

Mart gránitlapok belépő és kilépő éleinek kitöredezési vizsgálata

The examination of edge-chipping on milled granite surfaces

Hodosán Zsolt

BME Gyártástudomány és –technológia Tanszék, hodosan.zsolt@t-online.hu

Kun Zsuzsanna

BME Gyártástudomány és –technológia Tanszék, zsuzsanna.kun1991@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS:

A Budapesti Műszaki- és Gazdaságtudományi Egyetem Gyártástudomány és –technológia Tanszékén folyó kőmegmunkálási kísérletek újabb területe az élkitöredezések vizsgálata. A mart gránitfelületek minősítésének az iparban is használatos eszközökkel történő minősítéséhez kidolgozott eljárásrendszer alkalmazásával, valamint a minősítés jellemző paramétereként meghatározott mérőszámmal dolgoztak a cikk szerzői. Az elvégzett vizsgálatokkal igazolták a szerzők a be- és kilépő élek kitöredezési mértékének arányosságát valamint azt, hogy a belépő éleken a mutatószám elmarad a kilépő éleken mérhetőhöz képest. Különböző átlagos szemcseméretekkkel rendelkező kövek vizsgálatán keresztül a cikk bemutatja a módszer alkalmazását és annak korlátait.

Kulcsszavak: kőmegmunkálás, élkitöredezések, gránit, felületminősítés, szkennelés

ABSTRACT:

The new research topic from the stone machining area at the Budapest University of Technology and Economics in the Department on Manufacturing Sciences and Technology is the examination of edge-chipping. The authors used the developed examination system for milled granite surface's edge-chipping and calculated the defined measure number for ranking the surfaces. By the performed examinations the authors present the correlation between the rate of edge-chipping of the entering and trailing edges, and they also found that the edge chipping rate of the entering edges is smaller than the same measure number of the trailing edges. The paper presents the adaptation and the limits of the method by examining different grain-sized stones.

Keywords: stone machining, edge-chipping, granite, surface quality, scanning

1. BEVEZETÉS

A Budapesti Műszaki- és Gazdaságtudományi Egyetem Gyártástudomány és –technológia Tanszékén az utóbbi évek kőmegmunkálással kapcsolatos kísérleteinek újabb területe a mart gránitfelületek éleinek kitöredezés-vizsgálata. A jelen tanulmányt írók kutatók, a felületi érdesség és a csúszásbiztonság kapcsolatát, valamint a megmunkálási paraméterek hatását vizsgálták korábban. A kötermékek iparilag is alkalmazható minősítési rendszerének kidolgozásához elengedhetetlen fontosságú az élek minőségének meghatározása, így a kutatócsoport olyan mérőszámot alkalmazott a kísérleti minősítésekhez, amely alkalmas az élek minőségének objektív meghatározására, összehasonlítására. A mérés a kidolgozott rendszer alkalmazásával és a megadott jellemző paraméterek alapján a későbbiekben standardizálható, a minősítés az ipari gyakorlatban általánosan alkalmazott eszközökkel elvégezhetővé válhat. A cikkben a kutatók azt vizsgálják, hogy a mart gránitfelületek belépő és kilépő éleinek átlagos kitöredezési mértéke között található-e és ha igen, akkor milyen jellegű függvénykapcsolat. A kutatás kitér a be- és kilépő élek különböző vágósebességnél tapasztalható változásának arányba állíthatóságára, illetve megvizsgálja, hogy milyen befolyásoló tényezők alakítják ezen párhuzamosságoknak a hibáit.

2. A VIZSGÁLAT BEMUTATÁSA

2.1 A vizsgálat során alkalmazott eszközök

A vizsgálathoz a mart gránitfelületeket egy Prussiani Golden Plus típusú NC vezérlésű kömegmunkáló központ használatával állítottuk elő, amelyet a Woldem Kft. bocsátott rendelkezésünkre. Az élkitöredezés vizsgálata során a megmunkált gránitlapok éleit az elemzéshez digitalizálnunk kellett. Ehhez először egy SCANTECH lézerszkennert alkalmaztunk, majd a mérnöki gyakorlatban is könnyen alkalmazható módszer kidolgozása során egy kék fényű Keyence profilszkennert választottunk. Az eszközt a Gyártástudomány és –technológia Tanszék NC vezérlésű, Topper TMV510 típusú megmunkáló központján rögzítettük a használat időtartamára, annak érdekében, hogy a digitalizálás során szükséges egyenletes elmozdulási sebességeket garantáljuk. A szkennerral digitalizált profilokat a Keyence LJ-Navigator 2 számítógépes szoftver használatával végeztük el, ahogy az eszköz beállításait is ezzel a programmal lehet megadni az adott méréshez.

