

Optimális köszörülési paraméterek meghatározása kivágószerszámok élezésénél

TÉGLÁS ANDRÁS
BHG

A híradástechnikai alkatrészek gyártásánál — ahol a nagy sorozatok, esetenként a több milliós darabszámok a jellemzők — lényeges gazdasági kérdés a gyártóeszközök minősége és élettartama.

Egy kivágó szerszámelem jóságának (élettartamának) tágran értelmezhető feltételei vannak. Általában előírt műszaki követelmény az adott anyagú kivágó szerszám aktív elemeire vonatkozóan a:

- felületi érdesség (R_a), és a
- keménység (HRC).

Ezen felül jellemzik még a felületet, és így a szerszámtartamot:

- a köszörülés során újraedződő és kilágyult réteg tulajdonságai (1. ábra);
- a maradó feszültségek mértéke és eloszlása, főleg a vágóéi környezetében.

Ezeket a rajzon általában nem írják elő.

A maradó feszültség, amely a szerszámmal végzett munka során az üzemi feszültségek hatását tovább fokozza, vagy gyengíti, alapvető hatással van a szer-

szám élettartamára. A köszörülés okozta felületi elváltozások eredménye gyakorlatilag maradó feszültségben összegeződik.

A maradó feszültség az igénybevételtől függően lehet káros, vagy hasznos a szerszámélettartam szempontjából.

A technológiai kísérletek célja, hogy a különböző korongokkal és technológiai paraméterekkel végrehajtott kemény állapotban történő megmunkálás során a kialakuló maradó feszültség hatását megvizsgáljuk a vágóéi (vágócsúcs) környezetében.

A kapott eredményekből következtetéseket vonhatunk le a kivágószerszám maximális élettartamát eredményező köszörülési paraméterekre vonatkozóan.

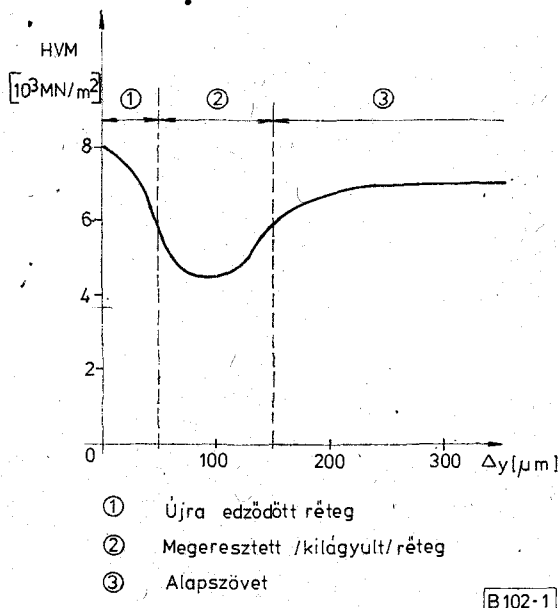
A maradó feszültség mérésének elve

Ha a köszörülés okozta maradó feszültséggel terhelt réteget eltávolítjuk — úgy, hogy közben új maradó feszültség ne, vagy csak elhanyagolható mértékben keletkezzen — a próbatest belső egyensúlyi állapota megbomlik.

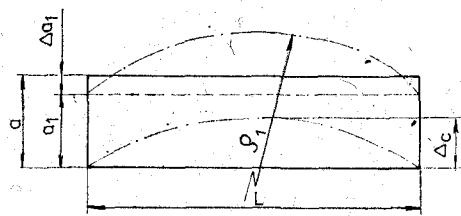
Ennek hatására a darab alakja megváltozik. Az alakváltozás mértékéből lehet — az eltávolított réteg vastagságának ismeretében — meghatározni a maradó feszültség nagyságát.

A maradó feszültségek meghatározásakor feltételezzük, hogy:

- a köszörülés előtt a darabot nem terhelte a hőkezelésből származó — minimális — feszültség kívül más maradó feszültség,
- az elektrokémiai maratás során az eltávolított réteg feszültsége nem változik, ezért átlagfeszültséggel lehet számolni,
- a rugalmassági modulus (E) állandó,
- a próbatest viselkedés a Hooke-törvénnyel leírható,



1. ábra. A felületi réteg keménységeloszlása edzett acél köszörülésénél



2. ábra. Vázlat a maradó feszültség számításához

— az alakváltozás felfogható úgy, mintha M_1 nyomaték terhelné a darabot és ennek hatására deformálna (2. ábra).

- a = lemezvastagság,
- Δa_1 = eltávolított réteg vastagsága,
- γ_1 = görbületi sugár,
- Δe = körszelet (gömb szelet) magassága,
- L = a lemez hossza,
- a_1 = a megmaradt lemez vastagsága.

