

# Gondolatok Evans közethasítási modelljéről

## Thoughts on Evans' model of rock fission

OMASZTA ISTVÁN

okleveles bányagépész- és villamosmérnök,

okleveles mérnök-közgazdász

E-mail: omaszta1957@gmail.com



A kőzetek ékkel való hasításának egy félempirikus módszerét Evans (1965) elméleti munkája tárja fel. A szerző a közethasításakor szükséges erőt azzal a feltételezéssel határozta meg, hogy a törés körív mentén következik be. Evans ezzel az összefüggéssel meghatározta a forgács hasításához szükséges erőt, és definiálta a forgács alakját. Képletet közölt a vágószög és a hasításhoz szükséges erő, valamint az optimális forgácsméretarány között. Az alábbiakban közölt munkámban olyan tisztán elméleti úton levezetett számítást közlök, amelyben a törésgörbe alakjának felvétele kiiktatható. Az eredmények a fajlagos forgácsolóerőt tekintve a teljes vágószög 40 fokos értékéig csak kb. 10%-os eltérést mutatnak. Az optimális forgácsméretarány (hossz/vastagság) – amit a fajlagos vágóerő minimumfeltételének bevezetésével számítottam ki – tekintetében teljes és tökéletes az összhang a két leírási mód között, az értékek tökéletesen egybeesnek. Az így levezetett tisztán elméleti modellt összehasonlítottam dr. Bocsánczy János által alkotott hasítási elmélettel, amely vállaposodott szénforgácsok hajlítással történő leválasztását írja le. A képletek formai hasonlósága ugyan szembeötlő, de a hajlítási elmélet hosszabb optimális forgácsokat ad. Az alábbiakban közölt elméleti megközelítés továbbfejlesztésének lehetséges iránya – a repedés terjedésének folyamatát figyelembe véve és az anyag nem izotróp tulajdonságait modellezve – egy, a jelenséget jobban leíró matematikai számítás megalkotása.

**Kulcsszavak:** hasítási elmélet, vágószög, forgácsolóerő, repedés terjedése

*A semi-empirical method of splitting rocks with a wedge is the theoretical approach of Evans (1965). In this article, the author defined the force required for rock splitting on the arbitrarily introduced assumption that the fracture occurs along a perfect circular arc. The circular arc starts tangentially at the cutting edge and ends at the end of the fault line. With this relation, Evans determined the force required to split the chip and defined the shape of the chip. In the work published below, I present a purely theoretical calculation in which the inclusion of the shape of the refractive curve can be eliminated. The results differ only about 10% in specific cutting force up to 40 degrees of the entire cutting angle. The optimal chip scale (length/thickness), calculated by introducing the minimum specific cutting force condition, is complete and perfectly consistent between the two theoretical approaches, the values coincide. The purely theoretical model derived in this way was compared with the cleavage theory developed by dr. János Bocsánczy, which describes the separation of carbon chips layers by bending. The similarity in form of the formulas is striking, but the bending theory gives longer optimal chips. A possible direction for the further development of the theory, considering the process of crack moving, modelling the non-isotropic properties of the rock, is to construct a mathematical calculation that better describes the phenomenon.*

**Keywords:** splitting theory, cutting edge, cutting force, crack moving

## 1. Bevezetés

A közethasítási modellek tanulmányozásával a fizikai folyamatot jobban érthetjük meg, a folyamatot jellemző mennyiségeket tudjuk elemezni. Ebben az igyekezetben elődeink és kortársaink által elvégzett munkára építünk, eredményeik képezik tudásunk biztos alapját. Ebben a munkában az Evans által megállapított összefüggések vizsgálatával foglalkozom azzal a céllal, hogy e munka eredményeinek méltatása mellett azt kiigazítom, és ahol szükséges, kiegészítem azt. Azért is fontos erre sort keríteni, mert erre a munkára napjainkban is sokan hivatkoznak, tankönyvekben is megtaláljuk az eredményeit. Az Evans-féle félempirikus megközelítés az egyik legfontosabb a közethasítási modellek közül.

