

Az anyagvizsgálat 20 éve

Időutazás az ipari technológiában

Mit várunk az anyagvizsgálattól? Pontosítva a kérdést, ki mit vár az anyagvizsgálattól? Kinek is fontos ma vagy az elmúlt időkben az anyagvizsgálat alkalmazása, a kapott mérési eredmények? Írásunkban az idén 20 éves Grimas Kft. ügyvezetője tekinti át két évtized legfőbb változásait a ma már valamennyi iparág által igényelt anyagvizsgálat területén.

► GONDOLJUK CSAK EL, LEHET-E MÉRÉS NÉLKÜL GYÁRTANI?

Sokan hajlamosak mérésen csak az alkatrészek fizikai méreteinek meghatározását érteni, de ez már régóta nem elegendő. Mérni kell az anyag meglévő és (esetleg) időben változó szerteágazó jellemzőit, hiányosságait. Mind a kimenő termékekénél, mind az üzemelő berendezéseknél nagy jelentősége van a megbízható anyagvizsgálati eredményeknek.

Az anyagvizsgálat mindig egy-egy jelentős ipari vagy anyagtudományi fejlődési lépcső eredményeképpen haladt előre, ezáltal vezettek be újabb és egyre tökéletesebb ellenőrzési módszereket. Jusson eszünkbe a vasút, a gőzgép, a hídépítés, az erőművek vagy más oldalról a hőkezelés, a képlékeny alakítás (kovácsolás), a hegesztéstechnológia fejlődésének egy-egy állomása.



Fázisvezérelt ultrahangos készülék, kétdimenziós metszetkép ábrázolásával

lézer-extenzométer), amelyek fizikai-matematikai alapjait már az 1990-es évek elején lefektették, futott a prototípus, mégis a megbízható ipari alkalmazást csak a processzorok sebességének jelentős növekedése után lehetett bevezetni, mert akkor vált feldolgozhatóvá a rendszerhez kapcsolódó hatalmas adathalmaz.

A műszerek fejlődésében a másik nagy változást a mikroelektronika hihetetlen gyors fejlődése hozta, amely az elmúlt időszakban lehetővé tette a mérés-határok kiterjesztését, miközben javult a mérési pontosság és a mérések megbízhatósága is. A két fejlődési irány együttes eredményeként ma az anyagvizsgálat képes lépést tartani, sőt „előre húzni” a fejlődést. Erről az oldalról nem lehet

Számítástechnika és mikroelektronika hajtóereje

A kilencvenes évek elején az anyagvizsgálat területére is betört a számítógép. Először elsősorban az adatgyűjtés vonatkozásában. Korábban nem volt lehetőség gépi adatgyűjtésre. A plotterek és regisztrációs tekercsek, a milliméterpapírok világában éltünk, az eredményeket ezekről „kézzel” lehetett összegyűjteni, összevetni. Azt már korábban felismerték, hogy számos jelenséget, jellemzőt csak statisztikai úton, megfelelő adathalmazból lehet jól kiértékelni. Az első komoly fejlesztések elsősorban arra irányultak, hogy a korábban tervezett anyagvizsgáló műszerek mérési eredményeit hogyan lehet pontosabban rögzíteni, összegyűjteni, illetve ezeket megfelelő matematikai algoritmusokkal egységes egészzé formálni, ezáltal a korábbiaktól több következtetést gyorsabban levonni és azokat a kutatásban, fejlesztésben, termelésben felhasználni.

Az anyagvizsgálat egyik lényeges eleme, hogy a különböző jelenségekről adatokat gyűjt és rendszerez. A számítógépek fejlődése meghozta a mérési adatok szupergyors, nagy tömegű feldolgozását. Le tudunk képezni valamennyi matematikai modellt, nem akadály a hatalmas adattömeg speciális, gyors feldolgozása, megfelelő dokumentálása, szükség esetén a mérések több mérőciklusban történő összehasonlítása: például egy adott szerkezet két különböző életciklusban történő állapotának összehasonlítása. Vannak olyan mérőrendszerek (ilyen többek között a

akadály a minimális indikációkat biztonsággal megmutatni olyan szórás- és megbízhatósági mutatók mellett, amelyek a mérési eredményeket egzakttá teszik. A továbbiakban nézzünk meg néhány jellemző vizsgálati módszert: hogyan fejlődtek napjainkig, és mit várhatunk el ma az egyes vizsgálati ágazatban használatos korszerű berendezésektől, műszerektől.

