

# DMC-dekódolók a lézertechnológiában

**VARGA BERNADETT**



Varga Bernadett okleveles gépészmérnök 2004-ben végzett a SZIE Gödöllői Gépészmérnöki Karán. A hatvani Robert Bosch Elektronika Kft.-nél lézeres gravírozók folyamatmérnökeként dolgozik és a Budapesti Műszaki Egyetem Elektronikai Technológia Tanszékén doktoranduszhallgató

**A Bosch autóelektronikai telephelyein a felületszerelési technológia első műveleti lépése a DataMatrix adatrögzítési forma lézerral történő gravírozása. A feliratozóberendezésben egy nagy teljesítményű lézerral készítjük a kódokat, amelyeket a gravírozást követően adattovábbítás és -ellenőrzés céljából azonnal dekódolunk. A kisméretű kódot a dekódolókamerák segítségével a termék azonosítására, a gyártás részfolyamataihoz tartozó gépek automatikus programindítására és a folyamatparaméterek nyomon követhetőségére alkalmazzuk**

## DMC alkalmazása

A DMC (Data Matrix Code) egy adatrögzítési forma, amelyet a hatvani Bosch telephelyén a jármű-elektronikai alkatrészek azonosítására alkalmazunk. A felületszerelési technológiában első műveleti lépésként a gyártani kívánt termékeket ezzel a kóddal, egy automatikusan működő lézerberendezéssel gravírozunk.

A kód segítségével figyelemmel tudjuk kísérni, hogy a termék a gyártási folyamat mely szakaszában tart. Minden műveleti lépés előtt a kódot egy DMC-olvasóval dekódoljuk. A dekódolás eredménye egy hosszú számsor. A jármű-elektronikai termékeink többségénél használt DMC-kben kódolt karakterek száma 15-től 24-ig változhat. Számkarakter esetében 0-tól 9-ig, az ékezet nélküli ábécé betűit, megkülönböztetve a kis- és nagybetűs karaktereket is kódolhatjuk (1. ábra).



**1. ábra. Példa egy DMC dekódolására**

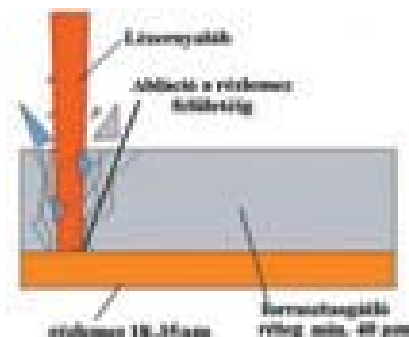
Az egymást követő karaktereket csoportokba rendezve kell értelmezni. Ezekből a csoportokból tudjuk azonosítani, hogy a termék mely típusát, melyik gyártósoron, milyen áramköri lemez felhasználásával, melyik napon és műszakban stb. gyártottuk.

## A DMC gravírozási folyamata

A DMC gravírozása lézeres megmunkálással történik. A lézerral elérhető nagy energiasűrűség hatására robbanásszerű anyageltávolítás, ún. abláció következik be. A forrasztásgátló réteg és rézréteg

felületéből kilökődő anyag egy része por formájában válik ki. Ennek a pornak a színe az áramköri lemez forrasztásgátló lakkretegének színétől függ, így lehet zöld, kék vagy piros.

A gravírozás folyamata közben fontos, hogy a keletkezett port és hőt folyamatosan eltávolítsuk az áramköri lemez felületéről, annak érdekében, hogy az elkészült DMC-t olvashatóvá tegyük. A Rommel lézermalírózó berendezésekben egy nagy teljesítményű (320 m<sup>3</sup>/h) elszívőegységet építettek be, amelynek segítségével eltávolítható a gravírozási maradvány.



**2. ábra. Lakkreteg eltávolítása**

A lézermalírózókat úgy szabályozzuk, hogy a gravírozási területnek kialakított zónában a forrasztásgátló lakkreteg alatt lévő réz felülete láthatóvá váljon az anyageltávolítás során (2. ábra). A lakkreteg eltávolítása csak a kód tartalmának megfelelően történik, amelyek kis cellákat képezve építik fel a DMC-t. A szabadá vált rézfelületek a világos, az el nem távolított terület pedig a sötét cellákat jelentik, csakúgy, mint a sakktáblán a fekete-fehér mezők.

## DMC-olvasók

A gravírozási technológiát a felületszerelésben a hatvani cégnél már 4 éve alkal-



**3. ábra. Hawkeye kamera**



**4. ábra. Datalogic kamera**

mazzuk. Az évek múlásával egyre több igényt kell kielégíteniük (nagyobb darabszám, gyorsabb sorozatgyártás stb.), ezért folyamatosan fejlesztik a berendezéseket. Jelenleg 3 különböző kamerát és hozzá tartozó vezérlőszoftvert alkalmazunk az egyes gravírozóberendezésekben (3., 4. ábra).