Az alábbiakban elvégzett számításokat terjedelmük miatt nem minden részletében mutatom be, de az általam javasolt változtatásokat értelmezem, az ahhoz vezető utat megvilágítom. Az így kidolgozott elmélet alkalmazható minden vágóélel végzett közethasítási folyamat tanulmányozására.

## 2. Evans közethasítási modellje és annak eredményei

Anélkül, hogy részletesen tárgyalnám Evans gondolatmenetét [1], hivatkozom Bocsánczy Jánosnak a gépi művelhetőség vizsgálata tárgyában írt tankönyvére [2], amelyben a teljes fejtegetés megtalálható.

Az eredmények röviden a következők. A súrlódási erő hatását ez egyszer figyelmen kívül hagyom, így könnyebben áttekinthető a számítás. A javasolt új modell így jobban érthető lesz. Evans a vágóerőre (1) és a fajlagos forgácsolási ellenállásra (2) a következő összefüggéseket vezette le:

$$F = \frac{2bt\sigma \sin(\theta)}{1 - \sin(\theta)} \quad (1)$$

és így a fajlagos forgácsolási ellenállás

$$f = \frac{2\sigma \sin(\theta)}{1 - \sin(\theta)}, \quad (2)$$

ahol,  $A = bt$  a forgács vágóerőre merőleges keresztmetszete,  $t$  a fogásmélység,  $b$  a forgácsvastagság, a törés pillanatában fellépő húzófeszültség, azaz a szakítószilárdság és a teljes ékszög fele, a továbbiakban a neve ékszög. Evans félempirikus módszerrel vezette le a vágóerőre vonatkozó (1) összefüggést, feltételezte a körív mentén való törést, amit kísérletekkel igazolt. Éppen ezt fogjuk a következőkben megvizsgálni, hogy szükség volt-e erre a feltételre.

Evans ideális feltételei a következők:

- A közet ideálisan homogén és izotróp.
- Az ék behatolása a forgács méreteihez képest elhanyagolhatóan kicsiny.

- Ideálisan rideg a törés, ha a húzófeszültség a törésfelületen a szakítószilárdságot eléri és a törés bekövetkezik. A törés előtti alakváltozás elhanyagolható.
- Dinamikus erők, hőjelenségek stb. nem lépnek fel, az ékkel közölt mechanikai energia csak és kizárólag a közethasításra fordítódik.
- A törés egy tökéletes körív mentén következik be.

Joggal kérdezhetjük, vajon az Evans által alkalmazott félempirikus módszer ezen eredmények eléréséhez szükséges-e? Vezet-e egy tisztán elméleti út a jelenség matematikai leírásához? A válasz igenlő. A következőkben azt az utat vázolom fel, hogyan lehet ezeket az összefüggéseket tisztán, elméleti úton levezetni anélkül, hogy munkahipotézisként a törésvonalat körívnek feltételeznénk. A következőkben kiderül az az elsőre meglepő tény, hogy a törés elvileg bármely, bizonyos feltételeknek megfelelő görbe mentén megtörténhet, az eredmények lényeges megváltozása nélkül nincs szükség a törésgörbe meghatározására.

## 3. Az új gondolatok kifejtése

Induljunk ki ugyanazon feltételekből, mint Evans, azonban hagyjuk el a körív mentén történő törés hipotézisét! A törésvonal leírásához egy előre nem definiált, szakaszonként differenciálható analitikus görbét tételezünk fel (*I. ábra*), amely az A pontból, az ék behatolásának helyétől a B pontig húzódik. A súrlódási erőt itt elhanyagoljuk, ez a levezetés szempontjából másodrangú. A hasítás mechanizmusa a forgács repesztésével történik úgy, hogy a repedés A pontból B pontba halad, és a forgács a B pont körül (utolsó leválási pont) merev testként elfordul és elválik a végtelen féltértől. Ez feltételezhető, mert B az az utolsó pont, ahol elválik a forgács a végtelen féltértől. Ezzel ugyan elhanyagoljuk az AB görbe mentén való repedésfront-terjedés köztes állapotait, de a modell jó eredményt szolgáltat. A B pontra felírt nyomatékegyenlet ezzel a következő:  $M_1 - M_2 = 0$ ,

