

Federal-Mogul hengeregység-fejlesztések

A szó igazi értelmében az üzemelő hengeregységhez a hengerpersely, dugattyú, dugattyúgyűrű, dugattyúcsapszeg, hajtórúd és a csapágyak tartoznak. Tulajdonképpen a motorgyártás optimalizálásánál minden fejlesztési elgondolás növekvő követelményeket jelent az egység elemeinél. Csak ezek egymással összehangolt fejlesztése és a megfelelő anyagok kiválasztása és felhasználása teszik lehetővé az egység teljes üzembiztonságát. A hengeregység anyagtechnológiai fejlesztésével foglalkozó írásunkat a Federal-Mogul szakembereinek a tanulmánya alapján készítettük el.



Toyota és Honda gyáraknak. Kisebb tömegű gépkocsinál a nagyobb teljesítmény, a kisebb üzemanyag-felhasználás és a csökkenő füstgázkibocsátás biztosítása változatlanul a motorfejlesztők legfontosabb feladata. A motorfejlesztés eredményeként azonban mind a termikus, mind a mechanikus terhelés is tovább növekedett. Ezért biztosítják a nagyobb gyújtási nyomást, kisebb fordulatszámnál a nagy forgatónyomatékok, könnyű szerkezettel a tömeg- és a súrlódási veszteség csökkentését. A fejlesztés közvetlen eredménye az egység elemeinek a kisebb mérete és tömege, ezeknek nagyobb a mechanikai és termikus alakváltozása és nagyobb terhelésnél a növekvő teljesítménysűrűség.

Egy példa a sok közül: a személygépkocsi hajtórúd csapágyánál a max. fajlagos terhelés 1965 óta 35 MPa-ról 100 MPa értékre növekedett, vagyis közel megháromszorozódott és ennek a fejlődésnek a vége ma még nem látható. Az eddig használt szerkezeti anyagok tulajdonságai sok területen elérték azok teljesítményhatárait, és ezeket az anyagokat vagy felváltják új anyagokra, vagy optimalizálják, illetve részben az eddig még nem hasznosított potenciált kihasználhatják.

A személy- és tehergépkocsikhoz, valamint mezőgazdasági és ipari piacra alkatrészeket gyárt és ezek innovatív fejlesztésében jelentős szerepet vállal a Federal-Mogul Corporation, amely 1899-ben alakult meg, mint Muzzy-Lyon Corporation.

A két alapító J. Howard Muzzy és Eduard F. Lyon volt. A társaság első székhelye Detroitban (Michigan, USA) volt, ma a központjuk Southfield (Michigan, USA) városban van. A Federal-Mogul kiépítette a gépkocsi-alkatrészeknek az egész világra kiterjedő ellátórendszerét. Kifejlesztette a technológiák és a megmunkálógépek széles választékát az alkatrészgyártó ipar részére. Felhasználja a gyártás- és anyagtechnológiai tudományt a fejlesztés részére és biztosítja a megfelelő marketingtevékenységet a jó ellátás érdekében.

A vállalatnak a világ minden részén, az USA-ban, Kanadában, Európában: Belgiumban, Cseh Köztársaságban, Angliában, Franciaországban, Németországban, Magyarországon, Írországon, Olaszországban, Lengyelországban, Skóciában, Spanyolországban,

Svájcban, továbbá Ázsiában, Afrikában, Mexikóban és Dél-Amerikában van telephelye.

A Federal-Mogul üzemeiben ma a világ 24 országában 45 000 alkalmazott dolgozik. A Győrhez közeli Kunszigeten 1994-ben helyezték üzembe a Federal-Mogul Sealing Systems Hungária Bt. üzemét, amelyben gépkocsitömítéseket gyártanak.

Németországban több jelentős alkatrészt gyártó vállalat a Federal-Mogul Corporation tulajdonában van. A Federal-Mogul GmbH vállalatoként üzemel 1999-től Nürnbergben a nyolcvan évvel ezelőtt alapított, dugattyút gyártó Nüral (ALCAN) GmbH. 1990-től a Federal-Mogul Wiesbaden GmbH üzeme az 1897-ben alapított, csapágyakat gyártó GLYCO Metall GmbH. 1998-tól a Federal-Mogul Burscheid GmbH keretében üzemel az 1887-ben alapított, dugattyúgyűrűket gyártó Goetze GmbH.