A dekódolókamerát a gyártási folyamatnak megfelelő visszaolvashatósági feltételek szerint kell beállítani (5. ábra). A beállítási paramétereket a kamerát vezérlő szoftverben kell megadni, amelyek a következők:

- a képfelbontás (Image compression),
- a megvilágítás (Light),
- a lézersugárnyitó zár nyitvatartási ideje (Shutter),
- az olvasási terület (AOI),
- a kamera érzékenysége (AGC).

A kamera egy vezérlő számítógéphez csatlakozik, amelyre a gravírozóprog-

ramnak folyamatosan küldi az információkat a dekódolásról. A beérkezett információknak megfelelően vezérli a gravírozási műveletet. Ha hiba érkezik a kamerától, a rendszer azonnal leáll.



5. ábra. Kamera olvasási képeinek beállítása, GUI-szoftver

### A DMC dekódolása

Kezdetben az egyszerűbb, egy beállítással működő kamerákkal lehetett DMC-eket dekódolni. Ennek hátránya, hogy ha különböző forrasztásgátló lakkretekbe (szín, összetétel) azonos megmunkálási paraméterrel szeretnénk DMC-t gravírozni, akkor nem mindig ugyanazt a kiolvasási minőséget kapjuk. Ez a hiba sokszor előfordul, mert a lakkreteg vastagsága nem állandó, továbbá adott típuson belül is eltérhet a vastagság. Szintén problémát jelent, hogy típusváltáskor az új áramköri lemezek lakkreteg más összetételű és vastagságú lehet. Ennél a kameránál egy optimális beállítást alkalmazunk. A különböző lakkretekhez különböző lézeres megmunkálási paraméterekkel készített DMC-eket gravírozunk, amelyek közel azonos feliratozási minőséget eredményeznek.

Az új típusú kamerák már rendelkeznek betanulási szintekkel, és akár 100 különböző beállítási szintet is megadhatunk annak érdekében, hogy könnyedén dekódolhatók legyenek az eltérő feliratozási minőségű DMC-k. Ezzel a lehetőséggel már többféle forrasztásgátló lakkretegbe gravírozhatunk DMC-t, ugyanazokat a megmunkálási paramétereket használva. Előnye, hogy új termék lakkretegéhez nem kell új megmunkálási paramétereket keresni, mert az olvasási szintek segítségével a kódok egyszerűen visszaolvashatók. A kamerakezelő programban tetszés szerint állíthatjuk be az olvasási szinteket (megvilágítás, lézer-nyitvatartási idő stb.), amelyek addig váltják egymást, amíg nem dekódolják a DMC-t.

### Osztályozás

A dekódolás során a DMC olvashatóságát osztályozzuk. Erre azért van szükség, mert ha hibásan gravírozunk, nem megfelelő a kód tartalma, vagy nem olvasható, akkor ezt az áramköri lemezt az

azonosítás hiányában már nem engedhetjük a gyártásba.

A kamera a következőket ellenőrzi:

- kódtartalom,
- kontraszt (Symbol Contrast),
- nyomatnagyság (Print Growth)
- tengelyirányú torzulás (Axial Nonuniformity),
- nem használt hibajavítás (Unused Error Correction),
- minőségi osztályzat (Overall Symbol Grade).

A kamera a kód karaktersorát jeleníti meg és továbbítja a vezérlő számítógépnek, de a gravírozóprogram dönti el, hogy helyes vagy helytelen-e a lézer által készített információ. A dekódolhatóság sikerességéről a vizsgálati paraméterek (SC, PG, AN, UEC) tájékoztatnak, amelyek „A”, „B”, „C”, „D” és „F” (a legjobbtól a legrosszabbig) osztályzatot kaphatnak.

A minőségi osztályzat (OSG) a mérveadó, amelynek értéke az öt osztályzati szint között változhat. Az OSG foglalja magában és értékeli a négy vizsgálati paraméter eredményeit. Ha ez az érték „D” vagy „F” osztályzatot kap, akkor „Fail” (megbukik) hibajelzést jelez a kamera, és továbbítja azt a gravírozóprogramnak, amely olvasási hibával azonnal leáll. Az olvasás sikerességéről a kamera „Pass” (átment) zöld lámpája ad jelzést. A következőkben a négy vizsgálati paramétert ismertetem részletesen.

#### a) Kontraszt (SC)

A lézerberendezés vezérlő számítógépén futó kamerát kezelő programban – még a gyártásban való alkalmazás előtt – beállítjuk a dekódolási paramétereket, továbbá a gyártásban alkalmazott DMC-eket betanítjuk az olvasási szintekkel együtt.

A vizsgálat során a kamera %-ban értékeli ki a sötét és világos cellák megkülönböztetési arányát. A világos cellákat a szabaddá vált részfelület képezi, míg a sötét cellákat a lézerral el nem távolított lakkreteg alkotja. A vizsgálat eredményét összeveti a betanított értékkel, és az attól való eltérést %-ban értékeli ki. Az osztályozás értékeit az I. táblázat SC alatti sorai tartalmazzák.