ahol

$M_1$  – az  $N$  hasító ékre ható normál erő nyomatéka,

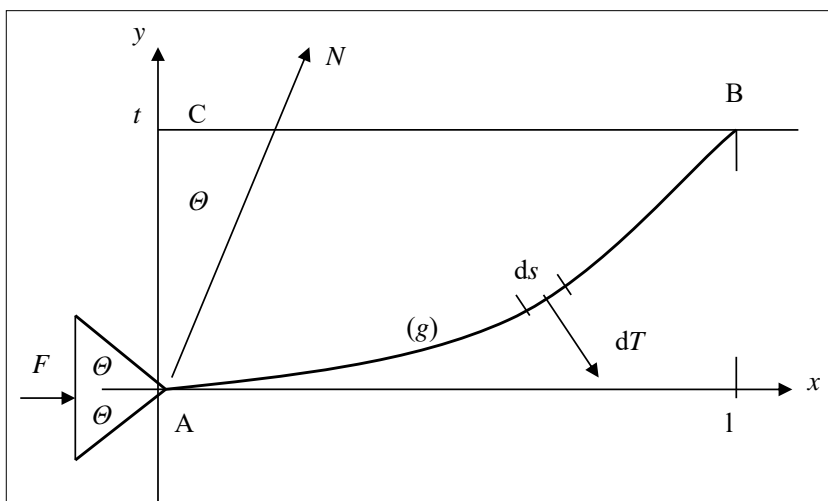
$M_2$  – a  $ds$  ívelemre ható  $dT$  elemi ívelemre ható kohéziós erő nyomatéka, amely a törés pillanatában lép fel. A törést megelőzően nem lép fel alakváltozás.

$M_1$  könnyen nyerhető az  $N$  erő komponenseiből:

$$M_1 = \frac{1}{2} F \left( \frac{l}{\operatorname{tg}(\theta)} - t \right), \quad (3)$$

ahol

$$F = 2N \cdot \sin(\theta).$$



1. ábra.

$M_2$  kiszámítása egy kicsit hosszadalmasabb. A  $ds$  ívelemre ható elemi kohéziós erő nyomatéka az erő felbontásával:

$$dM_2 = (l-x)dT_y + (t-y)dT_x. \quad (4)$$

Vegyük figyelembe a következő összefüggéseket, és helyettesítsük be (4)-be:

$$\begin{aligned} dTx &= dT \cdot \sin(\alpha), \\ dTy &= dT \cdot \cos(\alpha), \\ dy/dx &= \operatorname{tg}(\alpha), \end{aligned} \quad (5)$$

ahol  $\operatorname{tg}(\alpha)$  az irántangens, az ívelem pedig

$$ds = \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx.$$

Az ívelemre  $ds$  ható erő:

$$dT = \sigma b \cdot ds. \quad (6)$$

Ezek után az integrálás tagonként elvégezhető

$$\int_{x=0}^l (l-x)dTy = \int_{x=0}^l (l-x)\sigma b dx = \frac{1}{2}\sigma b l^2, \quad (7)$$

$$\int_{x=0}^l (d-y)dTx = \int_{y=0}^t (t-y)\sigma b dy = \frac{1}{2}\sigma b t^2,$$

Így a (4) és a (7) egyenletet összevetve az alábbi kifejezést kapjuk  $M_2$ -re

$$M_2 = \int_g dM_2 = \frac{1}{2}\sigma b l^2 + \frac{1}{2}\sigma b t^2. \quad (8)$$

Vegyük észre, hogy a (7) összefüggésben az integrandusz kiszámításánál az  $x$  szerinti integrálásról egyszerű átalakítással áttértünk az  $y$  szerinti integrálásra.