A Δa_1 réteg egységnyi hosszát terhelő erő:

$$F_1 = a_{1m} \cdot \Delta a_1 \cdot l$$

$a_{1m} = \Delta a_1$ réteget terhelő feszültség átlaga.

A lemezt hajlító F_1 erő karja a lemez vastagságának felével egyenlő.

$$\frac{a - \Delta a_1}{2} + \frac{\Delta a_1}{2} = \frac{a}{2}$$

Ezzel a nyomaték:

$$\Delta M_1 = a_{1m} \cdot \Delta a_1 \cdot l \cdot \frac{a}{2}$$

Tiszta hajlításkor a nyomaték:

$$M = \frac{E \cdot I}{\rho(1 - \mu)}$$

ahol $I = \frac{a^3 \cdot l}{12}$,

μ = Poisson szám,

E = rugalmassági modulus,

$$C = \frac{L^2}{8\rho}$$

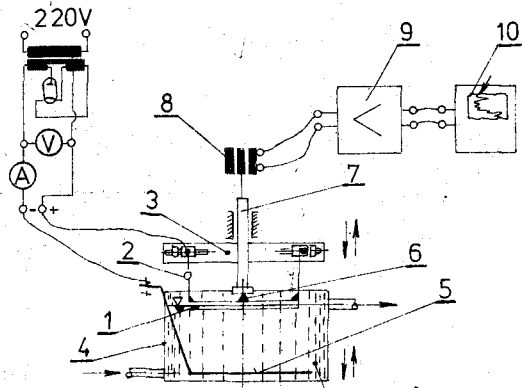
Ezekkel felírható:

$$M_1 = \frac{E \cdot a_1^3 \cdot l}{12(1 - \mu)} \cdot \frac{8 \cdot C}{L^2}$$

Így a maradó feszültségre érvényes összefüggés:

$$\rho_{1m} = \frac{2 \cdot E \cdot a_1^3 \cdot 8 \cdot \Delta C}{\Delta a_1 \cdot a \cdot 12(1 - \mu)L^2}$$

A számításokat előre meghatározott rétegenként a ΔC automatikus mérésével számítógép végezte el az NME Gépgyártástechnológiai Tanszéken.



B102-3

3. ábra. A mérőberendezés vázlata

- 1 — Próbatétel;
- 2 — Réz tartó;
- 3 — Próbadarab tartó;
- 4 — Üvededény;
- 5 — Katód;
- 6 — Acélgolyó;
- 7 — Mérő tapintó;
- 8 — Induktív jeladó;
- 9 — Erősítő;
- 10 — Regisztráló műszer;
- 11 — Speciális maratószer.

A méréseket Ferro-Titanit-C-Special anyagból készített próbatesteken végeztük el, mert az ebből készült szerszámelemek köszörülése okozta a legtöbb gondot (3. ábra).

A kísérletet ötféle korongminőséggel, korongminőségenként változó paraméterekkel hajtottuk végre.

