

# Budapesti Műszaki Egyetem Közlekedésmérnöki Kar Gépipari Technológia Tanszék

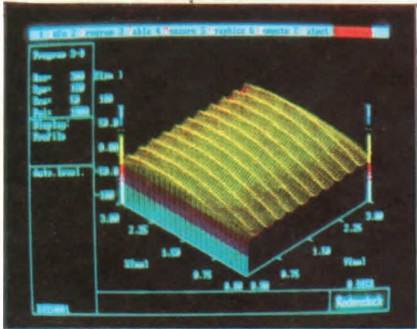
A BME Gépipari Technológia Tanszék 1953-ban alakult a szolnoki Közlekedési Műszaki Egyetemen Vasúti Géptan I-III. Tanszék néven. Oktatási tevékenységéhez az anyagismeret és technológia tárgyakon kívül a vasúti járműjavítás tartozott. A Közlekedési Műszaki Egyetemet 1955-től az Építőipari Műszaki Egyetemhez csatolták (ÉKME) és 1957-től kezdve a tanszék Budapesten működött Technológia és Járműjavítás névvel. 1968-ban az EKME Közlekedésmérnöki Kara is a Budapesti Műszaki Egyetembe olvadt, ahol a tanszék 1969-ben vette fel jelenlegi nevét.

Tevékenysége időközben kibővült, mivel a járművek és a mobil gépek területén a Közlekedésmérnöki Kar megnövekedett létszámú hallgatószámának oktatta a szerkezeti anyagok technológiája I. II. III., és a gépgyártás és javítás tárgyakat. A laboratóriumok alapjai a Kinizsi utcai épületben alakultak ki, de intenzívebb fejlődésük 1984-től kezdődött a Bertalan Lajos utcai új telephelyen.

A viszonylag széles oktatási profil sokoldalúan képzett oktatógárdát követel, ugyanakkor az eredményes kutatáshoz egy-egy témában a kritikus tömeget meghaladó létszámú csapatok szükségesek. Ezért a tanszék vertikumi interdiszciplináris kutatásokat kezdett a nagyenergiásűrségű megmunkálások (plazmaszórás, lézeres megmunkálások stb.) területén. Ezek az eljárások a javítás-felújítás technológiák között is nagy jelentőségűek, széles szakértelmet igényelnek, átfogva az anyagtudomány, az előkészítési, kezelési, megmunkálási, javítási technológiákat, beleértve az NC, CNC, CAD/CAM stb. ismereteket és a minőségbiztosítást. Így a tanszéken belül minden szakember a saját (kedvelt) kutatási témája közelében dolgozhat, miközben különleges, összetett igényeknek megfelelő feladatok kerülnek megoldásra. A kutatások hagyományainak megfelelően a vasúti kerék - sín kapcsolat vizsgálati eredményeinek bázisán folyamatosan fejlődött és bővült a tribológiai terület.

## Felületkutatás

Napjainkra a külföldi kutatóhelyeken új elnevezést kaptak a gépek és géprészek aktív, illetve kapcsolódó felületrészeinek előállítására.



1. ábra Megmunkált felület topográfiai képe RM 600-ssal

val, vizsgálatával, minőségi jellemzőivel kapcsolatos tudományok, azok, amelyeket a tanszék is művel és amit angol terminológiával *surface engineering*-nek neveznek. Ez magába foglalja a felületi igénybevételek és ezek tartós elviselésére alkalmas tulajdonságú anyagszerkezet meghatározását, az azt eredményező felületkezelési és megmunkáló eljárások technológiai paramétereinek a megállapítását, vizsgálva és ellenőrizve a felület makro- és mikrogeometriai jellemzőit (érdesség, topográfia), anyag-, tribológiai és egyéb tulajdonságát.

Ezeknek az összetett feladatoknak a kutatására a tanszék laboratóriuma nagyrészt felkészült, illetve a további fejlesztés a feladatoknak még jobb megfelelést célozza. A továbbiakban a teljességre törekvő igénye nélkül **bemutatjuk laboratóriumunk lehetőségeinket.**

Az ipari felhasználás szempontjából az egyik legfontosabb feladat, hogy az alkatrészek tulajdonságai a helyi igénybevételnek minél tökéletesebben megfeleljenek. A felületi technológiák olyan lehetőségeket biztosítanak, hogy az alkatrészek helyi (lokális) kezelésével csak azokon a részeken módosítják a szükségessé a felületi tulajdonságokat, ahol az igénybevétel ezt megköveteli. Ezáltal csökkenthető a drága anyagok felhasználása, ezen kívül az energiafelhasználás racionális, mert a kezelések lokalizálhatók.