A (3) és (8) egyenletet egyenlővé téve, a vágóerőre következő összefüggést nyerjük:

$$F = \sigma b \frac{l^2 + t^2}{[l/\operatorname{tg}(\theta)] - t}, \quad \frac{l}{t} > \operatorname{tg}(\theta). \quad (9)$$

Ez az egyenlet kapcsolatot teremt az anyag töréskor fellépő húzószilárdsága, a forgács méretei, az ék

szöge, és a hasító erő nagysága között. Az összefüggés leírja azt is, milyen ékszög és forgácméret mellett következhet be a törés, azaz a hasítás, és hogy az  $F$  erő értéke mekkora lesz.

Érdekes mindebben az, hogy az integrál kiszámításánál a törésgörbe egyenletére (Evans-féle körív) nem volt szükség, csak arra, hogy ez a görbe egy folytonos, folytonosan differenciálható és emelkedő matematikai görbe legyen. Vajon szükséges-e ez a feltétel? Nézzük meg közelebbről ezt a feltételezést is!

Tételezzük fel, hogy létezik egy ilyen görbe, amelyre a függvény extrémális, és számítsuk ki első variációját! Ez azt jelenti, hogy a törésgörbe kielégíti azt a követelményt, hogy a talált görbe mentén való töréshez a legkisebb erőhatásra van szükség:

$$\delta M_2 \rightarrow \text{extremum}, \quad (10)$$

vagy (10) részletesen felírva:

$$M = \delta b \sigma \int \left[ (l-x) + (t-y) \right] dx, \quad (11)$$

ahol

$$W = (l-x) + (t-y)y' \quad \text{és} \quad y' = (dy/dx).$$

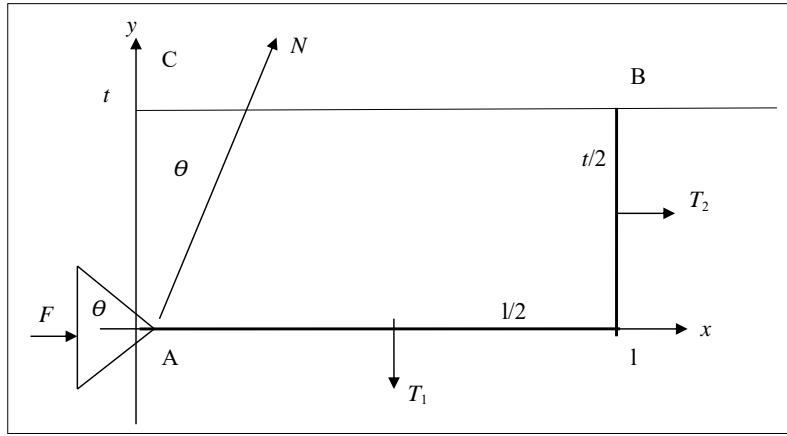
Euler szerint a  $W$  magfüggvényre igaz, hogy

$$-\frac{d}{dx} \left( \frac{\partial W}{\partial y'} \right) + \frac{\partial W}{\partial y} = 0, \quad (12)$$

ahol  $W$  az (11) integrál magfüggvénye. (12) kifejtésével kapható:

$$(dy/dx) - (dy/dx) = 0. \quad (13)$$

A (13) eredményt jogosan úgy értelmezhetjük, hogy bármely  $y(x)$  függvény kielégíti a feltételeket, azaz a számítási modell szerint végül is nem definiálható ilyen kitüntetett függvény, amely kielégíti a (10), (12) egyenletet, hanem minden, a fenti matematikai



2. ábra.

feltételeknek eleget tevő függvény alkalmas hasítási görbének, a (9) eredményre a görbe alakjának megválasztása nincs hatással.