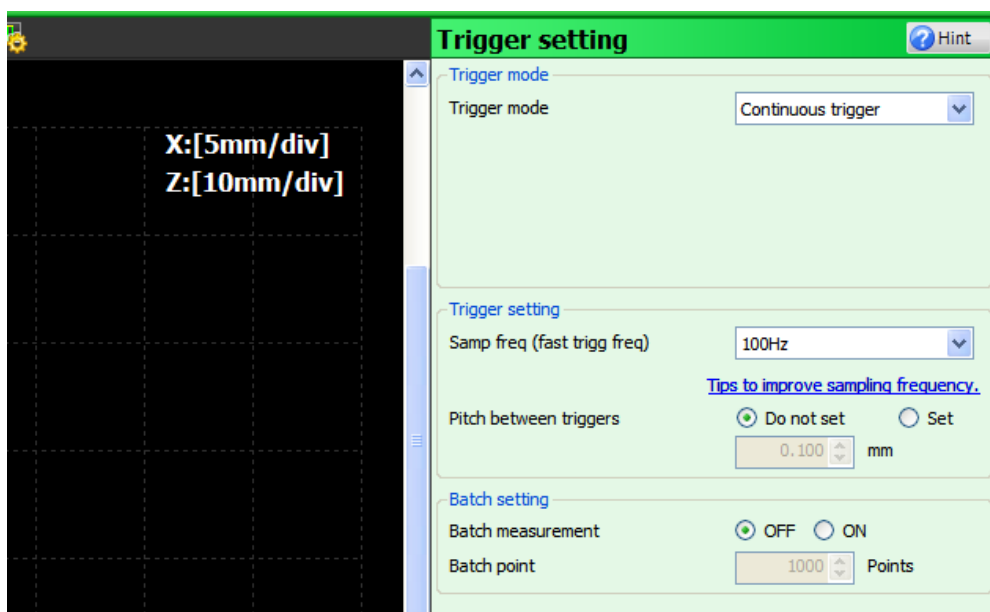
2.2 A vizsgálati módszer

A kőelek vizsgálata során olyan módszer kidolgozását tűztük ki célul, amellyel nem károsodnak a már megmunkált felületek, ezért választottunk optikai elven működő digitalizáló eszközt az adatok regisztrálására. A rendszer felépítése során fontosnak tartottuk továbbá, hogy a minősítési folyamat időtartama a minimálisra csökkenthető legyen, valamint az alkalmazott eszközök az ipari gyakorlatban alkalmazott, ismert és könnyen kezelhetők legyenek.