Ennek személtetésére néhány példát célszerű bemutatni. Egy nagynyomású szivattyú dugattyúrdója jellemzően abrazív kopásnak van kitéve a tömítő felületek mentén, a csúszó relatív elmozdulás miatt. Amennyiben nagyobb élettartamot szeretnénk elérni, úgy a felület kopásállóbbá tétele szükséges. Ezt elérhetjük hagyományosan felületi hőkezeléssel (cementálás, nitridálás stb.), TiN bevonattal (PVD eljárással) [1], plazmaszórás kerámia bevonattal [2], vagy monolit kerámia használatával. Ám a monolit kerámia gyakran a szilárdsági követelményeket nem tudja megfelelően teljesíteni. Az acél hagyományos felületkezelései sem kecseseknek jelentős élettartam növekedéssel. A TiN bevonat javítja a kopásállóságot és csökkenti a súrlódóerőt, de az előállítására vékony rétegek (3+5 µm) esetén is költséges (hosszú előállítási idő, drága berendezéssel). A vékony réteg felvitele javítás-technológiai alkalmazás során nem elegendő a kopásokból eredő méretcsökkenések korrigálására.



2. ábra Plazma porszóró berendezés

## Plazmaszórás

A plazmaszórás kerámia rétegnek a célszerű vastagsága 0,3–0,5 mm, ezért felújítás során a kisebb kopások méretkompenzációjára is alkalmas, ugyanakkor nagy kopásállóságú és kedvező súrlódási tulajdonságú.

Ezzel a technológiával felújított alkatrész nagyobb élettartamú lehet az eredetileg beépített felületkezelt acélalkatrészénél. A laboratóriumi eszközök egész sora szolgálja a plazmaszórás technológia vertikumi megvalósulását. Ahhoz, hogy a plazmaszórás felületű alkatrész minősége megfelelő legyen, a technológiai folyamat minden részlelménél ügyelni kell a minőségre. Vegyük sorra az egyes lépéseket:

- Az alkatrész kopott felületének alámunkálása forgácsolással, figyelemmel a végső egyenletes rétegvastagságra és a megnövekedett fajlagos tapadófelületre. E műveletrésznél geometriai méretellenőrzésre és a felületi topográfia ellenőrzésére van szükség. (1. ábra).

- A felület tisztítása, zsírtalanítása és oxidmentesítése (szemcsevisszaszívással, kamrás, illetve szemcsevisszaszívós Vacu-Blast szemcsevisszaszívással).

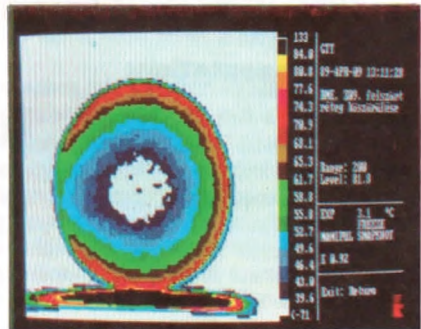
- Átmeneti réteg felszórása (figyelemmel az anyagpárosításokra, a szórás technológiára); Sulzer M 500 T plazmaszóróval. (2. ábra),
- az OMFB támogatásával szereztük be.

- A felületi réteg felszórása (figyelemmel az igénybevételnek megfelelő anyagösszetétel választásra, a szórás technológiára);

- A felületi réteg végleges geometriára munkálása (pl. szuperkemény szemcsés köszörüléssel). Fontos, hogy a megmunkálás során ne okozunk a felvitt réteget károsító mechanikai, illetve hőigénybevételt, ezért a kritikus technológiai lépések figyelemmel kísérelhetők pl. megmunkálási folyamat közbeni (real-time) termodiagnosztikával [3]. (3. ábra)

- Fontos a kész, felszórás felületű munkadarab végellenőrzése (makro- és mikrogeometriai), kritikus esetekben a maradófelület ellenőrzése is szükséges (pl. Barkhausen zaj mérés elvén [4]). (4. ábra)

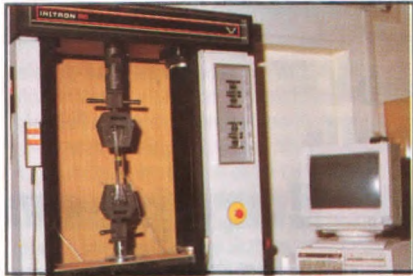
A helyes plazmaszórás technológia kidolgozásához sokrétű előkészületre van esetenként szükség. Ezeket az előkészületeket cél-



3. ábra Felszórás rétegf munkadarab köszörülésének real-time ellenőrzése termovízióval

szerűen választott próbadarabokon végezzük, amelyek lehetővé teszik a részletesebb metallográfiai, mechanikai és tribológiai tulajdonságok vizsgálatát. A metallográfiai laborban a hagyományos fénymikroszkópok mellett scanning elektromikroszkóp (Tesla BS 300) segíti a kisméretű minták vizsgálatát.

