

TECHNOLÓGIA INNOVÁCIÓ AZ ULTRAPRECÍZIÓS MEGMUNKÁLÁSOK TERÜLETÉN

INNOVATION OF HIGH-PRECISION MACHINING

Dr. Ing. Mészáros Imre*, Dr. Ing. Reith János**

ABSTRACT

A Direct-Line Kft. az elmúlt években jelentős beruházással ultraprecíziós laboratóriumot létesített, abból a célból, hogy szolgáltatásaival elsősorban a hazai kutatás-fejlesztést és gyártást segítse. A laboratóriumban a szabályos élű forgácsolás mellett a szikraforgácsolásnak is fontos szerep jut. A technikai bázist jól felkészült kutatók működtetik. A laboratóriumban fontos szerep jut azoknak a hazai találmányok realizálásának, amelyek az ultraprecíziós technikát és technológiát igényelik.

BEVEZETÉS

Az alkatrészgyártásban alkalmazott megmunkálási technológiák pontossága folyamatosan nő, napjainkban közel állunk ahhoz, hogy elérje az atomi szerkezet fizikai határát Taniguchi szerint. A pontosság folyamatos növekedése nem csak a nanotechnológiákra igaz, hanem egyaránt érvényes a hagyományos, precíziós és az ultraprecíziós megmunkálásokra is. Az előállított termékek használati értékét a beépített alkatrészek minősége nagymértékben meghatározza. A csúcstechnológiát képviselő gyártmányok elkészítéséhez ma elérhető technológiai lehetőségek mellett is további olyan eszközök, módszerek fejlesztése szükséges, amelyek garantálni képesek a termékekkel szemben támasztott magas műszaki színvonalat. A jelenleg folyó kutató-fejlesztő munkák célja a megfelelő technológiai feltételrendszer meghatározása, amely az egymásnak sok tekintetben ellentmondó minőségi követelmények egyidejű teljesítése mellett, a költséghatékonyság szempontjait is teljesíteni képes. Az ultraprecíziós technológia fejlesztése és racionalizálása a következő területeken jelent megoldandó kutatás - fejlesztési feladatokat:

- edzett acélból vagy más kemény anyagból készült alkatrészek megmunkálása;
- optikai minőségű felületek gyémánt szerszámmal történő gyártása;
- optimális szerszámgeometriák kidolgozása az egyedi igényeknek megfelelően;
- a munkadarab megfogás és a mérés technika területén felmerülő problémák megoldása;

*docens, kutatás-fejlesztés vezető, ultraprecíziós megmunkálások, Direct-Line Kft., e-mail: meszaros.imre@dldh.hu

**ügyvezető igazgató, Direct-Line Kft., e-mail: reith.janos@dldh.hu

Kiemelten fontos kérdésnek tekintjük a folyamatbiztonságot befolyásoló tényezők feltárását.

ULTRAPRECÍZIÓS MEGMUNKÁLÁSI TECHNOLÓGIÁK LÉNYEGE

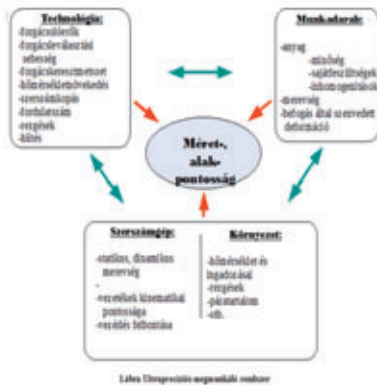
A szakemberek és a kutatók között vita folyik arról, hogy a Taniguchi által felvetett teljes megmunkálási pontosságot hogyan kell a hétköznapi gyakorlatban értelmezni és alkalmazni. Az ipari gyakorlatban általában nem egyedi felületeket gyártunk, hanem összetett, komplex alkatrészeket, ugyanakkor sok esetben egy-egy felület, vagy méret egy-egy jellemző paramétere eldönti az alkatrész jóságát vagy pontossági osztályba sorolását. Ilyen értelemben ultraprecíziós megmunkálások közé sorolhatjuk a gyémánt egykristály szerszámmal történő tükröfelület esztergálást, hiszen a meghatározó minőségi paraméter a felületi érdesség néhány nanométer nagyságrendbe esik. Jogosabban vitatható az edzett acélok CBN szerszámmal, ultraprecíziós gépen történő megmunkálása, ahol a méret- és alak-pontosság ugyan 1 µm körüli, de az elérhető felületi érdesség akár a 20 nanométert is elérheti. Mivel a mikrométer körüli megmunkálásokra a precíziós jelző elfogadott és általánosan alkalmazott, ugyanakkor a 20 nanométer körüli átlagos érdesség csak különleges esetben érhető el, indokolható módon használhatjuk ezekre a megmunkálásokra általánosan az ultraprecíziós jelzőt.