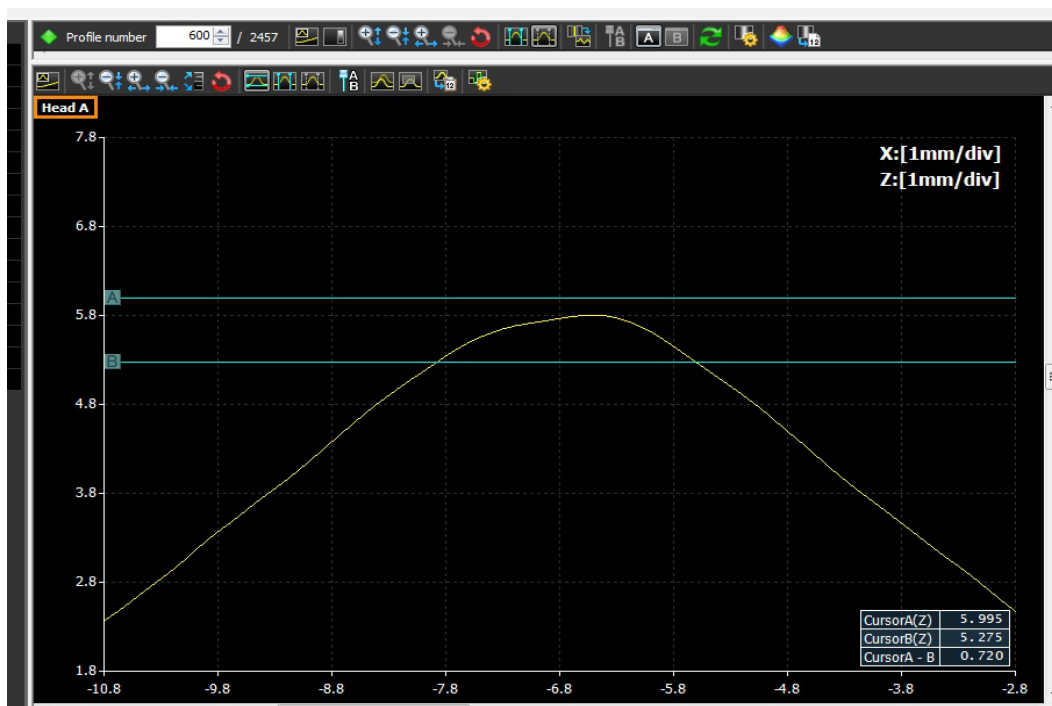
1. ábra A kőlapok rögzítése (*The holding of the milled stone plate*)

A vizsgálat során a kőlapokat a megmunkáló központ munkaasztalán rögzítettük (1. ábra), majd a gépen állandó előtolást programozva végeztük el a mozgatót, így elkerülve a lézerszkennerek mozgatót és csökkentve a rezgésekből származtatható hibákat. A kőlap sebessége a vizsgálat során 30 mm/perc volt, ennek állítottuk be a szkennerek mintavételezési frekvenciáját 20 Hz-re (2. ábra). Így 0,1 mm-enként vettük fel a profilokat a kőelekről, tehát a pontos profiltávolságokból a kiértékelés során megkaphatjuk a kitöredezések hosszát. A Keyence profilszkennerek beállítása között szerepel továbbá a felület csillogására valóérzékenység állítása, mely a kőelek digitalizálása során problémát jelenthet, így olyan beállítást választottunk, amely a heterogén szerkezetből és az eltérő ásványokból adódó változó fénytörési tulajdonságokra kevésbé érzékeny. A digitalizálás időtartama ezzel a módszerrel nem haladta meg a 2 percet élenként.



2. ábra A digitalizálás beállításai (*The settings of the digitalising process*)

A digitalizált profilokat ezután a kiértékelő szoftver segítségével tudtuk kezelni. A program lehetőséget ad arra, hogy a digitalizált profilokon távolságméréseket végezzünk (3. ábra), így a kitöredezések méretei meghatározhatók. Az értékelés során először a kitöredezés hosszát határoztuk meg úgy, hogy a kitöredezés kezdetén található profil és a kitöredezés végét jelentő profil közötti metszetek számát szoroztuk meg az egyes profilok távolságával. Ezután az adott kitöredezés mindkét oldalának legmélyebb méretét kerestük meg az egyes profilokról készült felvételek áttekintésével. A referenciának közelítőleg az eredeti kőel helyzetét választottuk meg.



3. ábra A kitöredezés jellemzőinek mérése a digitalizált profilon (*Measurement of the parameters of the edge-chipping on the digitalised profile*)

A felsorolt lépéseket minden kitöredezéssel elvégezve megkapható az adott kőelen elhelyezkedő kitöredezések száma, az egyes kitöredezések térfogata, azok átlaga, illetve a kitöredezések térfogatának összege, melyek a mérőszám meghatározásához szükséges mutatók. Az adatok gyűjtésére Microsoft Excel szoftvert használtunk és egy gyors kalkulációra alkalmas táblázatot állítottunk össze

(4. ábra). A regisztrált adatokból ezután meghatároztuk a minősítő mérőszámot, ami alapján elvégeztük az élek (mind a be- és kilépő élek) összehasonlítását.