A Federal-Mogul alkatrészt szállítóbbek között az Audi, BMW, Mercedes-Benz, DaimlerChrysler, Porsche, Renault, SAAB, Land-Rover, Nissan,

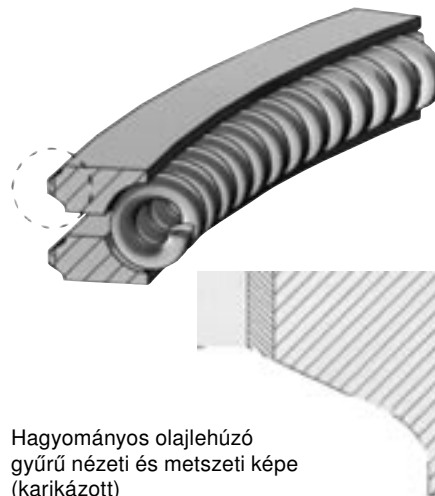
Dugattyú és dugattyúgyűrű

A bevonat nélküli dugattyúgyűrű helyett, mindenekelőtt például a korszerű, nagy feltöltésű dízelmotoroknál felhasznált kompressziógyűrűknél új bevonóréteget használnak, és ezeknek az üzem közben fellépő nagyobb terheléseknél a megkövetelt futási időtartam alatt meg kell felelniük. A futófelületet mikroszemcsékkel keményítik, CKS-36 jelű (Chrom-Keramik-Schicht) króm-kerámia réteggel vonják be, a kopásálló kerámiaanyag Al_2O_3 -tartalma (2–6) % között van. A CKS-anyag felhasználásával a kopás-ellenállási tényező a hagyományos krómozott gyűrűvel szemben (1,5–2,5) érték felé tolódik el. A további optimalizáláshoz a felületre felvitt szilárd részecskék kétféle módon járulnak hozzá. Mindezekelőtt megemlítjük azonban, hogy a CKS-réteg tulajdonságait részletesen még nem vizsgálták. Jelenleg a sima henger hüvely futófelülettel végeztek vizsgálatokat és megállapították, hogy a CKS-gyűrű terhelésnél talán vékonyabb olajkenőfilm kialakítását teszi lehetővé, mint amit eddig megfelelőnek tartottak. Azon kívül a CKS-bevonóréteg elvileg lehetőséget kínál a változtatáshoz is. Jelenleg a Federal-Mogul vállalatnál vizsgálják, milyen hatással van másfajta mikrorészecske használata a gyűrű futófelületének a tulajdonságaira. Az első eredmények azt mutatják, hogy a galvanikusan előállított mikrorepedés hálózatú darabnál az alumínium-oxid helyett felhasznált krómba finoman beágyazott gyémánszemcsékkel a futófelület beégési hatásokkal szembeni ellenálló képessége tovább növekszik. Nagyon kedvező vizsgálati eredményeket értek el a GDC jelű (Goetze Diamond Coating) Goetze gyémántréteggel. Kritikus hőmérsékletcsúcs esetén grafitozzák a gyémánszemcséket, úgy, hogy az adhéziós kopás veszélye még nagy terhelésű motoroknál is csökkenhet. A vizsgálatok kimutatták a dugattyúgyűrű-oldal és a dugattyúhorony összjátekánál is, hogy közben többszörösen eléri a terhelési határt. A gyűrűoldalon mind gyakrabban megfigyelik a dugattyúanyag felpattogzását. Ez, mint mikrofelhegedés (Mikro Welding), meghatározott különleges jelenség, az új Federal-Mogul vizsgálatok szerint – mint korábban feltételezték – nem nagyon függ a hőmérséklettől.

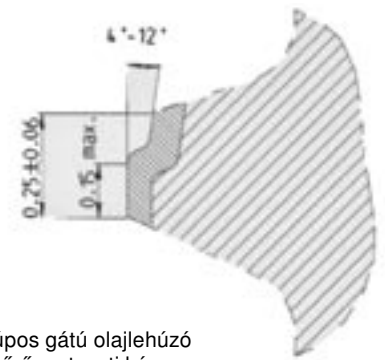
A mikrofelhegedés nagyobb mértékben inkább az anyagok párosításától függ. A további optimalizáláshoz tartozik ezért feltétlenül a hengeregység mindkét elemének a vizsgálata. A dugattyú és a dugattyúgyűrű anyagának, valamint a felületkezelési technológia helyes megválasztásával megvan a lehetőség itt is a potenciál kedvező alakításához, és a gyártás optimalizálásához. Ez érvényes a gazdasági szempontokat figyelembe véve is. Igénybevétel szerint a technológia, valamint a súrlódó elemek anyagának a helyes megválasztása és egyeztetése már gazdasági módszer, mint pl. a gyűrűoldal kémiai passziválása, az AE 135 jelű, eutektikus összetételű (5% réztartalmú) dugattyúanyaggal, és a foszfátzott gyűrűhorony (AE 082) együtt biztosíthatja a megkívánt eredményt.