A felszört réteg tapadási szilárdságának meghatározására gyűrűs nyíró készüléket használunk. A mechanikai anyagvizsgálatok



4. ábra Felszört próbatesten a maradó-feszültség ellenőrzése

közül az Instron 1195 szakítógép segítségével szakító-, nyomó-, hajlító- és kisciklusú fázastovizsgálatok végezhetők. A szokásos keménységi és ütőmunka vizsgálatokhoz is rendelkezünk a szükséges berendezésekkel (Brinell, Rockwell, Vickers stb.). A tribológiai vizsgálatok körében gördülő-koptató és gyűrű-pálcá elven mérő célberendezéssel ellenőrizhetjük különféle felületi terhelések, sebességek és kenőanyagok mellett a kopási sebességet, a súrlódási erőt stb.

A plazmaszört felületű dugattyú példájához hasonló koptatóigénybevétel számos felhasználási területen jelentkezik pl. a textilipari szálvezetőknél, s fluid szállítás berendezésénél stb. Az élettartam növekedését ilyen igénybevételek esetén elsősorban a felszört réteg nagy keménysége eredményezi. Plazmaszöréssel azonban nem csak nagy keménységű felületi rétegek kialakítását végezhetjük, hanem más tulajdonságokat is módosíthatunk. Gyakran hőszigetelést, vagy villamos-szigetelést kell a rétegnek biztosítania, máskor ezzel ellentétesen éppen hő- vagy villamosvezetést kell a felületi rétegnek elősegítenie. Számos felhasználásnál a korrózióállóságot növelheti a plazmaszört védőréteg. Esetenként az optikai tulajdonságok (tükröződés, elnyelés) lesznek a meghatározók. Így például a plazmaszört felület sztohasztikus jellege nagyon kedvezővé teszi a lézergusár energiájának elnyelését is.

#### Lézeres megmunkálás

Mielőtt a labor lehetőségeit a CO<sub>2</sub> lézeres megmunkálásokról terén bemutatnánk, célszerű röviden összefoglalni, milyen tényezők segítik a lézerek gyors elterjedését az egyes fontosabb eljárások területein.

Vágás során nincs mechanikus igénybevétel (sem erő, sem nyomaték), nehezen forgácsolható anyagok (pl. kerámiák, szálerősítésszerű anyagok) vághatók viszonylag nagy sebességgel (1...15 m/min.) úgy, hogy eközben csekély (0,05...0,5 mm) a hőhatás övezet. A CNC alkalmazással nagy bonyolultságú és

mégis relatív pontos darabok készíthetők mintegy 0,1 mm-es vágási rés és jó esetben ± 0,005 mm pozicionálási pontosság mellett. A vágott felületek minősége R<sub>a</sub>=1...10 μm.

Hegesztés esetén nagy hegesztési sebességek mellett kiváló minőségű, keskeny varratsávok érhetők el, változó vastagságú, olvadáspontú és szerkezetű anyagok (pl. porkohászatiak is) kis maradó feszültséggel hegeszthetők, jól szabályozható, folyamatos vagy impulzusos hőbevitellel.

Hőkezelés során a nagy hevítési és hűtési sebességek miatt alacsony széntartalmú acélok is edzhetők, finomszemcsés szerkezetek érhetők el úgy, hogy nem keletkezik lényeges deformáció és szinte nem változik a felületi mikrogeometria, ezért készre forgácsolt alkatrészek kiváló, befejező lokális hőkezelése valószínűsíthető meg.

A markírozásban nagy sebességgel, jól szabályozható mélységű, tetszőleges grafikák, betűk készíthetők a termék kész állapotában mechanikai igénybevétel nélkül.

Tanszékünkön két éve működik az 1 kW-os, gyors axiális áramlású CO<sub>2</sub> lézerrendszer. Ez az első magyar fejlesztésű 1 kW-os teljesítménylézer, melyet a Tungfram Lézer Technikai Kft. készített tanszékünkkel közösen az OMFB és OTKA finanszírozásával. A tárgymozgatást a nyolctengelyes CNC vezérlő (Frank, SM 2000) hat teljesítménykimenete biztosítja, a két szabad tengely a lézerteljesítmény és a folyamat szabályozására használható.