568-ig	Kitöredezés			Baloldali mélység			Tényleges hossz (bal)	Jobboldali mélység			Tényleges hossz (jobb)	Elméleti térfogat
	Eleje	Vége	hossza	helye	X	Z		helye	X	Z		
1. mintafelület												
1	138	150	1,2	141	0,5	0,351	0,610901792	146	0,35	0,396	0,528503548	0,101379222
2	186	196	1	192	0,3	0,308	0,429958137	190	0,75	0,426	0,862540434	0,097040726
3	196	231	3,5	224	0,35	0,426	0,551340185	204	0,6	0,513	0,78941054	0,398601579
4	251	277	2,6	271	0,55	0,588	0,805136013	270	0,55	0,529	0,763112705	0,418003277
5	278	310	3,2	305	0,6	0,661	0,892704318	290	0,7	0,75	1,025914226	0,766861736
6	334	350	1,6	343	0,65	0,513	0,828051327	342	0,6	0,455	0,753010624	0,261051832
7	377	389	1,2	380	0,35	0,294	0,457095176	383	0,7	0,529	0,877405835	0,125932204
8	424	464	4	432	0,75	0,763	1,069892051	440	0,75	0,617	0,97117918	1,087546206
9			0				0				0	0
10			0				0				0	0
11			0				0				0	0
12			0				0				0	0
Térfogatátlag												0,271368065

4. ábra Az adatok regisztrálásához használt táblázat (*The used sheet for the registration of the measured data*)

2.3 A vizsgált kövek

Ahogy a korábbi kutatásokban, az élek vizsgálata során is több, különböző átlagos szemcsemérettel rendelkező közzel végeztük a kísérleteket. A szemcseméret ugyanis alapvetően befolyásolja a kitöredezések várható mértékét. A heterogén szerkezetű kövek esetén a változatos közetalkotók eltérő fizikai tulajdonságai mellett azok mérete és méreteloszlása határozza meg az elérhető felületi- és élmínőséget. Tehát mindenképpen olyan paraméternek tekintendő, amellyel a kutatás során számolnunk kellett. Ezen kívül a három, különböző átlagos szemcseméretekkkel rendelkező közet vizsgálatával általánosítani lehet a kutatási eredményeket az apró-, a közepes, illetve a durvaszemű kereskedelmi kőanyagok esetére egyaránt. Így esett a választásunk a közepes szemcseméretekkkel rendelkező Rosa Beta kereskedelmi megnevezésű gránitra, a Giallo Farfalla elnevezésű nagy szemcseméretekkkel rendelkező gránitra, illetve az aprószemű és általánosan kvarcot nem tartalmazó gabbróra.

A szövetszerkezet befolyásolja a kövek viselkedését a megmunkálás során, ezért a kísérletek előkészítésének részeként alapos közettani vizsgálatnak vetettük alá a választott köveket. A gránitok jellemző közetalkotója, az egyik legkeményebb ásvány, a kvarc (Mohs keménysége: 7), ami az általunk választott közetekben a Rosa Betában és a Giallo Farfallában általában csomókba rendeződve helyezkedik el. Ezek a kvarccsomók a megmunkálás során a szerszám számára a legnagyobb igénybevételt jelentik, a be- és kilépő éleken pedig a kitépődésük jellemzően nagy kitöredezéseket eredményez. A kvarc rosszul hasadó ásvány, valamint a törése sem tökéletes, ezért a megmunkálás során létrejövő kitöredezések jelentős részét a kvarccsomók „roncsolása” okozza. A gránitok további fő közetalkotói a földpátok, jellemzően a káliföldpát és a plagioklász, melyek a közet színét adják. Ezek az ásványok táblás elrendeződésűek és jó hasadók, ezért a kitöredezésekért kevésbé tehetők felelőssé, mint a kvarc. A keménységük is elmarad a legkeményebb közetalkotóéétól, tehát kevesebb szemcsekitépődés, szemcsekipergés tulajdonítható ezeknek az ásványoknak. A gránitokban hintetten elhelyezkedő sötét közetalkotók keménysége alacsonyabb a felsorolt fő közetalkotókénál és ezek mérete is jelentősen kisebb, mint a korábban felsoroltaké, valamint jól hasadó ásvány mind a biotit, mind az amfibol. Hasadás szempontjából fontos az ásvány elhelyezkedése a szövetszerkezetben, így általánosságban elmondható, hogy a jól hasadó ásványok törése is okozhat jelentős kitöredezéseket is, amennyiben nem a hasadási irányban indul meg a törése.