Vizsgálati módszerek fejlődése

■ **Keményiségmérés** A keménységmérés alapjait, a ma is szabványos eljárásokat a múlt században dolgozták ki. A keménységmérő gépek sokat fejlődtek ugyan az évek során, de megmaradtak a mechanikus működésnél. Mondhatni, hogy a keménységméréssel összefüggő finommechanikák és a hozzá kapcsolható optikák fejlődésében minden olyan megvalósult, amit csak ezen a területen el lehetett érni.

Az utóbbi tíz évben a korábbi elvek és fejlesztések lényegét megtartva a legújabb technika bevezetésével mégis hatalmasat tudott továbblépni ez az anyagvizsgálati ág. A továbblépés elemei: kiváltották a súlyterhelést, és helyette bevezették az erőmérő cellákat és szervomotorokat, ezáltal a gépek könnyebbek és precízebbek lettek. Az elmozdulásokat most már nem mechanikus úton, hanem elektromos elmozdulásmérővel határozzák meg, ezáltal valóban mikronos



Korszerű röntgenátvilágító kabin digitális vezérlőpulttal



Rekonstruált CT kép és metszet alumínium alkatrészekről

pontossággal lehetséges a mérés. A képmegjelenítésben a cserélhető objektívek helyett motoros zoomrendszereket vezettek be, így szükségtenné vált a műveletek közbeni objektívváltás. Mindezeket elektronikus-szoftveres vezérléssel tették teljessé, amiről elmondható, hogy forradalmi áttörést hozott.

A mai gépek már jól automatizálhatók, képesek az adattárolásra. A további fejlődést az optikai oldal és a motoros mozgatóasztal összekapcsolása hozta. Ma ezzel a továbbfejlesztéssel nem probléma a helymeghatározás, a keménységfutam görbe teljesen automatikus felvétele és kiértékelése. A számítógép bekapcsolódásával természetes, hogy a mért értékek ábrázolása is gond nélkül lehetséges, továbbá megoldható a toleranciahatárok automatikus figyelése, a felületek korrekciója is. A számítógépek világában a mérések minden paraméterét tartalmazó jegyzőkönyv is egy gombnyomással elkészíthető.

■ **Szakítógépek** A szakítóvizsgálat az egyik legrégebbi vizsgálati mód. Ennek elve az évtizedek folyamán nem változott, míg a szakítógépek a többi anyagvizsgáló berendezéshez hasonlóan nagyon sokat fejlődtek. Az analóg mérőórát és a – ma már megmosolyogtató – ceruzás szakítógörbe-rajzolást felváltotta a számítógépes digitális adatgyűjtés, amely megengedi az eredmények tetszőleges mértékegységek szerinti kijelzését, valamint a szakítógörbe rendkívül nagy felbontású megjelenítését. A legújabb szabványok szerint a szakítóvizsgálat sebességét a próbatest nyúlásának mértéke szerint kell beállítani, ehhez pedig különböző érintésses vagy akár video-, illetve lézeres nyúlásmérőket szükséges alkalmazni. Ezen új szabványnak kizárólag a legmodernebb vezérlőelektronikával működő szakítógépekkel lehet megfelelni.

A digitális vezérléseknek köszönhetően egy mai szakítógép akár 0,0001 mm/min sebességgel is tud vizsgálatot végezni, miközben erőfelvétele mN felbontású lehet. Manapság ezt a pontosságot nemcsak az ipari, hanem az orvosi (implantátum) anyagok kutatásában is sikerrel használják.

■ **Röntgenvizsgálat** Az átvilágítás területén már több mint ötven éve használják a kamerákat. Itt ugyanis már akkor is fontos volt, hogy a kiértékelést és a felvételezést egymástól térben és távolságban is szét tudják választani a minél tökélesebb sugárvédelem érdekében. Először az tűnt járható útnak, hogy a sugárérzékeny lemezről – akkor még analóg – kamerákkal készült felvételek minőségét javítsák új digitális kamerákkal, de ebben az időben indult meg a digitális tévékészülékek robbanásszerű fejlődése. Ennek köszönhetően tíz éven belül sugárérzékeny, úgynevezett flatpanelek (praktikusan a digitális LED-tévé fordítottja) jelentek meg, amelyek már a képpontokat közvetlenül digitalizálták. Ez tette lehetővé azt a hatalmas fejlődést, hogy a képfelbontás hirtelen több nagyságrenddel nőtt.