A lézer kivágás CAD/CAM rendszerével AUTOCAD-ben tervezett alkatrészgeometriák vonali adatátvitellel biztosítják a gyors kivágást. Az adatbevitel más módjai is segítik a munkát. Így pl. a mintadarabok mérőgépi letapogatásával (Mitutoyo BX 303 mérőgép és SCANPACK programcsomagja) az adatátvitel szintén megvalósulhat. (5. ábra)



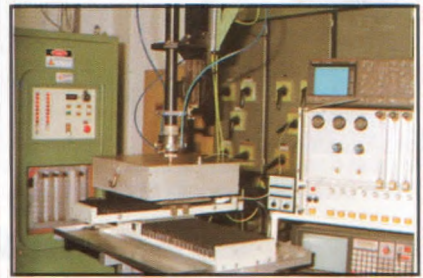
5. ábra Lézeres lemez kivágás adatbevitel mérőgépről

A korábbi kutatásokban gyakran használta a tanszék a rezgésdiagnosztika eszközeit, az érzékelők, erősítők, szűrők, kiértékelők és regisztrálók rendszerét. A technológiai folyamatok ellenőrzése és szabályozása az utóbbi nyolc évben a nagyobb frekvenciatarományok felé is szükségessé tette a bővítést, ahol az akusztikus emisszió (AE) jelenségére támaszkodva valósulhat meg a technológiai folyamatok felügyelete, mint például a szerszámkopás előrejelzése, köszörült felület károsodásának jelzése, vagy lézeres hőkezelés egyenletes minőségének biztosítása. (6. ábra)

A lézerrel kezelt, vagy más módszerrel előállított felületek ellenőrzésére a hagyományos érdességmérés (metszettapintós) pl.

Perthométer M4P műszere is alkalmas, de az optikai felületek mérésére csak az érintkezés nélküli felületmérők használhatók eredményesen. Ilyen műszer pl. a Rodenstock RM 600-as lézeres topográf. (7. ábra)

A bemutatott vizsgálati módszerek és tech-



6. ábra Lézeres hőkezelés AE folyamatdiagnosztikája

nikák áttekintést adnak a laboratórium vizsgálati lehetőségeiről és ennek széles körű technológiai háttéréről is. A sokéves oktatási és kutatási tapasztalattal folyamatosan bővül is



7. ábra Felületi minőség ellenőrző eszközei

igényli az ifjabb nemzedék bekapcsolódását is a tanszéki munkába. Ezért évről évre diplomatervezők és tudományos diákköri dolgozatot készítőket dolgoznak együtt a tapasztaltabb oktatókkal, kutatókkal. Az utóbbi két évben megindult nappali doktoranduszképzés keretében ötven kapcsolódott be a felületi tulajdonságok és technológiák kutatási és fejlesztési munkájába. Folyamatos az előkészítése az akkreditáció megszerzésének is.

Dr. Takács János

#### Irodalom

- [1] Ginszler J.-Takács J.: Új szerkezeti és szerkezeti anyagok és gyártási eljárások. Gépgyártástechnológia, 1988. 7. szám. p. 289-297.
- [2] Bakondi Károly, Buza Gábor, Kiss Gyula, Takács János: A plazma porszórás alapjai, lehetőségei. Kohászati Lapok, 124. évf. 1991. 10. szám. p. 419-423.
- [3] Takács J.-Fórián I.-Szilágyi A.-N.G. Hai: Real-time Thermodiagnostic of microcutting. 40. CIRP General Assembly (Section „G”) 26 aug.-1 sept. 1990. Berlin Video előadás.
- [4] P. Molnár; P. Tóth; J. Takács; G. Buza; G. Posgay: Measurement method of residual stress in plasma sprayed coating by means of Barkhausen noise. Advanced manufacturing and repair technologies in vehicle industry. Balatonfüred, 1992. p. 76-83.

931 020 106

# CONTROLES NON DESTRUCTIFS **NICE 94** L'ÉVÉNEMENT EUROPÉEN

du 24 au 28 Octobre 1994  
en FRANCE, à NICE Acropolis

## Participez à l'Événement Européen des Contrôles Non Destructifs



6<sup>ème</sup> Conférence Européenne sur les Contrôles Non Destructifs

VI. Európai Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Konferencia  
Nizza, 1994. október 24–28.

Az Anyagvizsgálók Lapja az esemény hivatalos sajtóforrása.  
Kísérje figyelemmel közleményeinket!



Sous l'égide de

**LA COFREND**

1, rue Gaston Boissier - 75015 Paris - FRANCE - Tél. (33-1) 44 19 76 18 - Fax (33-1) 44 19 75 04

  
**AIR FRANCE**  
official carrier  
transporteur officiel

**Partenaires  
Officiels**

**AGFA** 

 **intercontrôle**