A gránitoktól részben eltérő gabbró a kutatásaink szempontjából az apró szemcseméretű kövek képviselője. Fontos azonban figyelembe venni, hogy szövetszerkezete nem csak a szemcseméretben tér el a gránitoktól. Ugyanis a gabbró nem tartalmaz kvarcot, tehát a kvarccsomók kitépődéséből és töréséből származó kitöredezési jelenségek nem figyelhetők meg ennél a kőnél. Fő közetalkotói a piroxén és az olivin, utóbbi a mállási hajlama miatt gyengíti a szövetszerkezetet. Az apró kristályos plagioklászok jelentik a legkeményebb ásványokat ebben a közetben. A gabbró viselkedését tehát a

szemcseméret tekintetében összevethetjük a két választott gránitéval, de szem előtt kell tartanunk a megmunkálás közbeni eltérő viselkedés másik fő okát is, az eltérő alkotókból összeálló szemcseszerkezetet.

3. AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

3.1 Az előzetes várakozások

A kutatás előkészítése során a témával kapcsolatos szakirodalmak, valamint a korábbi kutatások tapasztalatai alapján arra számítottunk, hogy a kövek éleinek kitöredezési mértéke hasonlóan alakul, mint a fémek esetében. Korábbi kutatások során bebizonyosodott, hogy a felületi érdesség vágósebességtől való függése a kövek és a fémek esetében arányba állítható, ezért feltételeztük, hogy az élkitöredezések esetében is hasonló eredményeket és görbéket fogunk kapni. Szintén a fémek viselkedésével vontunk párhuzamot azzal a feltételezésünkkel, hogy a kilépő él kitöredezési mértéke meghaladja a belépő élét, nem csak a kitöredezések számában mind inkább azok méretében, vagyis átlagos térfogatában. A megmunkálási paraméterek változtatásának hatásaként arra számítottunk, hogy a be- illetve kilépő él kitöredezési mértéke arányosságban állnak egymással annak ellenére, hogy a kövek nagymértékű heterogenitása miatt a kitöredezések eloszlása nem egyenletes.

3.2 Az eredmények bemutatása

A mintafelületek értékelésének első lépéseként a szükséges adatokat, a kitöredezések méreteit gyűjtöttük össze a szkennelt profilokról. Táblázatokat készítettünk, melyben az így kapott kitöredezési méreteket kezelhettük és meghatároztuk a kitöredezések átlagos térfogatát egy adott mintafelületen (egy mintafelület egy adott kő, adott fordulatszámmal történő megmunkálását jelenti), valamint a mintafelületen kapott kitöredezések térfogatának összegét. Ezek ismeretében az (1)-es összefüggést alkalmazva, ahol L a mintafelület hossza (a kutatás során ez egységesen 45 mm), megkaptuk az átlagos kitöredezési mérték számértékét (Gyurika (2013) nyomán).