Ma már oda jutottunk, hogy nem a képfeldolgozással van a probléma, hanem a megfigyelésre kerülő objektumok precíz mozgatása jelenti a felbontás, a pontosság határait. A jelenség oda vezet, hogy a röntgenkabinokban lévő tárgymozgató berendezéseknek hasonló pontosságúnak kell lenniük, mint egy 3D-s mérőgépnek, hogy ki tudjuk használni a képmínőségben rejlő előnyöket. Az átvilágítás mellett megjelent a kombinált átvilágító-CT berendezés, ahol lehetőség van a kritikus helyeken és (vagy) hibáknál a gyors háromdimenziós vizsgálatra való átkapcsolásra, ugyanakkor megmarad a gyors sorozatvizsgálat lehetősége is.

■ **CT megjelenése** A belső hiányok 3D-s megjelenítésének igénye, a helymeghatározás pontossága, illetve sok esetben a méret pontos gyártás gyors ellenőrzése a komputer-tomográfia (CT) rendkívül gyors terjedését hozza magával. Pillanatnyilag ez az egyetlen ellenőrzési mód a belső zárt üregek, terek roncsolásmentes vizsgálatára, beleértve az összeszerelt üzemelő technikák működési problémáinak ellenőrzését is. A cél olyan úgynevezett rekonstruált képet előállítani, amely digitális képként további műveletekhez, más programokhoz és felhasználásokhoz illeszthető, illetve itt megjelent előny még az alkatrészek adatainak eltárolása és az adatok újbóli felhasználhatósága. Ez a módszer tényleg belelát a szerkezetekbe, képes a helytelen működés problémáit felderíteni.

Az igény egyrészt a mikrométerek irányába hat, ahol az elektronikai és a mechatronikai elemek ellenőrzése válik lehetségessé. A nagy pontosság (néhány mikron), a nagyon finom képkalkotás és a nagymértékű nagyítás elérése a cél. A másik irányban a nagyobb méretű öntvények és szerelt gyártási egységek (például motorblokkok, komplett motorok) ellenőrzése a feladat. Ez esetben a cél a teljesítmény növelésével kiterjeszteni a felső méret- és vastagsághatárokat, hogy minél több elemet lehessen komplex vizsgálat alá vonni. A piacon már megjelent a 600 kV-s röntgencső, illetve elérhetők az egyedi építésű, nagy teljesítményű gyorsítóberendezések (9–12 MeV), amelyekkel lehetséges ipari körülmények között szerelt nagyméretű szerkezetek vizsgálata is. Ezek a központok a kutatás-fejlesztés mellett szolgáltatólaboratóriumokként is működnek.

■ **Termográfia, infraképkalkotás** Az infrahullámok létezését már több mint kétszáz éve felfedezték, de csak ötven éve tudják detektálni, mérni és megjeleníteni ezt a hullámtípust. Természetesen az elektronika és a számítástechnika fejlődésével kutatása, alkalmazása egyre jobban felgyorsul. A detektálóegység



Hordozható CCD spektrométer valamennyi üzemi elemzési feladatra

fejlődésében bekövetkezett forradalmi változást a hűtés nélküli mikrobolométer jelentette körülbelül húsz évvel ezelőtt. A több tíz kilós rendszerekből, amelyek tápellátó, képmegjelenítő, adattároló és hűtő összetevőkből álltak, mára 2 kg alatti tömegű, egykezes felhasználású eszközök fejlődtek. A megközelítőleg 1-5 °C pontosságú, lassú pont- és vonalszkennerekből ma 10 mK-es, nagy sebességű rendszerek alakultak ki.

■ Ultrahangos vizsgálatok

A hagyományos ipari ultrahangos vizsgálat képi megjelenítése meglehetősen egyszerű, praktikus csak a visszaverődő impulzusokat képes ábrázolni, emellett a vizsgálatnak még számtalan geometriai és számítási megfontolást kell tennie, hogy a vizsgálati eredmény előálljon. Ezért is volt korábban komoly irodalma a vizsgálat megbízhatóságának, mert túl nagy jelentőséget tulajdonítottak az „emberi tényezőnek”, a szubjektivitásnak. A fejlődés első lépése a képernyő digitalizálása volt, majd ezen keresztül a beállítások, geometriák előprogramozása. De ezek még mindig csak egyedi impulzusokat tudtak megjeleníteni.

