 08 alsó | Technológiai adatok:<br>– előtolás: $f(h) = 0,25 \text{ mm}$<br>– fogásmélység: $a(b) = 1 \text{ mm}$<br>– a mért fordulatszám: $n = 1450 \text{ min}^{-1}$ |
| Kísérleti kenőanyag kódja: E2-A                      |                                                                                                                                                             |
| Megjegyzés: -                                        |                                                                                                                                                             |

A mért adatok:

| Mérések száma | $F_c \text{ [N]}$ | $v \text{ [m/min]}$ |
|---------------|-------------------|---------------------|
| 1.            | 720,5             | 368,78              |
| 2.            | 685,66            | 370,7               |
| 3.            | 700,05            | 385,06              |
| 4.            | 682,45            | 390,75              |
| 5.            | 715,6             | 393,25              |
| 6.            | 512,4             | 394,7               |
| 7.            | 546,77            | 400,65              |
| 8.            | 534,03            | 409,51              |
| 9.            | 550,65            | 420,65              |
| 10.           | 506,7             | 415,4               |
| 11.           | 502,33            | 430,33              |
| 12.           | 473,6             | 435,8               |
| 13.           | 490,4             | 442,58              |
| 14.           | 520,7             | 452,8               |
| 15.           | 486,7             | 457,3               |
| 16.           | 520,66            | 471,3               |
| 17.           | 550,8             | 468,2               |
| 18.           | 545,31            | 474,25              |
| 19.           | 561,22            | 480,45              |
| 20.           | 520,65            | 488,44              |
| 21.           | 725,66            | 480,3               |
| 22.           | 692,55            | 472,22              |
| 23.           | 701,52            | 484,48              |
| 24.           | 715,46            | 495,55              |
| 25.           | 683,77            | 500,22              |

| Mérések száma | $v \text{ [m/min]}$ | $R_a \text{ [mikro m]}$ |
|---------------|---------------------|-------------------------|
| 1.            | 368,78              | 2,18                    |
| 2.            | 370,7               | 2,13                    |
| 3.            | 385,06              | 2,15                    |
| 4.            | 390,75              | 2,1                     |
| 5.            | 393,25              | 2,2                     |
| 6.            | 394,7               | 1,97                    |
| 7.            | 400,65              | 2,04                    |
| 8.            | 409,51              | 2                       |
| 9.            | 420,65              | 1,96                    |
| 10.           | 415,4               | 2,07                    |
| 11.           | 430,33              | 1,93                    |
| 12.           | 435,8               | 1,85                    |
| 13.           | 442,58              | 1,91                    |
| 14.           | 452,8               | 1,95                    |
| 15.           | 457,3               | 1,87                    |
| 16.           | 471,3               | 1,77                    |
| 17.           | 468,2               | 1,69                    |
| 18.           | 474,25              | 1,73                    |
| 19.           | 480,45              | 1,67                    |
| 20.           | 488,44              | 1,76                    |
| 21.           | 480,3               | 1,81                    |
| 22.           | 472,22              | 1,88                    |
| 23.           | 484,48              | 1,84                    |
| 24.           | 495,55              | 1,89                    |
| 25.           | 500,22              | 1,8                     |

|                                                      |                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Emulzió kenés</b>                                 | Mérés ideje: 2023.08.22.<br>Mérést végezte: Horváth Barnabás Zoltán                                                                                         |
| Lapka anyaga: TiN<br>jele: 8<br>Azonosítója: 08 alsó | Technológiai adatok:<br>– előtolás: $f(h) = 0,25 \text{ mm}$<br>– fogásmélység: $a(b) = 1 \text{ mm}$<br>– a mért fordulatszám: $n = 1450 \text{ min}^{-1}$ |
| Kísérleti kenőanyag kódja: E2-A                      |                                                                                                                                                             |
| Megjegyzés: -                                        |                                                                                                                                                             |

A mért adatok:

| Mérések száma | Fc [N] | Ra [mikro m] |
|---------------|--------|--------------|
| 1.            | 720,5  | 2,2          |
| 2.            | 685,66 | 2,25         |
| 3.            | 700,05 | 2,15         |
| 4.            | 682,45 | 2,06         |
| 5.            | 715,6  | 2,1          |
| 6.            | 512,4  | 2,04         |
| 7.            | 546,77 | 2,1          |
| 8.            | 534,03 | 2            |
| 9.            | 550,65 | 1,95         |
| 10.           | 506,7  | 1,98         |
| 11.           | 502,33 | 1,93         |
| 12.           | 473,6  | 1,96         |
| 13.           | 490,4  | 1,91         |
| 14.           | 520,7  | 1,87         |
| 15.           | 486,7  | 1,825        |
| 16.           | 520,66 | 1,75         |
| 17.           | 550,8  | 1,78         |
| 18.           | 545,31 | 1,73         |
| 19.           | 561,22 | 1,67         |
| 20.           | 520,65 | 1,69         |
| 21.           | 725,66 | 1,81         |
| 22.           | 692,55 | 1,77         |
| 23.           | 701,52 | 1,84         |
| 24.           | 715,46 | 1,91         |
| 25.           | 683,77 | 1,88         |