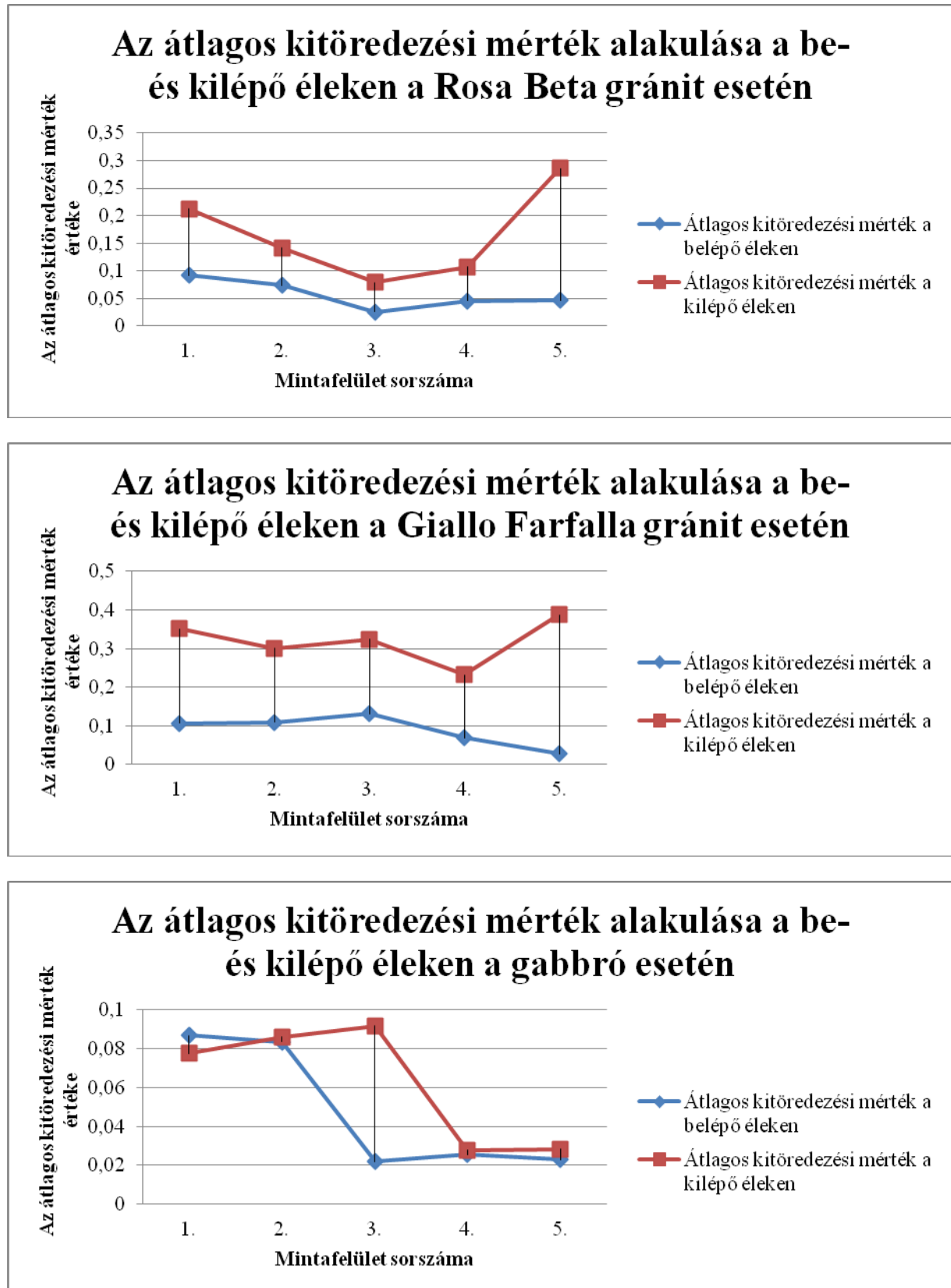
$$M_{\text{átl}} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n V_i}{V_0} \right) = 4 \cdot \left(\frac{\sum_{i=1}^n V_i}{\pi \cdot L} \right) \quad (1)$$

A kiértékelendő mintafelületeket a felsorolt mérőszámok segítségével hasonlíthatjuk össze. Ezeket az eredményeket az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat Az egyes mintafelületek kitöredezési jellemzői (*The edge-chipping parameters of the machined surfaces*)

	Belépő élék					Kilépő élék				
1. kő, Rosa Beta										
mintafelület száma:	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
Kitöredezések térfogatátlaga:	0,27137	0,19909	0,07535	0,13521	0,13735	0,62575	0,55763	0,28052	0,38006	0,84187
Kitöredezések térfogatának összege:	3,25642	2,58815	0,90414	1,62257	1,6482	7,50895	5,01863	2,80515	3,80059	10,1024
Átlagos kitöredezési mérték:	0,09214	0,07323	0,02558	0,04591	0,04663	0,21246	0,142	0,07937	0,10753	0,28584
2. kő, Giallo Farfalla										
mintafelület száma:	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
Kitöredezések térfogatátlaga:	0,31317	0,31946	0,38663	0,20378	0,08036	1,13042	0,9666	0,95333	0,81974	0,54352
Kitöredezések térfogatának összege:	3,75813	3,8336	4,6396	2,44532	0,96434	12,4338	10,6326	11,44	8,19741	13,7196
Átlagos kitöredezési mérték:	0,10633	0,10847	0,13127	0,06919	0,02729	0,3518	0,30084	0,32369	0,23194	0,38818
3. kő, Gabbró										
mintafelület száma:	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
Kitöredezések térfogatátlaga:	0,30728	0,32804	0,11012	0,09974	0,1011	0,34315	0,33838	0,32483	0,14037	0,12526
Kitöredezések térfogatának összege:	3,07281	2,9524	0,77085	0,89763	0,8086	2,74526	3,04544	3,24829	0,98256	1,00211
Átlagos kitöredezési mérték:	0,08694	0,08354	0,02181	0,0254	0,02288	0,07767	0,08617	0,09191	0,0278	0,02835

Az értékeket, a könnyebb összehasonlíthatóság érdekében az 5. ábra diagramjai szemléltetik.