A különböző minőségű korongokkal, illetve külön-

Korong: Dorfner DGS 5A 100 k10 /korund/

$V_k = 20$ m/sec

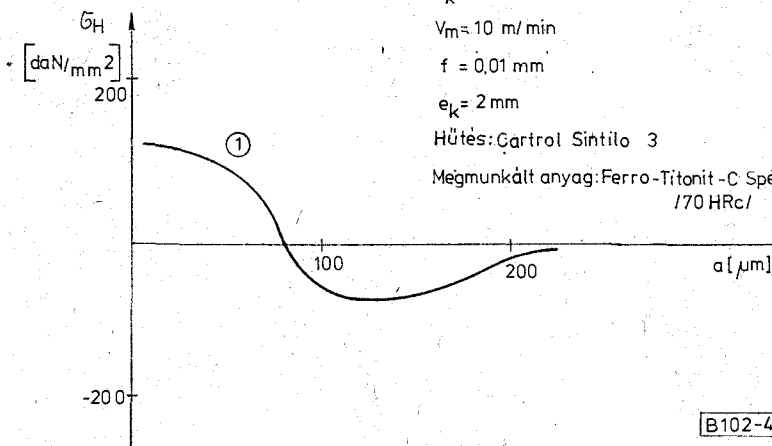
$V_m = 10$ m/min

$f = 0,01$ mm

$e_k = 2$ mm

Hűtés: Cartrol Sintilo 3

Mégmunkált anyag: Ferro-Titanit-C Special
170 HRC/



B102-4

4. ábra. Maradó feszültségeloszlás korund köszörűkorong alkalmazása esetén

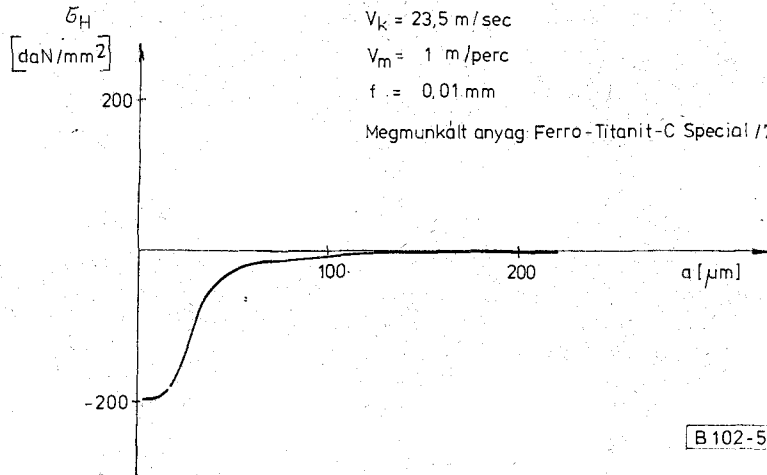
Korong: ASZO 125/100 100% B8 /Fémbevonatos,
műanyagkötésű gyémánt korong/

$V_k = 23,5 \text{ m/sec}$

$V_m = 1 \text{ m/perc}$

$f = 0,01 \text{ mm}$

Megmunkált anyag: Ferro-Titanit-C Special /70HRC/



5. ábra. Maradó feszültségeloszlás bevonatos gyémántkorong alkalmazása esetén

bőző technológiai paraméterekkel végrehajtott köszörülés utáni maradó feszültségi állapotot így egzakt mérésel meg lehetett határozni. Ez egyértelmű tájékoztatást adott az alkalmazandó optimális minőséget (éltartamot) adó köszörűkorong fajtára és a beállítandó technológiai értékekre, és egyértelműen bizonyította be, hogy a jól meghatározott köszörülési technológia nagyban elősegíti — az egyébként rendkívül nehezen köszörülhető, edzhető, — keményanyagok szakszerű, maximális eredményt adó finom megmunkálását (4., 5. ábra).

A mérések kiértékelése

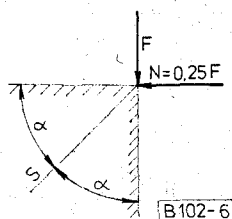
A vágólap (bélyeg) élet kivágáskor kétféle erő terheli.

F az egységnyi hosszra terhelő kivágóerő,

N a vágólapba bekényszerített anyag szétfeszítő ereje ($N = 0,25 F$) (6. ábra).

A tárgyalásnál a súrlódóerőt nem vettük figyelembe, annak ellenére, hogy hatása lényeges. Egyszerűsítő feltételként vettük, hogy F -t és N -t koncentrált erőként kezeljük, holott ezek közel parabolikusan megoszló terhelések.

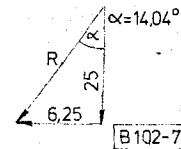
Nem vettük figyelembe azt sem, hogy a kivágáskor a sarok fokozatosan leomlik és így a peremfeltételek változnak, az erő nem a csúcson hat. Elhanyagoltuk a vágórés és a rugalmassági modulus szerepét a feszültségek kialakulásánál. Ezek szigorító feltételek, növelik a számított feszültséget.



6. ábra. Számítási vázlat

A vizsgálat menetét esetenként a következő:

Meghatározzuk az N és F erő eredőjét (7. ábra), valamint az eredő erő vetületét az s szögfelezőre (8. ábra), és erre merőleges komponensét. Egységnyi terhelő erő 1 mm^2 vágásakor egy vizsgált kivágószerszám esetén: 25 daN

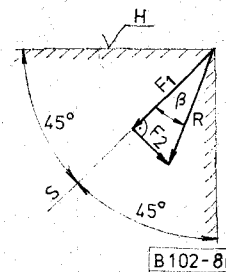


7. ábra. Számítási vázlat

$F = 25 \text{ daN}$ és $N = 6,25 \text{ daN}$
Az eredő erő $R = 25,77 \text{ daN}$
és $\alpha = 14,04^\circ$

$\beta = 45^\circ - 14,04^\circ = 30,96^\circ$
 $F_1 = \cos \beta \cdot R = 22,1 \text{ daN}$
 $F_2 = \sin \beta \cdot R = 13,26 \text{ daN}$

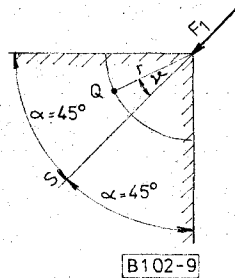
Az F_1 és F_2 erők okozta feszültségeket külön számolva a szuperpozíció elvén határozzuk meg a H felületen ébredő feszültségeket. H felületen a vágólap síkját értjük.