Olajlevezető gyűrű kúpos gáttal

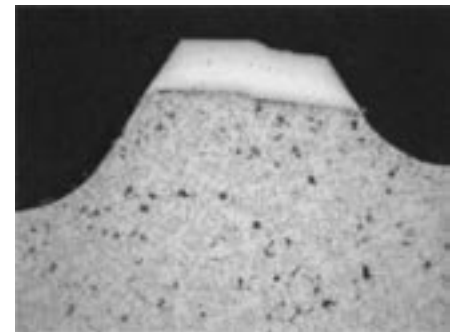
A motorok optimalizálásához hozzátartozik az olajfelhasználás további csökkentése. Mivel az olajlevezetőgyűrű lényeges befolyást gyakorol az olajfelhasználásra korlátozva a munkaütemben eléggé olaj mennyiségét. A szabadalmaztatott olajlevezető gyűrű gátkialakítással – a saját tájékoztatás szerint – az olajmegtakarítás elérheti az 50%-ot. A hagyományos olajlevezető gyűrűn 0,25 mm szélességű hengeres olajlevezetőgát van, mely a hengerfalról az olajat eltávolítja. Ezzel a szokványos kialakítással a hengerfalán maradó olaj egy részét a dugattyú felfelé meneténél is lehúzza, mivel mind-



Hagyományos olajlevezető gyűrű nézeti és metszeti képe (karikázott)



Kúpos gátú olajlevezető gyűrű metszeti képe

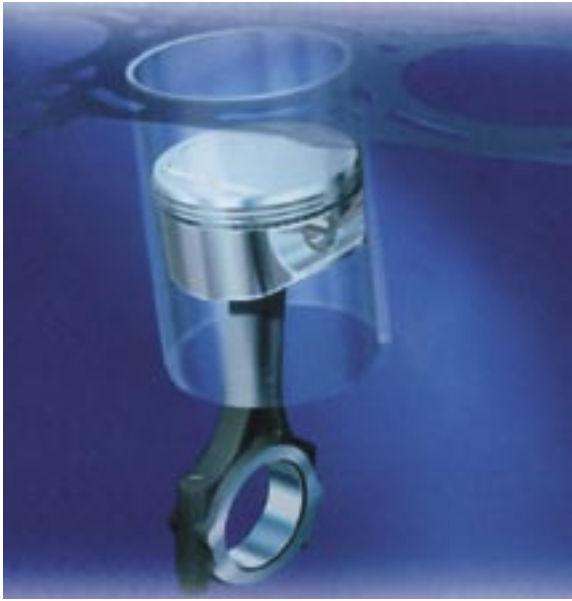


A bevonat leképezi az előmunkált kúpos profilt

két irányban a szimmetrikus kialakítás hatása azonos. Ezzel szemben az új gátkialakítás aszimmetrikus. Az alsó él kialakítása éles peremű, hogy a dugattyú lefelé meneténél az olaj optimális lehúzását garantálhassa. A gyűrű-gát felső része pedig kúpos kialakítású. Ezáltal a dugattyú felfelé meneténél az égéster felé szállított olaj mennyisége jelentősen csökkenthető. A hagyományosan bevált krómréteg helyett új króm-kerámia réteget (CKS38) és gyémánttal páncélozott krómréteget (GDC) visznek fel, a kopásállóság növelése érdekében. Az elektrolitikus bevonási folyamat olyan kialakítású, hogy a rétegfelvitel során az előre megmunkált profilt lemásolja. A cég tájékoztatása szerint egy haszonjárműben már megtörtént a kúpos olajlevezetőgyűrű széria bevezetése, és 2004 folyamán egy személygépkocsi dízelmotorjába is beépítésre kerül.