#### b) Nyomatnagyság (PG)

A nyomtatnagyság azt mutatja meg, hogy a gravírozott DMC-cella mérete a cella

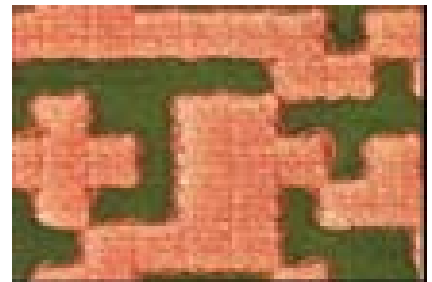
méretének hány százalékával tér el az elvárt mérettől. Pl. ha az elvárt cellaméret 0,22x0,22 mm, amely a 100%-ot jelenti; de a gravírozott cella mérete ettől nagyobb (+) vagy kisebb (-) is lehet, melynek mértéke az elvárt méret százalékhányadával (Print Growth Percentage) azonos, az osztályozás értékeit az I. táblázat PG alatti sorai tartalmazzák.

#### c) Tengelyirányú torzulás (AN)

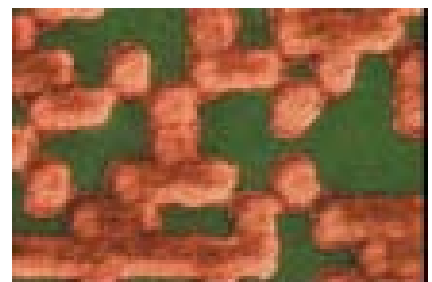
Az AN vizsgálati paraméter a DMC két széle közötti rácsozat torzulását mutatja meg. Minél nagyobb a rácsozat torzulása, annál rosszabb osztályzatot kap. A vizsgálat során mindig az elvárt értékhez viszonyítja az eltérést, és %-ban adja meg az eltérés nagyságát. Az osztályozás értékeit az I. táblázat AN alatti sorai tartalmazzák.

#### d) Nem használt hibajavítás (UEC)

Az UEC azt mutatja meg, hogy a DMC dekódolásához a kód hibajavító kapacitásának hány %-át nem kell kihasználni. Minden DMC tartalmaz hibajavító információkat. Ideális esetben a hibajavító kapacitást csak akkor alkalmazzuk, ha nem igazán jól sikerült az égetésünk, amelyet már a nyomtatnagyság eredménye is megmutat. A hibajavítást abban az eset-



6a. ábra. Egy layout04 lézereparaméterrel égetett 3,5x3,5 mm-es DMC 30x-os nagyításban (AAAA, A)



6b. ábra. Egy layout10 lézereparaméterrel égetett 3,5x3,5 mm-es DMC 30x-os nagyításban (BFAB, B)

I. táblázat. Vizsgálati paraméterek osztályzati értékei

Osztályzat	Vizsgálati paraméterek			
	SC	PG	AN	UEC
„A”	70% ≤	-15% ≤ PGP ≤ 15%	≤6%	≥62%
„B”	55%	-21% ≤ PGP ≤ 21%	≤8%	≥50%
„C”	40%	-25% ≤ PGP ≤ 25%	≤10%	≥37%
„D”	20%	-30% ≤ PGP ≤ 30%	≤12%	≥25%
„F”	< 20%	<-30% vagy > 30%	12%<	<25%

ben is alkalmazzuk, ha a kód utólag megsérült (pl. karcolat). Minél nagyobb számban használjuk a hibajavítást, annál rosszabb osztályzatot kapunk. Az osztályzatoknál a ki nem használt hibajavítást kell értékelni. A legjobb minőségű a DMC, ha 62% vagy ennél nagyobb mértékben nem kell használni a hibajavítást. Az osztályozás értékeit az I. táblázat UEC alatti sorai tartalmazzák.

A 6a. és 6b. ábrákon ugyanarra a típusú áramköri lemezre készített, és ugyanazzal a kamerabeállítással dekódolt, de különböző paraméterekkel gravírozott DMC-k 30-szoros nagyításban láthatók. A 6a. ábrán a vizs-

gálati paraméterek mindegyike „A” osztályzatot kapott, így a minőségi osztályzat eredménye is „A” lett. A 6b. ábrán egy másik lézerparaméter-beállítással készített DMC képe látható. Ennél a DMC-nél a kontraszt „B” és a nyomatnagyság „F” osztályzatot kapott, továbbá e vizsgálati paraméterek következtében nagyobb százalékban kellett alkalmazni a hibajavítást.

A különbség a bal és a jobb oldali kép között jól látható. A bal oldalinál a gravírozott cellák mérete szabályos, és a réz felülete sem színeződött el. A jobb oldalinál a cellák mérete szabálytalan, ovális, ez a nyomatnagyság értékét rontja. A rézfelület elszíneződött, ami megnehezíti a sötét és a világos cellák megkülönböztetését.



bernadett.varga@hu.  
bosch.com