5. ábra Az átlagos kitöredezési mérték alakulása (*The trend of the average edge chipping rate*)

Ahogy a diagramokon látható a közepes szemcseméretű Rosa Beta, valamint a nagy szemcseméretű Giallo Farfalla esetén a belépő élek átlagos kitöredezési mértéke

alacsonyabb tartományba esik, mint a kilépő élekre meghatározott mérőszám értékek. Ez bizonyítja az előzetes feltételezéseinket, így igazolja, hogy a szerszám a kilépési környezetben nagyobb számban okoz szemcseki szakadásokat, szemcsetöréseket, mint belépéskor. Ugyanakkor a gabbró esetén a mutatószám nem alakul ilyen egyértelműen az elméletnek megfelelően. Az apró szemű gabbró esetében a szerszám élröncsoló hatása a belépő éleken nem marad el olyan jelentős mértékben a kilépő élektől, mint a másik két vizsgált kő esetén. Az eltéréseket a heterogén szemcseszerkezet okozza mindhárom kő esetén, a gabbrónál tapasztalható eltérés oka a kőzetalkotók különbsége. A Rosa Beta gránitról készült diagram jól szemlélteti a be- és kilépő éleken tapasztalható kitöredezési mértékek arányosságát. Hasonló jelenség megfigyelhető a Giallo Farfalla gránit esetében, azonban a gabbró tekintetben is eltérést mutat a kvarctartalmú gránitoktól.

3.3 Az eredmények jelentősége

A kapott eredmények igazolták az előzetes feltételezéseinket, de az ismertetett adatok alapján belátható, hogy a kővek heterogén szerkezete az általános tendenciáktól eltérő viselkedést eredményezhet. Erre mutat példát a 2. számú, nagy szemcseméretű Giallo Farfalla gránitnál tapasztalt kitöredezési mérték-diagram. Ugyanakkor az aprószemcsés gabbró esetében, valamint a középszemű gránit vizsgálata során is tapasztaltunk szabálytalanságokat, melyek mind a heterogenitással magyarázhatóak. Azonban általánosságban elmondható, hogy a be- és kilépő élek kitöredezési mértéke között arányosság tapasztalható, miközben a belépő élek kitöredezési mutatószáma elmarad a kilépő élektől. Alátámasztva az általános ipari elméletet, mely szerint a szerszám a kilépő környezetben jobban roncsolja az éleket, mint a belépéskor, ami az energetikai viszonyok alakulásával magyarázható.

4. A VIZSGÁLAT SORÁN FELLÉPŐ HIBÁK

A vizsgálatok kivitelezése során törekedtünk arra, hogy az iparban is alkalmazható mérési módszer kidolgozásán túl annak lehetséges hibáit és korlátait is feltárjuk. A hibákat három nagyobb csoportba soroltuk:

1. Gépi pontatlanságok: Azok a hibátényezők, melyek a jól megválasztott beállítások ellenére is felléphetnek a mérési rendszer működése során. Ilyen hibának számít a szkennel által rögzített, optikai jelenségek miatt hibás profil vagy profilrészlet, valamint ide sorolható rendszeres hibát jelent az összes, a rendszerben alkalmazott eszköz hibája.

2. Ember által okozott hibák: Ezek azok a hibaparaméterek, amelyeket a kutatásban részt vevő személyek okozhatnak. Ilyen hibának számít a kiértékelés során rosszul felvett adat, illetve azok a beállítások, amelyekre nincsen standard előírás, tehát a mérőszemélyre van bízva annak kiválasztása.