Hajtórúdcsapágy

Az új csapágyanyagok fejlesztésével és használatával kapcsolatos fellendülés a motorfejlesztés következménye. A felhasznált anyagoknál a nagyobb teljesítmény és lehetőleg a kisebb súrlódási



A hengeregységnek csak a legkedvezőbb, egymással harmonizált elemek, új anyagok felelnek meg a korszerű motorok különleges követelményeinek

vesztés érdekében keményebb siklófelületet alakítanak ki, mint az általában szokásos. A BMW 740d gépkocsinhoz szériában gyártott, új V8 DI dízelmotornál a fajtálagos csapágyterhelés először lépi túl jelentősen a 100 N/mm²-es határértéket. A hagyományos háromrétegű csapágytól a siklóréteg ilyen üzemi feltételek között a kifáradás következtében kipattogzik vagy igen erősen megkopik. A 100 N/mm² feletti terhelés szükségessé teszi a több anyagból készített csapágyakat sputter réteggel (PVD, katódos porlasztás) készíteni. A Federal-Mogul a BMW-csapágytól használt sputter eljárással készíti a különböző fajta ötvözetet alumíniumból és ónból, nagyon finom óneloszlással. A Glyco-199 háromrétegű csapágy alumínium-ón siklórétegének a keménysége nagyobb, mint 90 HV. A hajtórúdcsapágytól a megkövetelt élettartam szempontjából fontos, hogy a réteg összetételének és a keménységének a hatására a kifáradási szilárdság, a kopásállóság és a korrózióállóság növekedjen. Sok esetben ezáltal a motor alaptere a hajtórúdcsapágy megnövekedett terhelése ellenére megmaradhat. A galvanikus technológiával elkészített siklóréteg potenciálja még nem bizonyított, elhatárolták azonban, hogy a rétegfelhasználáshoz új megoldásokat kell kifejleszteni. Eddig biztonsági okból a használt galvánfürdővel a réz- és az óntartalmat a siklórétegben 5% rézre és 10% ónra korlátozták. Hogy a csapágy

élettartamát tovább növeljék, szükséges volt ezeknek az elemeknek (réz és ón) a növelése. A megoldást az új metánszulfósavas fürdő jelentette, amellyel a csapágy kérgében 8% réztartalmat értek el. Az így készített új anyagnak, a Glyco-81 jelű csapágytól nagyobb a tartós szilárdsága. Ennél a siklórétegnél a kopás csak 70 MPa terhelésnél kezdődött el.

Kombinálják most a sputter csapágyat a felső és a Glyco-81 csapágy helyett az alsó hajtórúdperselyhez. Így létrejön a csapágyazás, amelynél a jellegzetes, ellentmondásos követelményeket a siklócsapágytól (a jó siklási tulajdonságok, jó illesztési és beágyazási képesség, a nagy tartós szilárdság és a jó kopásállóság) célszerű anyagkombinációkkal jobban teljesíthetjük.

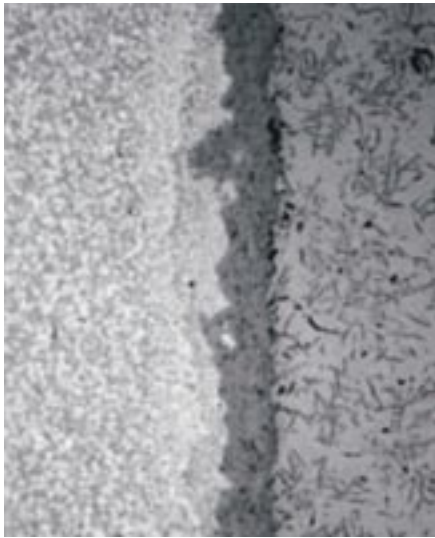
A hengeregység és futófelülete

Az öntöttvas tribológiai szempontból nagyon alkalmas anyag a hengeregység-futófelület gyártásához, és még elegendő teljesítménytartalékokat is rejt magában. A megkívánt jellemző tulajdonság, illetve követelmény a teljesítménynövelés és egyidejűleg a tömegcsökkentés. Az öntöttvas hengeregység és az alumínium motorblokk használatánál azonban kis gond mutatkozik a két anyag különböző hőtágulása miatt, mindenképp a kompakt, nagy teljesítményű motoroknál, amelynél az olajszen, vagy az égési maradványok lerakódnak és az egység működését károsíthatják. Ez az anyagátalakulás a termikus csúcs eljárással kedvezően kezelhető. Az új Goedel[®] hengeregységeknél a belső vasréteg és a külső alumíniumréteg szinte megbontathatatlannal egységes blokkot képez, amely üzem közben nem mutat résképződést. Mivel ezek a hengeregységek viszonylag kis falvastagságnál nagy szilárdságúak, a motorfejlesztőknek lehetőséget kínálnak adott esetben a hengeregység még kompaktabb megépítéséhez.

