

Vékonyréteg ellenálláshálózatok készítése elektroeróziós mikrogravírozással

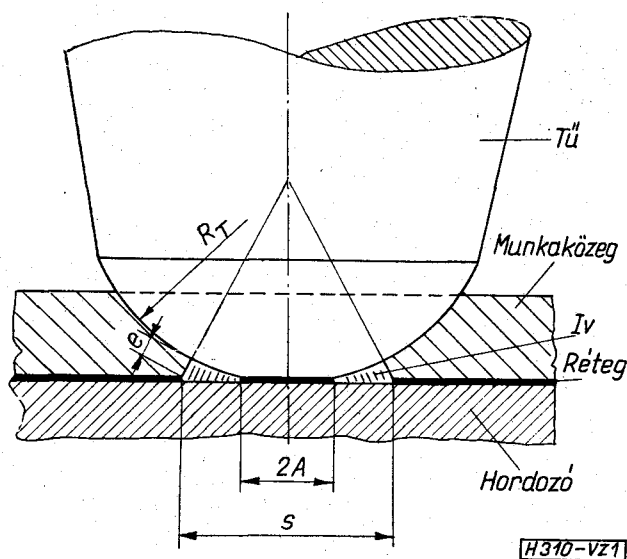
ETO 621. 319. 8:621.3.049.772.2

A vékonyrétegek elektroeróziós mikrogravírozását hazánkban elterjedten alkalmazzák integrált áramkörü és egyedi vékonyréteg-ellenállások és -kondenzátorok értékbeállítására. Széles körű alkalmazása ellenére az elektroeróziós megmunkálást befolyásoló tényezők hatásával kevesen foglalkoztak. Tanszékünkön széles körű vizsgálatokat végeztünk az elektroerózió folyamatának fizikai tisztázására és az optimális technológiai paraméterek meghatározására. Az elektroeróziós megmunkálást a vizsgálatok eredményeként kapott paraméterekkel végezve nemcsak az értékbeállított ellenállások minősége javult, hanem az ellenálláshálózatok teljes topológiájának mikrogravírozásos kialakítása is lehetővé vált.

Az elektroeróziós megmunkálás

A vékonyrétegek elektroeróziós mikrogravírozását a rétegre szorított, mozgó tűvel végezzük [1] (1. ábra). A tűre kapcsolt feszültség hatására az érintkezésen — a kör többi részéhez képest nagy áramsűrűségű — áram folyik át. Elegendően nagy áram a réteget felmelegíti és elpárologtatja, így a rétegben szigetelő csík keletkezik. A párolgás megindulása után az áram a tű és a réteg között ivkiszülést hoz létre. A réteg párolgása következtében a tű—réteg távolság nő, ezért az iv és az áram egy idő múlva megszakad, a párolgás is befejeződik.

Beérkezett: 1974. V. 21.



1. ábra. A gravírozó tű és a réteg között kialakult elektromos iv

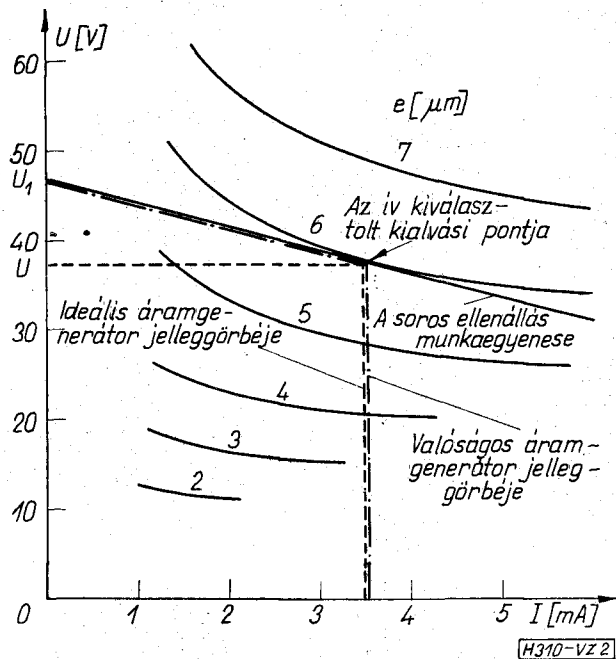
A szigetelő csík szélességét ($s-t$) a geometriai és mechanikai tényezők (a tű sugara, a nyomóerő, a rugalmassági tényezők stb.), valamint az ivképződést befolyásoló paraméterek (a feszültség, ill. áram, az elektródák és a környezet anyaga, stb) határozzák meg.