8. ábra. Számítási vázlat

F_1 okozta feszültség (9. ábra):

$$\sigma_{H_1} = \frac{-(F_1 \cdot \cos v)}{r \cdot \left(\alpha + \frac{1}{2} \sin 2\alpha \right)}$$



9. ábra. Számítási vázlat

$$v = 45^\circ$$

$$2\alpha = 90^\circ$$

$$\alpha = 45^\circ = \frac{\pi}{4}$$

Az r változhat 0-tól 0,5-ig (becsléssel) kivágás esetén. Az r minimális méretét célszerűen az anyag szemcsemérete szabja meg, mert a szemcsehatáron törnek le a vágóéi.

F_2 okozta húzó feszültség (10. ábra):

$$\sigma_{H_2} = \frac{F_2 \cdot y \cdot x \cdot \sin^4 v}{x^3 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{1}{2} \sin 2\alpha \right)}$$

1. táblázat. A vágólap (bélyeg) sarkán ébredő üzemi feszültség számításának programja.

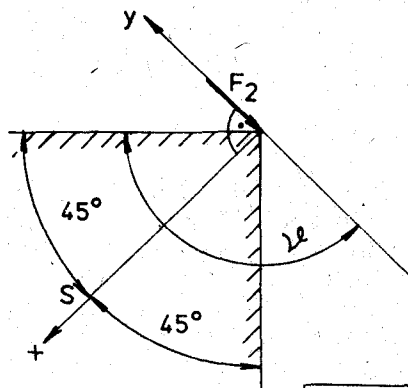
```

10 PRINT "FESZULTSEG A VAGOLAP SARKAN"
12 PRINT
17 PRINT TAB60 "SZIGMA E"
18 PRINT
19 PRINT
20 F1 = 22.1
30 F2 = 13.26
40 M1 = PI/4
50 A = PI/4
60 M2 = 3 * PI/4
70 FOR R = 0.05 TO 0.5 STEP 0.05
80 X = Y = R / (2 + 0.5)
90 S1 = -1 * (F1 * COSM1) / (R * (A + 0.5 * (SIN(2 * A))))
100 S2 = (F2 * Y * X * (SINM2) ^ 4) / ((X ^ 3) * ((PI/4) - 0.5 * SIN(2 * A)))
110 T2 = (F2 * Y ^ 2 * (SINM2) ^ 4) / (X ^ 3 * (PI/4 - 0.5 * SIN(2 * A)))
120 E = ((S1 + S2) ^ 2 + 3 * (T2 ^ 2)) ^ 0.5
130 PRINT TAB8 " * " S1 " * " S2 " * " T2 " * " E " * "
140 NEXT R
150 END

```

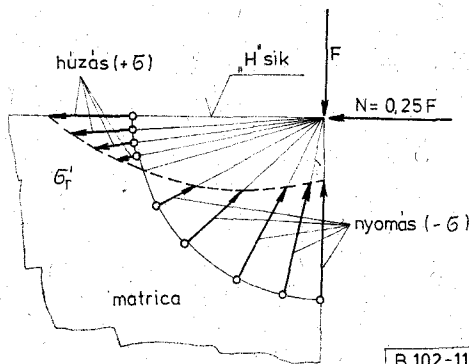
FESZULTSEG A VAGOLAP SARKAN

	SZIGMA E			
*	* -243.1473812	* 328.5317539	* 328.5317539	* 575.4040589
*	* -121.5736906	* 164.2658770	* 164.2658770	* 287.7020295
*	* -81.04912708	* 109.5105846	* 109.5105846	* 191.8013530
*	* -60.78684531	* 82.13293848	* 82.13293848	* 143.8510147
*	* -48.62947625	* 65.70635078	* 65.70635078	* 115.0808118
*	* -40.52456354	* 54.75529232	* 54.75529232	* 95.90067649
*	* -34.73534018	* 46.9331077	* 46.9331077	* 82.20057985
*	* -30.39342266	* 41.06646924	* 41.06646924	* 71.92550737
*	* -27.01637569	* 36.50352821	* 36.50352821	* 63.93378433
*	* -24.31473812	* 32.85317539	* 32.85317539	* 57.54040590



B102-10

10. ábra. Számítási vázlat



B 102-11

11. ábra. Üzemi feszültségeloszlás a vágóéi környezetében

A csúcspanél ébredő csúsztató feszültség:

$$\tau_H = \frac{F_2 \cdot y^2 \cdot \sin^4 \alpha}{x^3 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{1}{2} \sin 2\alpha \right)}$$

$$\sigma_H = H_1 + H_2$$

$$aE = \sqrt{a_H^2 + 3 \cdot \tau_H^2}$$

A számításokat célszerűen a BHG—MHE Szerszám Fejlesztési Laboratórium HP 9830 A típusú számítógépén végeztük el a fenti program szerint (1. táblázat).