A hengeregység-futófelület megmunkálása maga is hozzájárulhat a hengeregység optimalizálásához. A Federal-Mogul vállalatnál jelenleg végzett vizsgálatok kimutatták, hogy a nagyon fényesre hódolt öntöttvas hengeregység-futófelületek a dízelmotoroknál az olajfelhasználást és a részecskékonzentrációt a kipufogógázban csökkenthetik. Három különböző hengeregység-futófelület minőség $R_a = (0,1-0,3) \mu\text{m}$ finomsággal, nagy feltöltésű 2,0-l-DI négyhengeres dízelmotoroknál az olajfelhasználás, váltakozó terhelésnél, a hagyományos hódolt furattal ($R_a = 0,9 \mu\text{m}$) szemben (70–80)%-kal csökken. A teljes részecskékibocsátásra vonatkozóan pedig, a kibocsátott füstgázban a részecske tömege 30%-kal csökkent. Sem a sorozatban gyártott gyűrűcsomagnál (CKS-kompressziós gyűrűk), sem a hengeregység-futófelületeknél nem mutatkoztak kopási gondok, az élettartam-változásra vonatkozó adatok a gyártónál rendelkezésre állnak.

Hibrid hengeregység alumíniumból és öntöttvasból

Az egyre kompaktabb, könnyebb és emissziószegény motorfejlesztési célkitűzések nagy követelményeket támasztanak a hengeregységgel szemben. Az alumínium motortömb és az öntöttvas hengeregység öntéstechnikai kötésére a Federal-Mogul egy új módszert dolgozott ki. A már gyakorlatban is alkalmazott megoldás növeli a hővezető képességet, csökkenti a hüvely vetemedését, javítja a rendszer működőképességét, növeli fokozott dinamikai terhelhetőségét. Közismert, hogy az alumínium forgattyúház öntésével együtt körbe öntött öntöttvas hengeregység kapcsolata nem problémamentes a házzal. A két anyag különböző olvadáspontja miatt nem jön létre semminemű fémszemcsék közötti kötés. Kedvezőtlen esetben öntéstechnológiai folytonossági hiányosságok, rések alakulnak ki, különösen a jobb kötés érdekében a külső felületén rovátkolt vagy bordázott hüvelyeknél. A nem megfelelő kapcsolódás kötéselhúzódáshoz, olajfogyasztás növekedéséhez vezet. A gondokat növeli, hogy a méretek csökkentése miatt a hengeregységek közötti gátszélesség csökkentése is egy állandó igény. A felsorolt problémákat tervezi csökkenteni a Federal-Mogul a hibridhengeregységgel.



Hézag- és pórusmentes AISi-kötőréteg

A hibridhüvely esetében az előmunkált alkatrész külső felületére a kötés aktiválására termikus úton AISi-ötvözetből álló kötőréteget szórnak fel. Ezzel létrejön egy hézag- és pórusmentes AISi-kötőréteg, mely az alumínium és az öntöttvas között mechanikus összekapcsolódáson és az egyes részecskék között létrejövő mikrohegesztéseken keresztül határozott kötést biztosít. A felszórással kialakuló durva szemcsés felület topográfiailag kedvező feltételeket teremt a persely nyomásos öntéssel történő körbe öntéséhez a forgattyúház öntőkokillájában. Ezzel az eljárással készült perselyeknél a dinamikus nyomáscsúcsok impulzusai a kísérletek során megduplázhatók voltak, repedések keletkezése nélkül. A készre munkált hengerperselyek fala csupán 1,2...2,0 mm.

Kísérletek igazolták, hogy a hagyományos (pl. rovátkolt felület) kötésű hüvelyeknél felléphető képlékeny azaz maradó alakváltozás léphet fel, míg a jó kötésű hibridhüvelynél azonos terhelésnél a deformáció a rugalmas alakváltozás tartományában maradt. Mindez növeli a dugattyúgyűrűk tömítő- és olajlevezető képességét. A kedvezőbb hőelvezetés miatt pedig a hengerpersely hőmérsékletcsökkenése elérheti a 10...30 °C-ot.

Mint már említettük, a nagy dinamikai kötőszilárdság révén a hibridhüvelyek esetében csökkenthető az alumínium-gát szélessége is. A korábbi megoldásoknál a 3...4 mm alá nem volt csökkenthető, sőt, egyidejűleg a gátba egy hűtőhornyot vagy hűtőfuratot kellett bemunkálni.