Valóban, példaként tekintsük a 2. ábra szerinti elrendezést! A számítás elemi eszközökkel egyszerűen elvégezhető. Rövid számítás után a (9) szerinti összefüggést kapjuk újra (14)-ben. Tehát a körív mentén való törés hipotézisére egyértelműen nincs szükség. A számítás röviden a következő.

A törésgörbe az A és B pontok között:

$$\begin{aligned} x &= 0, & 0 \leq x \leq l, \\ y(x=l), & & 0 \leq y \leq l, \\ T_1 &= b\sigma l; & T_2 = b\sigma t, \end{aligned} \quad (14)$$

$$\frac{1}{2}F \left( \frac{l}{\operatorname{tg}(\theta)} - t \right) = \frac{1}{2}lT_1 + \frac{1}{2}tT_2 = \frac{1}{2}b\sigma(l^2 + t^2).$$

Ugyanezt az összefüggést kapjuk, ha a törést az A és B pontokra illesztett egyenes mentén tételezzük fel. Ezt nem részletezzük, de könnyen belátható ez az eset is. A törésgörbe tényleges formája egy homogén izotróp, hibahelyeket nem tartalmazó anyagban ezzel az elméleti megközelítéssel nem határozható meg. A törésgörbe alakjának vizsgálatához ennek a fizikai modellnek a lényeges átalakítására van szükség, egy új anyagmodellt kell bevezetni.

A következőkben bebizonyítjuk, hogy a fentiekben a vágóerőre kapott (9) egyenletből megkapható az Evans által levezetett összefüggés. Vegyük a fajlagos forgácsolási erő egyenletét (2) és bizonyítsuk be, hogy (15)-ből az nyerhető! Bevezetjük a forgács méretarányát jellemző számot, az  $l$  hossz és a  $t$  vastagság  $\eta = l/t$  arányát, amellyel

$$f = \sigma \frac{1 + \eta^2}{\left[ \frac{\eta}{\operatorname{tg}(\theta)} \right] - 1}, \quad \eta > \operatorname{tg}(\theta). \quad (15)$$

Most keressük meg a (15) függvény  $\eta$  szerinti minimumát! Ezt megkaphatjuk  $f$ -nek az  $\eta$  szerinti differenciáljából a

$$df/d\eta = 0 \quad (16)$$

feltétellel. Ekkor az alábbi másodfokú egyenletet nyerjük:

$$\eta^2 - 2 \operatorname{tg}(\theta) \eta - 1 = 0; \quad \eta > 0. \quad (17)$$

A fizikailag értelmezhető megoldást a következő egyenletet adja:

$$\eta_{\text{opt}} = \operatorname{tg}(\theta) + [\operatorname{tg}^2(\theta) + 1]^{1/2}. \quad (18)$$

Összehasonlításképpen, Evans félempirikus megközelítése alapján, az optimális forgács-méretarány a körívet befogó  $2\beta$  szög függvényében adódik:

$$\eta = l/t, \quad t/l = \tan \beta \quad (19)$$

felhasználásával. Evans a vágóerőre meghatározta a  $\beta$ -hoz tartozó minimumot:

$$\beta_{\text{opt}} = \pi/4 - \theta/2. \quad (20)$$

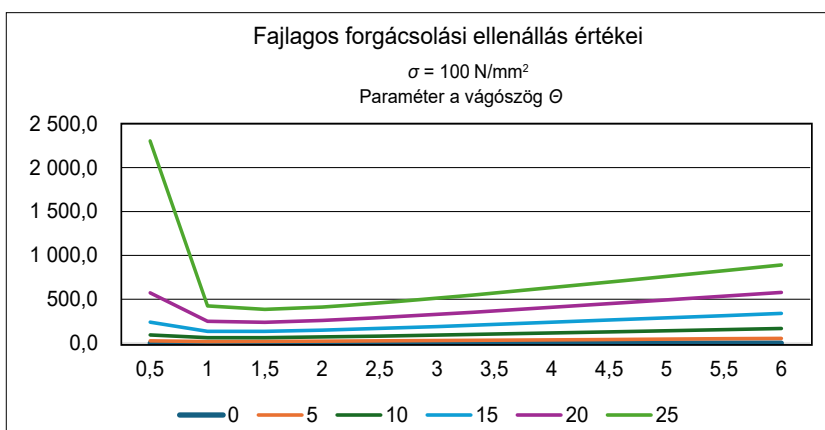
Ezzel, Evans szerint az optimális forgácsméret:

$$\eta_{\text{opt}} = \frac{1 + \operatorname{tg}(\theta/2)}{1 - \operatorname{tg}(\theta/2)}. \quad (21)$$

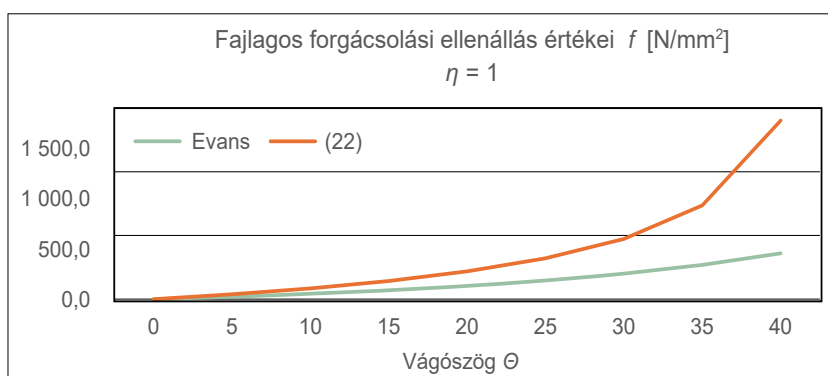
Bizonyítható, hogy a (18) alapján kapott szélsőérték minimum. Amennyiben (18)-at a (15) képletbe behelyettesítjük – különbséggel ugyan – Evans (2) szerinti képletét kapjuk. Az optimális forgácsméret a vágószög függvénye:

$$f = \sigma \frac{2 \operatorname{tg}(\theta)}{1 - \operatorname{tg}(\theta)}, \quad 45^\circ > \operatorname{tg}(\theta). \quad (22)$$

Evans eredménye ezzel szemben a (2) egyenlet. A levezetett (22) eredmény (15)-ből kapható, ha a forgács méretaránya  $\eta = 1$ . A különbség az, hogy Evans modelljében a vágószög szinusza, az itt levezetett összefüggésben pedig a vágószög tangense szerepel. Ez azt jelenti, hogy Evans modellje csak kis vágószögek esetén jó közelítés, amikor a szinusz és a tangens függvények egymáshoz aszimptotikusan közel kerülnek. Az is megnyugtató, hogy ha  $l = t$ , és a vágószög  $45^\circ$ , amikor az  $f$  fajlagos vágóerőre (21)



3. ábra.



4. ábra.

szerint végtelen nagy értéket kapunk. Ez igaz, mert az  $N$  normál erő vektora akkor éppen a B pontra esik, a vágás lehetetlenné válik ezen elméleti összefüggés szerint. Evans képlete szerint ez  $\sin \theta = 1$  mellett áll fenn (22) esetén, ami éppen  $90^\circ$ -ot ad a fél vágószög-re. Ez azt jelentené, hogy a fajlagos vágóerő Evans szerint csak a  $2\theta = 180^\circ$  (végtelen tompa szerszám)

1. táblázat.