3. Egyéb külső (környezeti) hatások: Mint minden mérést vagy vizsgálatot, az általunk elvégzett kutatás méréseit is terhelik a környezeti hatásokból eredő hibák. Ezek az emberi és gépi hibáktól függetlenül jelentkeznek, a mérési körülmények gondos megválasztása esetén is. Ilyen a hőmérséklet vagy a páratartalom hatása a kőlapokra, valamint a külső fényforrások megválasztása. Ezeket a hibákat a környezeti körülmények stabilizálásával akár teljes mértékig ki lehet iktatni.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A vizsgálatokkal igazoltuk, hogy a márt gránitfelületek be- és kilépő élein tapasztalható kitöredezési mérték határozottan arányosságban áll egymással, ez a jelenség pedig mindhárom eltérő átlagos szemcseméretekkal rendelkező kő esetében fennáll. Az arányosság a kő lokális és az adott mintafelületen hasonló szerkezeti tulajdonságainak következményeként értelmezhető. Az ettől való eltérések a heterogén szemcseszerkezettel magyarázhatóak, valamint a jellemző kőzetalkotók közötti eltérésekkel. A kutatás igazolta továbbá azt az előzetes feltevésünket, miszerint a belépő élek kitöredezési mértéke elmarad a kilépő élektől. Ez a szabályszerűség szintén független az általános szemcsemérettől a tapasztalataink szerint, de az eltérés mértékét befolyásolhatja a szemcseszerkezet, mind a nagy átlagos szemcseméretű gránit, mind az aprószemű gabbró esetén tapasztalható eltérések. A kitöredezések méretét és így az adott élen kapott kitöredezési mértéket befolyásolja a szerszám által kiforgatott szemcsék mennyisége is, ezáltal a belépő éleken is előfordulhatnak a kilépő éleken tapasztalt kitöredezésekhez hasonló méretű szemcseki fordulások, szemcseki tépődések.

A vizsgálattal tehát a kiépített rendszer működésének bemutatásán keresztül a kövek megmunkálás során keletkező élkitöredezéseit is vizsgáltuk a változtatott paraméterek függvényében. Elsősorban a be- és a kilépő élek közötti arányossági kapcsolat feltárását végeztük el, amellelt, hogy előre vetítettük egy hosszabb kutatás keretében vizsgálandó paraméter, a szemcseméret hatásait.

6. TOVÁBBI KUTATÁSI LEHETŐSÉGEK

A kötermékek felületi minőségének vizsgálatában eddig elért eredmények, illetve a jelenleg is folyó élkitöredezés-vizsgálat a szabványosított minősítő eljárás kidolgozásához vezethetnek. A későbbiekben a szerzők további paraméterek hatásának vizsgálatával, kísérletbe való bevonásával általánosan alkalmazható mérési rendszer kidolgozását tűzték ki célul valamint a megmunkálási paraméterek optimalizálási lehetőségeinek vizsgálatát. Így ezen kutatási fázis egy későbbiekben kidolgozandó komplex kísérletsorozatnak az alap kutatása, amely sorozat célja meghatározni, hogy a szerszám milyen kilépő szögben távozzon a megmunkálás tartományából ahhoz, hogy a lehető legkisebb legyen a kitöredezés átlagos mértéke.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- Bao, R. H.; Zhang, L. C.; Yao, Q. Y. Lunn J. 2011: Estimating the Peak Indentation Force of the Edge Chipping of Rocks Using Single Point-Attack Pick. *Rock Mech Rock Eng* **44**:339–347.
- Fogarassy M., Kun Zs. 2012: A vágósebesség felületi érdességre és csúszásbiztonságra gyakorolt hatásainak vizsgálata kövek marásánál. *BME TDK Konferencia, Gépgyártástechnológia szekció, 2012*.
- Gyurika I. G. 2013. Experimental protocols to define quality metrics for milled edges in granite. IN-TECH2013 konferencia, 57-60.
- Gyurika I. G., Dr. Gálos M. 2013: The creation of new research system for the investigation of surface quality by stones. *Int. Review of Applied Sciences and Engineering*, Akadémiai Kiadó, **4**(1): 43-48
- Kun Zs., Gyurika I. G. 2013: Possible examinations of stone machining focused on the relationship between technological parameters and surface quality. *International Review of Applied Sciences and Engineering*, Akadémiai Kiadó, **4**(1): 63-68.