Az új hibridhüvelyekkel ezzel szemben már 2 mm-es gát szélességet is sikeresen próbáltak ki a motorban, így tovább csökkenthető az egyes hengerek távolsága. A Federal-Mogul fejlesztőinek célkitűzése az öntési folyamat és a hengerpersely további optimalizálása.

Összefoglalás

„Tökéletes hengeregység” csak elméletben létezik. A vizsgált, mindenkor motortípusnál a legkülönbézetesebben találjuk meg a hengeregység egyes jellemzőinek a fontosságát és a sokszínűségét, és az ebből származó követelményeket. Annál fontosabb viszont, hogy az anyagtechnológiai és a gyártási eljárások fejlesztésénél kezdettől fogva következetesen a teljes egységben gondolkozunk és azt így fejlesztjük. Csak így lehet valamennyi elem és anyag optimalizálási potenciálját teljesen kihasználni.

**Enyingi Kálmán
Dr. Pordán Mihály**

Gratulálunk!

Egy szakmai folyóiratot, egy szerkesztőség munkáját azok a szakírók, elismert szaktekintélyek teszik nagygyá, akik cikkeikkel szellemi környezetet teremtenek, a világ műszaki fejlesztéseit bemutatják, közérthető szakmai nyelvre átültetik azokat, miközben széles látókörük révén, több évtizedes szakmai tapasztalatuk szűrőjén átvezetve kiegészítik, értékelik, így téve még értékesebbé az adott szakterület egy-egy műszaki fejlesztéséről szóló beszámolót, hírt.

Dr. Pordán Mihály aranydiplomás alkotó szerkesztőnk ezen meghatározó személyek közé tartozik. Ezzel el is árultuk, hogy minek az okán illik most tiszteletünket kifejezve gratulálni. Pordán Mihály 1954. december 22-én vette át gépészmérnöki diplomáját a Rákosi Mátyás Nehézipari Műszaki egyetemen, Miskolcon, tehát ötven éve. Az Egyetem az 50. évét átkeftett értékes szakmai tevékenységét aranyoklevéllel ismerte el.

Tevékenysége mindig a gyártás- és gyártmányfejlesztéshez kötődött, a szakmai életút a pápai Elekthermaxnál kezdődött 1954-ben, majd állomásai

Szakirodalom:

1. Dr. Eckhart Schopf (Federal-Mogul in Wiesbaden) - Markus Müller (Federal-Mogul in Burscheid) – Markus Heilig ((Federal-Mogul Sealing Systems GmbH.): Neue Werksoffe für das Zylindersystem Sonderausgabe von ATZ und MTZ 1999/2000.
2. federal-mogul.com / History
3. federal-mogul.com / Federal-Mogul Burscheid GmbH / Goetze GmbH.
4. glyco.de / Federal-Mogul Wiesbaden GmbH & Co. KG. / Glyco Metall GmbH.
5. adlexion.de / Federal-Mogul GmbH in Nürnberg / NÜRAL (ALCAN) GmbH című internetes honlapok
6. MTZ 2004/9.
7. MTZ 2004/10.

voltak a Győri Szerszámgyár, a RÁBA, az Ikarusz, az Autókut.

Dr. Pordán Mihály nevét azonban nem csak egy viszonylag szűk, autóiipari tervező, gyártó – ma már jobbára nyugdíjas korú – szakmai kör ismeri, hanem a ma aktív autófenn tartó ipar szakemberei is. Köszönhető ez annak, hogy hosszú éveken át (1975-1992 között) tanított a győri Széchenyi István egyetem jogelőd intézményében, és volt egy ideig az Autógépész tanszék tanszékvezető docense is. Innen ment nyugdíjba 1992-ben. Ipari kapcsolatai, kutatás-fejlesztési megbízásai révén elsősorban a járműszerkezeti felújítás-technológiákban - haszongépjármű fékszerkezetek, szervokormányok, automata sebességváltók - szerzett nagy jártasságot. 1984-ben megvédett doktori disszertációjának témája is fékszerkezetek gyártástechnológiájához kötődik.

Szakelőadói és szakírói munkássága nyugdíjas éveiben új lendületet kapott, az Autótechnika folyóiratban és jogelődeiben már több mint 300 cikke jelent meg.

A szép jubileumhoz gratulálunk, munkájához további jó egészséget, tőretlen munkakedvet kívánunk!