Optimális forgácsolás $\eta_{opt}$		
Teta [°]	Evans (21)	(18) szerint
0	1,0	1,0
10	1,2	1,2
20	1,4	1,4
30	1,7	1,7
40	2,1	2,1
50	2,7	2,7
60	3,7	3,7
70	5,7	5,7
80	11,4	11,4
90	végtelen nagy	

extrém esetében adna végtelen értéket. (21) szerint ez már  $\tan \theta = 1$ , azaz  $45^\circ$ -nál bekövetkezik, ami ha  $t = l$ ,  $90^\circ$ -os teljes vágószög esetén történik meg. Az Evans által megfogalmazott leírás egy speciális eset, amelyet a törésgörbe munkahipotézisként körívnek való felvétele eredményez. Az általunk megadott összefüggés azonban általánosan érvényes a közölt feltételekkel. A fenti gondolatmenet eredményeként (20) szerint szoros összefüggés állt elő a fajlagos vágóerő, forgács mérete és az ékszög között, amit a 3. ábra szemléltet.

A két módszer a kis vágószögekre aszimptotikusan azonos eredményt ad. A (21) és (22) összefüggések alapján a következő függvények szemléltetik az eltérést a két modell között. Az új megközelítés  $20^\circ$  vágószöggig csak 10%-kal ad nagyobb értéket,  $25^\circ$ -ra ez már 19%-ra nő. A 4. ábra az eltérést mutatja.

Az optimális forgácsolás esetében is összehasonlíthatjuk a két esetet a (18), és a (21) összefüggések szerint. Az optimális forgácsolás méretei teljesen azonosak a két megközelítés esetében. Ez azt jelenti, hogy az  $f$  fajlagos vágóerő minimuma ugyanazon optimális forgácsolás méretarányánál,  $\eta_{opt} = l/t$  lép fel mindkét modellben. Az optimális forgácsolás méret vonatkozásában az Evans-féle és a (18) új megközelítés ugyanazt az eredményt szolgáltatja (1. táblázat).

#### 4. Energetikai megfontolások

Ugyan Evans modelljében nem ábrázolható az, hogy az anyagban a törést megelőzően deformáció lép fel, a hasításhoz szükséges energia mégis kerülő úton megbecsülhető a fajlagos vágóerő felhasználásával, ahol  $V = A \cdot l$ . Ahol értelemszerűen  $l$  a vágóél által megtett út. A forgács keresztmetszete  $bt$ . A forgács térfogata megközelítőleg  $V = btl$ , így az energiaszükséglet (15) szerint:

$$E = f \cdot V. \quad (23)$$

Részletesen kifejtve:

$$E = \sigma b t^2 \eta \frac{1 + \eta^2}{[\eta / \operatorname{tg}(\theta) - 1]}. \quad (24)$$

Az  $E$  energiaszükséglet egy meghatározott méretarányú forgácsnál négyzetesen függ a  $t$  fogásmélységtől.

#### 5. Bocsánczy elméletének [2] elemzése az új modellel

Bocsánczy János a szenek gyalulásának elméletét kutatta. A modellben a vállaposodás jelenségének megfelelően a forgács hosszanti ( $l$ ) és keresztirányú ( $t$ ) felületeihez különböző húzófeszültség-értékeket ( $\sigma_1, \sigma_2$ ) rendelt. Ekkor (14) átalakítható, ha a (7) összefüggésbe az  $x$  szerinti integrálásnál  $\sigma_1$ , az  $y$  szerinti esetén pedig  $\sigma_2$  mennyiségeket helyettesítjük. A (14) egyenlet ekkor:

$$\frac{1}{2} F \left( \frac{l}{\operatorname{tg}(\theta)} - d \right) = \frac{1}{2} b l^2 \sigma_1 + \frac{1}{2} b d^2 \sigma_2. \quad (25)$$

Az  $F$  vágóerőre adódik:

$$F = b \frac{l^2 + (\sigma_1 / \sigma_2) d^2}{[l / \operatorname{tg}(\theta)] - d}; F = b \sigma_1 d \frac{\eta^2 + (\sigma_1 / \sigma_2)}{[\eta / \operatorname{tg}(\theta)] - 1}. \quad (26)$$