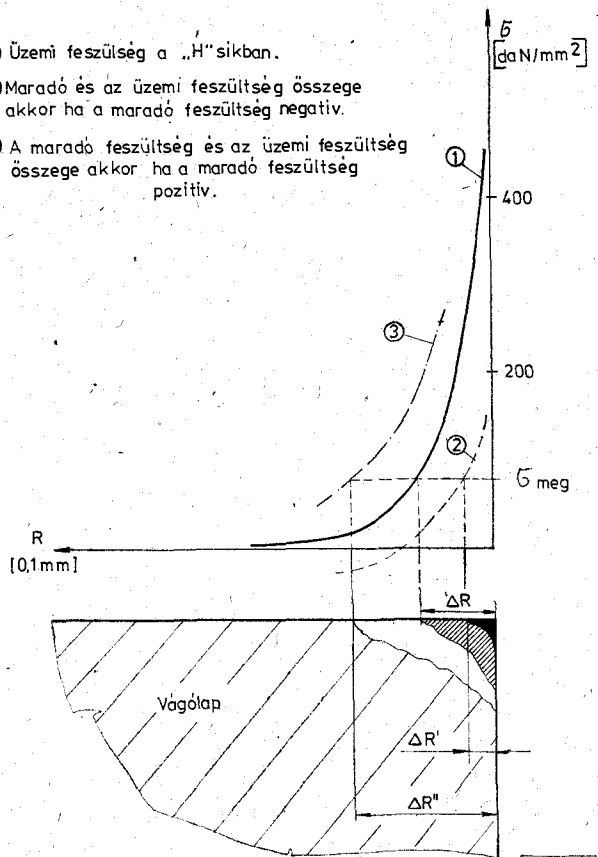
Ha $\sigma_E > \sigma_{meg}$, akkor a szerszám éle kivágáskor leomlik, mert a sarkot a megengedettnél nagyobb húzófeszültség terheli.

Az, hogy a ΔR mekkora — a vágólap sarkának le-töredezése milyen széles — a szerszám felületének feszültségi állapotától, így a maradó feszültségtől is függ.

Vizsgálatainkkal bebizonyítottuk, hogy a kivágó szerszámok H síkjában húzófeszültség ébred üzemi körülmények között (11. ábra). Ha ez jelentős maradó

húzófeszültségre szuperporálódik, akkor a szerszáméltartam jelentősen csökken. Ha a maradó feszültség negatív (nyomó), akkor ez az üzemi húzó feszültséget csökkenti és így a szerszáméltartamot növeli. A túlterhelt $\Delta R'$ sáv ΔR -nél lényegesen kisebb. A maradó feszültségeloszlások jellegéből úgy tűnik, hogy a műanyagba ágyazott bevonatos gyémánt korongokkal történő megmunkálás adja a legkedvezőbb maradó feszültségeloszlást. A kemény megmunkáláskor arra kell törekedni, hogy olyan korongtípust használjunk kivágó szerszámok aktív elemeinek gyártásakor, amelyek maradó nyomó feszültséget eredményeznek a felületi rétegben.

- ① Üzemi feszültség a „H” síkban.
- ② Maradó és az üzemi feszültség összege akkor ha a maradó feszültség negatív.
- ③ A maradó feszültség és az üzemi feszültség összege akkor ha a maradó feszültség pozitív.



B102-12

12. ábra. A maradó feszültség hatása

Az elemzések során csak a mechanikai modellel kialakuló feszültségeket vettük figyelembe, a kifáradási jelenségek és kopási tulajdonságok részletes elemzése nélkül. A vágólap élén kialakuló üzemi feszültségek vizsgálata — feltételezésünk szerint — jobban elvégezhető lenne optikai feszültségvizsgálattal, vagy a véges elemek módszerével. Ez további elmélyült munkát igényel, ami jelenleg meghaladja műszaki lehetőségeinket, de véleményünk szerint egy munkahelyi vizsgálat terjedelmét is.