Ma már az úgynevezett fázisvezérelt készülékek harmadik generációjánál tartunk. Ezek a készülékek, hasonlóan az orvosi területen már régóta alkalmazott megoldáshoz, teljes értékű 3D-s képen képesek bemutatni a vizsgálati objektumok belső struktúráját. Ugyanakkor az egyreztű vizsgálszenzorok helyett multirezgós szenzorokat fejlesztettek ki, amelyek vezérlése is digitalizálttá vált, ezen keresztül az teljes vizsgálati metódus optimalizálható, az adott anyagminőségre és geometriára konfigurálható. Egyúttal lehetővé vált az ultrahangvizsgálatok teljes dokumentációja, ahol megfelelő pontosság, gyorsaság és megbízhatóság áll rendelkezésre egy belső hiba térbeli elhelyezkedésének pontos kijelzésére.

A korszerű fázisvezérelt technika érzékenységben, a mennyiségi és minőségi információk elérhetőségében, hibadetektálhatóságban és gyorsaságban hozott újat a hagyományos eljárásához képest. Várhatóan a következő években hazánkban



A keménységmérő gép a teljes felület letapogatására alkalmas

is rohamosan terjedni fog az alkalmazása, így megfelelő egyensúlyba kerül a röntgenvizsgálattal, amelynek alkalmazása csak ott marad meg, ahol az elkerülhetetlen.

■ Spektrométerek

Néhány évtizeddel ezelőtt még csak teljesen (abszolút) analóg feldolgozású spektrométerek léteztek, amelyeknél az egyes anyagokról viszszaverődött fény spektrumot ismert optikai felvételekkel hasonlították össze. A kezelőknek hatalmas gyakorlattal kellett rendelkeznie a megfelelő összevetéshez, gyakorlatilag az emberi szem és az agy helyettesítette a komputeret. Ezután fejlődtek ki a fénybeütések kvantitatív mérésén alapuló mérőberendezések, amelyek már számítógép közreműködésére alapoztak.

A CCD lapok (lásd a legkiforrottabb alkalmazást a digitális fotózásnál) segítségével indult el egy új lehetőség. A fény bontásakor jelentkező spektrumot az elektronikára vetülés pillanatában lehet digitalizálni és megfelelő szoftverek segítségével feldolgozni. Ma már a CCD spektrométerek vetekszenek a foto-elektroncsöves készülékek pontosságával. A CCD lapok felbontásának növekedésével 3-5 ppm nagyságrendben is lehetségessé válik a pontos feldolgozás, kiértékelés. A pontosságon kívül nagy előny, hogy a mérés nincs kötve adott csatornaszámhoz, hanem lehetséges a teljes spektrum számtalan elemének pontos kiértékelése. A műszerek az eltérő felhasználási igényeknek megfelelően különböző pontossági osztályokban készülnek. Alkalmazásuk egyszerű, árfekvésük kedvező, nem jelent nagy megterhelést a beszerzésük.

Az anyagvizsgálat célja és jövője

Ahogy a bevezetőben is említettük, az anyagvizsgálat nem önálló tudomány, hanem a gyártásellenőrzés, az üzemeltetés, a kutatás eszköze. A cél a kockázat minimalizálása, amely vonatkozik az új és üzemelő berendezésekre, gyártóeszközökre egyaránt.

Korunkban változnak a biztonsággal kapcsolatos felfogások. A közvélemény a technika fejlődésével elvárja az „abszolút” biztonságot. Ez a műszakiak számára nehezen értelmezhető. Az bizonyos, hogy nem dolgozhatunk a hagyományos biztonsági tényezővel, ennél ma a mérnöki társadalomnak többet kell nyújtania. A fejlődés új anyagokat hoz, elsősorban az autógyártásban törekednek a súlycsökkentésre. Az ipari tervezőktől egyre finomabb, árnyaltabb szerkezeteket várnak el, de ehhez korszerűbb, megbízhatóbb vizsgálatok, ellenőrzések kellenek. Ez az anyagvizsgálat számára új kihívásokat, gondosan mérlegelt, adott esetben komplex ellenőrzési sorozatokat jelent, hogy a legkisebb eltérést is jelezni tudjuk, hogy a gyártók, üzemeltetők ennek alapján kézben tudják tartani a folyamatokat, fenntarthatassák az állandó fejlődést és a joggal elvárható maximális biztonságot.

Harnisch József



A lézer-extenzométer érintésmentesen, mikronos pontossággal képes mérni a próbatest nyúlását

info@grimas.hu

www.grimas.hu