A fajlagos vágóerő értéke:

$$f = \sigma_1 \frac{\eta^2 + (\sigma_1 / \sigma_2)}{[\eta / \operatorname{tg}(\theta)] - 1}. \quad (27)$$

Az optimális forgácsméretre adódik:

$$\eta^2 - 2\eta \cdot \operatorname{tg}(\theta) - (\sigma_1 / \sigma_2) = 0. \quad (28)$$

Érdekes következtetésre jutunk, ha összevetjük az eredményt Bocsánczy megoldásával. Bocsánczy szerint:

$$\eta_{\text{opt}} = \frac{\operatorname{tg}(\theta)}{6} + \sqrt{\frac{\operatorname{tg}(\theta)}{36} + 4 \frac{\sigma_2}{\sigma_1}}.$$

ahol a vállaposodás miatt  $\sigma_2 \ll \sigma_1$ .

A (28) szerint adódik:

$$\eta_{\text{opt}} = \operatorname{tg}(\theta) + \sqrt{\operatorname{tg}^2(\theta) + \frac{\sigma_2}{\sigma_1}}.$$

Láthatóan, ha  $\theta$  egy kis szög, nem a hajlítás érvényesül teljesen – azaz a  $\sigma_2 / \sigma_1$  arány határozza meg

a forgács alakját –, akkor megfigyelhető, hogy a Bocsánczy által számított elméleti érték a duplája annak, amit itt kiszámítottunk. Ennek oka az, hogy Bocsánczy törésmélete a lehasított forgács hajlításakor bekövetkező törést veszi alapul, ami nagyobb ékszögeknél kifejezettebben érvényesül. Ezzel kimondható, hogy a hajlítási elmélet hosszabb optimális forgácsokat ad, mint a (28) összefüggés.

#### 6. Összefoglalás

Megmutattuk, hogy Evans félempirikus úton nyert (1), (2) eredményei igen jó közelítések, de a feladat megoldható tisztán elméleti úton is úgy, hogy az Evans által bevezetett törésgörbe-hipotézisre valójában nincs szükség. A vágóerő értékének kiszámítására a (9) képletet vezettünk le, megállapítottuk az optimális forgács méreteit, ld. (18), és energetikai szempontból is megvizsgáltuk a fajlagos vágóerőképlet tulajdonságait, ld. (24).

Felvetődik a kérdés, miként kell az eredményeket értelmezni, hogy milyen összefüggés van az optimális forgácsméret (18) szerinti értéke és a kísérleti eredmények között. Az elmélet továbbfejlesztése a fizikai valósághoz közelebb álló folyamatmodell kidolgozását jelenti. Melyek lehetnek ezek az törekvések?

1. A dinamikus folyamat leírása: a vágóeszköz (ék) behatolásának jobb leírása, a törés valóságos fázisainak ábrázolása: behatolás az anyag porrá törése az él közelében addig, míg a feszítőerést előidéző hasadás bekövetkezik.
2. A repedés megindulásának törésmechanikai leírása, a valóság hű anyagmodellekre és sztochasztikus leírásmódra alapozott számítási modellek alkalmazása.
3. Végül, a dinamikus modell kiterjesztése a gépi jövesztés teljes leírására, a gép és a jövesztett anyag komplex modelljének megalkotása.

Ezek a vizsgálatok vezethetnek az összes közetmégmunkálási folyamat jobb megértéséhez, az ott alkalmazott forgácsoló szerszámok fejlesztésének elősegítéséhez. Az elméleti vizsgálatok végső célja, a fajlagos energiafelhasználás csökkentése.

#### IRODALOM

- [1] Evans I., Pomeroy C. D. (1966): The Strength, Fracture and Workability of Coal. Pergamon Press.
- [2] Dr. Bocsánczy János (1964): A szénnyalulás folyamata és a gyalukés kialakításának irányelvei. Kandidátusi disszertáció.