Az alkatrészek alakjának komplexitása szerint egy újabb szempont merül fel. Szabályos élű szerszámmal, CNC gépeken történő forgácsoló megmunkálás jelentősen lerövidítheti a megmunkálási időt és edzett kemény anyagok esetén (50-70 HRC) az eddig alkalmazott köszőrüléssel szemben, jelentős költségcsökkenéshez vezethet. Előnyeiből kifolyólag számos ipari területen kerül újabban bevezetésre az ultraprecíziós esztergálás. Tipikusnak tekinthető alkatrészek a hidraulikus dugattyúk és szelepek, gördülő csapágyak, hidrosztatikus és aerosztatikus csapágyak alkatrészei, valamint olyan tükröfelületek, mint a nagyteljesítményű lézer-optikák, Fresnel-lencsék, prizmák. Az informatikában és multimédiában is nagy szerepet kap a videó fejek, fénymásoló dobok gyártásában. A mérés technika területén gyűrűs és dugós kaliberek, műszeralkatrészek gyártására kerül alkalmazásra.

ULTRAPRECÍZIÓS MEGMUNKÁLÁS FELTÉTELEI

A megkívánt méretpontosság és felületi érdességi értékek csupán megfelelő körülmények között érhetőek el. Az ultraprecíziós megmunkálás laboratóriumi körülményeket igényel, amelyek Magyarországon a Direct-Line Kft. ultraprecíziós laboratóriumában állnak rendelkezésre.

A következő ábra szemlélteti ezeknek a paramétereknek összefüggéseit:



1. ábra. Ultraprecíziós megmunkáló rendszer

A hőmérsékletingadozás kedvezőtlenül befolyásolja az elérhető pontosságot. Ezt a hatást azzal lehet mérsékelni, hogy légkondicionált környezetbe helyezük a gépet és szabályozzuk a munkadarab hőmérsékletét. A laboratóriumban az állandó hőmérsékletű és pormentes környezetet a hőszigetelt falak, beépített légkondicionáló és légszűrő berendezések biztosítják. Az ultraprecíziós technológia technikai bázisa ugyan egy meghatározó összetevője a gyártási folyamatnak, de legalább olyan fontos a kezelő személyzet felkészültsége.



2. ábra. Ultraprecíziós laboratórium

MÉRÉSTECHNIKA JELENTŐSÉGE

A gyártás során nem elegendő a megmunkálás pontosságát elérni, azt mérésekkel is igazolni szükséges. A

méréstechnika általános alapelve szerint a mérőeszközök pontossága egy nagyságrenddel jobb kell legyen, mint a megmérni kívánt munkadarab tűrése. A gépen kívüli mérésre a laboratóriumban egy szeparált mérőszoba áll rendelkezésre, amelyben a legyártott munkadarabok minősítése megoldható.

MÉRÉS A GÉPEN BELÜL

Az ultraprecíziós gépek mérőrendszere nagyságrendekkel pontosabb, mint sok esetben a gyártási pontosság. Renisaw mérőtapintók felszerelésével a gépen 1 µm körüli méretellenőrzést hajthatunk végre a forgácsolás megszakításaikor. Szükség esetén a méretkorrekció azonnal végrehajtható. A 3. ábra erre mutat példát.



3. ábra. Renisaw mérőtapintó mérés közben.

ALKALMAZÁSI TERÜLETEK



4. ábra Ultraprecíziós esztergált alkatrészek

A korszerű anyagok egyre pontosabb megmunkálása érdekében, a már-már optikai minőségű felületi érdesség elérése, a gazdaságossági követelmények olyan új elvárásokat jelentenek, amelyek teljesítésére cégünknel alap-, alkalmazott kutatások és kísérleti fejlesztések folynak. Az ultraprecíziós laboratórium mellett korszerű előadótérem segíti a gyakorlati tapasztalatok, kutatás-fejlesztési eredmények közvetlen átadását. A képző- és kutatóközpont hazánkban páratlan lehetőségeket kínál az alkalmazás

zott kutatásban és ipari fejlesztésben a legkülönbözőbb területeken működő iparvállalatok számára. A K+F tevékenységben való közreműködéshez Magyarországon egyedülállóan képzett kutatócsoport áll rendelkezésre az alábbi területeken.

NAGYPONTOSSÁGÚ ALKATRÉSZGYÁRTÁS

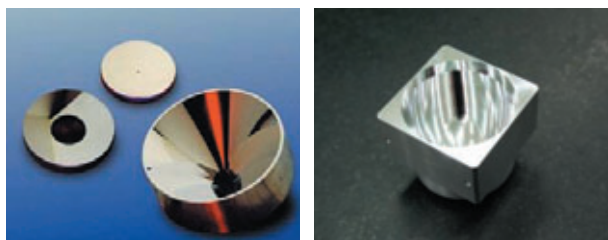
Minden olyan esetben ajánlott alternatíva az ultraprecíziós forgácsolás, amikor a gyártandó munkadarabok mértékadó mérettűrése a néhány mikrométeres tartományba esik, és az anyagminőségtől függetlenül elvárás a nagy méret-, alak- és helyzetpontosság, a jó felületi minőség, valamint a forgácsolási idők jelentős csökkentése.