Az eróziós iv karakterisztikája független a geometriai és mechanikai viszonyoktól. Ez lehetővé teszi, hogy a csíkszélesség (s) mérése alapján a geometriai és mechanikai adatok ismeretében — az eróziós iv hosszát (e) meghatározzuk. A benyomódási kör sugarát (a) a Hertz-féle összefüggésekből [2] számíthatjuk ki.

Az ivképződésre és ezen keresztül a csíkszélességre az elektródák (a tű és a réteg) és a környezet (a hordozó és a munkaközeg) anyaga, valamint a réteg vastagsága jelentős hatást fejt ki. A befolyásoló tényezők hatását különböző körülmények között felvett ivkarakterisztikák összehasonlításával értékelhetjük. Az eróziós iv karakterisztikájának felvételével és a fizikai folyamatok elvi tisztázásával részletesebben a „Vékonyrétegek elektroeróziós mikrogravírozása” [1] c. közleményünkben foglalkoztunk. A technológiát jelentősen befolyásoló paraméterek közül az anyagok hatásának megállapítására végzett vizsgálataink eredményeit „Az anyagok hatása a vékonyrétegek elektroeróziós megmunkálására” [3] c. folyóiratcikkben tettük közzé. Vizsgálataink alapján megadhatók azok a technológiai paraméterek, amelyekkel optimális — tiszta, rétegnomoktól mentes, kontúros, egyenletes és emellett keskeny — elektroeróziós vágás készíthető. E paraméterek a következők:

1. A gravírozó tű a rétegnél nehezebben párolgó anyagból készüljön. Ha a vágás végén a tűt felemeljük a rétegről, a tű anyaga célszerűen kemény volfrám vagy rúgóacél lehet. Ha a vágás befejeztével a tűről a feszültséget lekapcsoljuk, de a tű a rétegen továbbcsúszik, a réteg sérülésének elkerülésére a tű anyagának a nikkelt ajánljuk.

2. A keskeny vágási csík érdekében a tű lekerekítési sugara legyen kicsi, a tű kis sugarú tű viszont maradé deformációt szenved és kopik. A sugár optimuma $50 \mu\text{m}$ körül van, ezzel — az egyéb paraméterek függvényében — $30..60 \mu\text{m}$ szélességű csíkot kapunk. Szélesebb csíkhöz legegyszerűbben a sugár növelésével jutunk. Ennek előnye, hogy — a többi mechanikai jellemzőhöz hasonlóan — a tű sugara az ivképződést nem befolyásolja, így az eróziós iv szempontjából optimális paraméterek állandóan tartása mellett változtathatjuk a csíkszélességet.



2. ábra. Az eróziós ív egy kialakási pontjához tartozó különböző tápforrás jelleggörbék

3. A tűt maradó deformációt nem okozó erő nyomja a réteghez. Túl kicsi erő esetén viszont a réteg felületén levő porszemek és esetleges egyéb szennyezők vágási bizonytalanságot okozhatnak. A nyomóerő optimuma — az optimális sugárral összhangban — a 10...20 p-os tartományba esik.

4. A vágást célszerű munkafolyadékban végezni. A munkafolyadék keskenyebb és egyenletesebb vágást eredményez. Javasolt anyag a transzformátorolaj, de a petróleum és a finom repceolaj is kielégítő eredményt ad. Igénytelenebb esetekben a vágás levegőn is végezhető. Kis ellenállású rétegeket mindenképpen munkafolyadékban célszerű gravírozni.

5. A gravírozó tű tápfeszültségének és soros ellenállásának (illetve áramának) meghatározása csak a réteg és a hordozó anyagának, valamint a rétegvastagság ismeretében lehetséges. Ha ismert (vagy felvehető) az eróziós ív karakterisztikája, akkor a következőképpen járhatunk el:

— a gravírozási áram és a megvalósítható eróziós ívhossz tartományában — a kívánt vágási csíkszélesség alapján — kiválasztjuk a karakterisztika azon pontját, ahol a gravírozást végezni akarjuk (2. ábra).

— a karakterisztika kiválasztott pontjához húzott érintő meredeksége a soros ellenállást (R_m -t; a réteg R_r és a külső ellenállás R_1 összegét), az $I=0$ tengellyel való metszéspontja a tápfeszültséget (U_1) adja.

— ha áramgenerátoros táplálással gravírozunk, a kiválasztott ívkialvási pont árama és feszültsége az áramgenerátor beállítandó forrásáramát és letörési feszültségét közvetlenül meghatározza.

Ha az eróziós ív karakterisztikáját nem ismerjük, az optimális feszültség- és ellenállás-, illetve áramértéket kísérletileg kell meghatározni. Ehhez a következők nyújtanak segítséget:

— a vágás a tapasztalatok szerint 2...50 R_{\square} soros ellenállással ad kedvező eredményt. A soros ellenállás optimuma a kis (2...10 R_{\square}) ellenállásoknál van, mert ott a vágás kisebb feszültséggel végezhető, így szélessége kisebb.

— 2...10 R_{\square} soros ellenállás esetén 10...30 V a tápfeszültség alsó és 20...80 V a felső határa. Optimálisnak a keskenyebb vágási csíkot eredményező 10...30 V-os tartomány tekinthető.

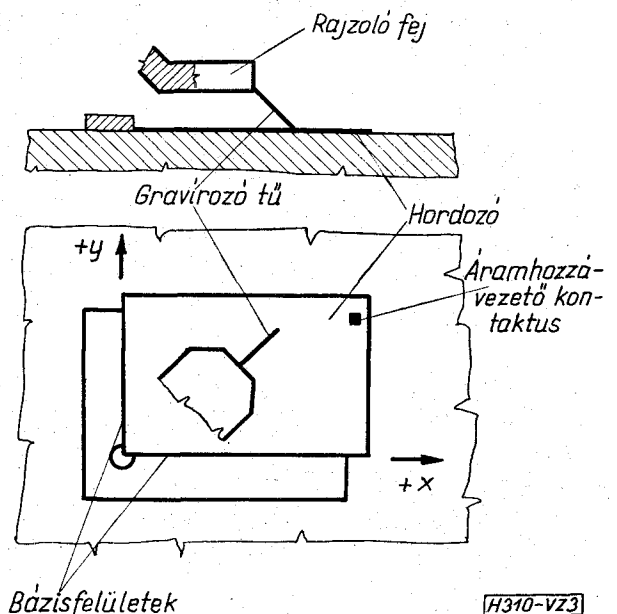
A réteg és a tű célszerű polaritása anyagfüggő. A Ni-Cr rétegeket anódnak, a Ta-t katódnak kell kapcsolni, más rétegeknél a polaritást kísérleti úton kell megválasztani.

A fenti paraméterekkel a gravírozási csíkszélesség 25...50 μm között tartható.

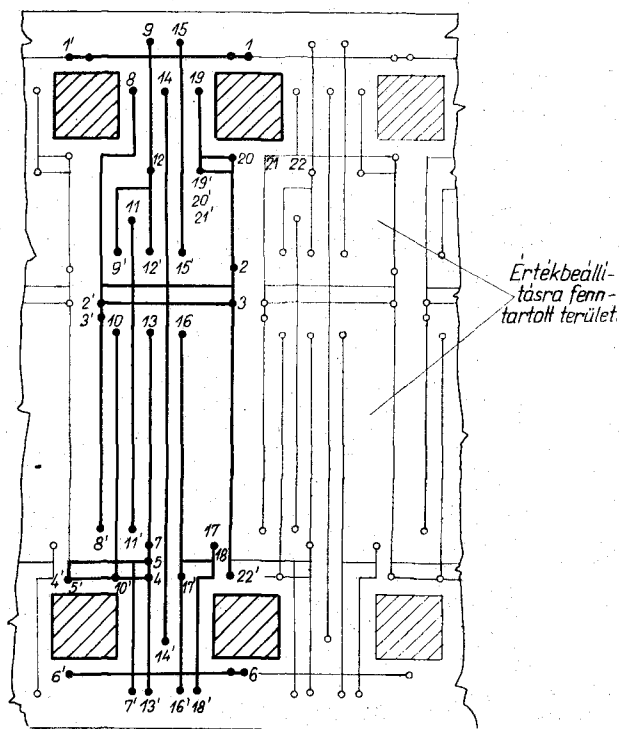
Ellenálláshálózatok mikrogravírozása

Az elektroeróziós mikrogravírozást felhasználhatjuk az ellenállások, illetve ellenálláshálózatok készítésére is. Ehhez a hordozót teljesen beborító ellenállásrétegből és az arra maszkon keresztül felpárolgatott kontaktusrétegből indulunk ki. Az ellenállásokat szigetelő csíkok gravírozásával alakítjuk ki. A szigetelő csík egyenletessége és tisztasága érdekében vigyázni kell arra, hogy az előzőekben felsorolt optimális technológiai paraméterek a gravírozás során mindig teljesülnek. Ebből a szempontból különösen kritikus a 2...10 R_{\square} soros ellenállás követelménye. A gravírozandó vonalak vágási sorrendjének helyes megválasztásával elérhető, hogy a tű hegye és az áramhozzávezető kontaktus között ennél nagyobb ellenállás nem lép fel.

Az ellenálláshálózatok gyors és pontos elkészítése érdekében a mikrogravírozást lyukszalagvezérlésű rajzgépen végezzük. E célra a Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézet ADMAP típusú rajzgépet alakítottuk át. A gravírozó tűt az írófej helyére fogjuk fel úgy, hogy a hordozóra nem merő-



3. ábra. A mikrogravírozó elrendezés vázlatja



k = vonal kezdete k' = vonal vége
lépéstávolság 0,25 mm

H310-VZ4

4. ábra. Elektroeróziós mikrogravitációval készülő ellenálláshálózat topológiája és a vonalak vágási sorrendje

legesen, hanem ferdén helyezkedik el. A tűnek a hordozóra eső vetületével bezárt szöge 45° és a vetület a $-x$ és $-y$ tengely szögfelezője esik (3. ábra). A tűt gravitáció közben — az egyenletes, akadozástól és ugrálástól mentes mozgás érdekében — csak $-x$, $-y$ irányban vagy e két irány szögfelezőjén mozgatjuk, amivel azt is elérjük, hogy a hordozó a bázisfelületekhez szorul és nem mozdulhat el.

Az áramhozzávetető kontaktust a legnagyobb $+x$ és $+y$ koordinátájú sarokban helyezzük el, mert így a kontaktushoz csatlakozó mérőtapintó legkevésbé akadályozza az e sarok felé nyúló tű mozgását. A holtjártékból eredő hiba kiküszöbölésére

a gravitózandó vonal végpontját felemelt tűvel, a legvégén $-x$ és $-y$ irányban haladva közelítjük meg.

Az áramhozzávetető kontaktus és a tű hegye közötti kis ellenállás biztosítására a vonalak vágási sorrendjében a $+y$ és $+x$ irányban haladunk. Egy kisebb ábrarészen belül először a hordozó hosszabb oldalával párhuzamos vonalakat gravitózunk be, mert ezek a vonalak az ellenállást nem növelik számottevően. A szigetelő csikok biztos egymásba érése érdekében célszerű a csatlakozó vonalakat rövid szakaszon átfedéssel készíteni. A technológiához alkalmazkodó topológiára példát és gravitózási menetét a 4. ábra hálózat-részlete szemlélteti.

A készített ábrák finomságát az alkalmazott rajzgép $250 \mu\text{m}$ legkisebb lépéstávolsága korlátozza. A technológia adta lehetőségeket körülbelül a csikszélesség $25 \mu\text{m}$ körüli minimumával összemérhető lépéstávolsággal lehetne kihasználni.

Az elektroeróziós mikrogravitációval készített ellenállások és ellenálláshálózatok minőségi tulajdonságai alapján — vagyis stabilitás, hőmérséklet-tényező, nonlinearitás stb. szempontjából — egyenértékűek a fotólitográfiai maratással készítettékekkel. Nagy előnyük, hogy a mesterrajz és fotomaszk készítésének költséges műveleteit egy egyszerű rajzgépvezérlő program megírása helyettesíti. A rajzgép gyors működése (az ADMAP esetén 40 cm/perc a gravitózási sebesség) miatt az alakadás műveleti ideje sem lényegesen hosszabb a fotólitográfiához szükségesnél. Egyedileg és kis sorozatban gyártott ellenálláshálózatoknál az elektroeróziós mikrogravitáció jó minőségi jellemzőket eredményez és gazdaságilag is előnyös, ezért alkalmazása indokolt.

IRODALOM

- [1] Illyefalvi-Vitéz, Zs.: Vékonyrétegek elektroeróziós mikrogravitációja; Finommechanika-Mikrotechnika 12 (1973), 10—11, 305—312.
- [2] Bede, I.: Finommechanikai elemek; Tankönyvkiadó, Budapest, 1972 (egyetemi jegyzet).
- [3] Illyefalvi-Vitéz, Zs.: Az anyagok hatása a vékonyrétegek elektroeróziós megmunkálására; Finommechanika-Mikrotechnika 13 (1974), 6. 161-166

Lapunk példányonként megvásárolható

az V., Váci u. 10. és V., Bajcsy-Zsilinszky út 76. szám alatti Hírlapboltokban