Az eljárás előnyei:

- Széles anyagválaszték: edzett acél, keményfém, egzotikus anyagok (pl.: ultrafinom szemcsés, Cr-Ni-Ti szuperötvözetek).
- Nagy keménység: akár 45-70 HRC munkadarabok is gyárthatók az IT 3-5 tűrésmezőkön belül.
- Költséghatékonyság: a felületi érdesség javítását célzó utólagos megmunkálások (polírozás, rövid- és hosszúlökötű honolás) időigénye lényegesen lecsökken.

OPTIKAI FELÜLETEK ELŐÁLLÍTÁSA

Tükörfelületű alkatrészekre szükség van az ipar legkülönbözőbb területein, mint például a csapágy- és szerszámgyártók, autóiipari beszállítók, orvosi eszköz-, műszer- és protézisgyártók, optikai elemeket és eszközöket előállítók körében. Egy közös mindegyik területen, extrém nagy pontosságra van szükség. Az ultraprecíziós esztergálási eljárással előállítható olyan optikai felület, ahol a mértékadó tűrés az 1 mikrométer, a felületi érdesség a 10 nm értéket kell elérje. Az előállítandó felületek rendelkezhetnek tetszőleges kontúrral, lehet sík, kúp, szférikus vagy aszférikus felület. Az 5. ábrán a Hembrug gépen optikai felülettel készült alumínium és rozsdamentes acél alkatrészek láthatók.



5. ábra. Gyémánesztergált tükörfelületek

Az eljárás jól alkalmazható olyan optikai elemek kis sorozatú gyártásakor, amikor elengedhetetlen a magas reflexió vagy transzmisszió, az alakhűség és a karcmentes felület. Előállíthatók fémtükrök könnyű- és színesfémekből, lencsék, prizmák optikai polimerekből.

A technológia segítségével létre hozható felületek jellemzői:

– Tetszőleges kontúr: sík, kúp, szférikus vagy aszférikus optikai felületek, Fresnel-lencsék, prizmák.

Hatékonyan támogatni képes a csapágy- és szerszámgyártók, autóiipari beszállítók, orvosi eszköz-, műszer- és protézisgyártók, optikai elemek és eszközök előállításának, a fenti előnyöket kihasználni képes fejlesztők technológiai igényeit.

A jelenleg letelepített gép megmunkálási tartománya:

- A megmunkálható átmérő 150 mm (síktárcsával 400 mm).
- Az előtolási hossz 350 mm, $l/d = 3$ (legfeljebb 5), főorsó fordulatszám 4000 1/min.
- A gép sík és forgásfelületeken túlmenően a mérettartományon belül tetszőleges menetek nagy pontosságú megmunkálására is alkalmas.

NAGYPONTOSSÁGÚ KEMÉNYESZTERGÁLÁS, MINT A KÖSZÖRÜLÉS ALTERNATÍVÁJA

Az elmúlt 50 évben végbement technológiai fejlődésnek köszönhetően lehetőség nyílt az edzett anyagok forgácsoló megmunkálására. A nagy pontosságú keményesztergálás az abrazív eljárások versenyképes alternatívája. A következő, 6. ábrán látható táblázat a két technológia közötti különbségeket foglalja össze:

Összehasonlítási kritérium	Keményesztergálás	Köszörülés
szerszámél	szabályos, egy élű	szabálytalan, több élű
termelékenység	általában nagyobb termelékenységet mutat ugyanazon a megmunkált alkatrészen, összetett alakoknál gazdaságosabb (menet, furat)	egyszerű geometriánál olcsóbb, bonyolult geometriánál drágább, profilos korongot kell használni
szerszámváltás	egyszerűen megoldható => simítás is realizálható	gyakorlatilag nincs, nagyon költséges
forgácsolási sebesség	közepes $v = 120 \dots 200$ m/min	nagy $v_{\min} = 10 \dots 80$ m/sec
hűtés	száraz megmunkálás: nem szükséges a hűtés => tiszta marad a forgács, eladható munkadarab megtisztítása elmarad	környezetkárosító köszörüiszap, hűtőfolyadék beszennyezi a forgácsot
passzív erő	UP-nál: nagyobb az re, mint a fogás => nagy passzív erő, nagyobb mint a főforgácsolóerő	nagy a passzív erő
ciklusidő	rövid	hosszabb
előkészületi idő	rövid	hosszabb
energetikai hatásfok	magas	alacsonyabb

6. ábra. A keményesztergálás és a köszörülés összehasonlítása

A munkadarab anyagának edzése és nemesítése következtében vetemedés lép fel, ami azt vonja maga után, hogy a finommegmunkálás csak hőkezelés után történhet. Ebből kifolyólag általában az ultraprecíziós esztergálási megmunkálás egyben keményesztergálási eljárás is.

A nagy mechanikai igénybevételnek kitett alkatrészek gyártása során, melyeknél magas alak és méretpontosság volt az elvárás, a megmunkálás eddig edzés utáni állapotban, a meglehetősen időigényes és költséges köszörülési eljárással volt megvalósítható. Amint a fenti táblázatból kiderül, a keményesztergálás termelékenység szempontjából előnyösebb tulajdonságokkal rendelkezik, melyeket egyre több gyártó vesz figyelembe és alapozza rájuk a megmunkálási technológia megválasztására vonatkozó döntéseit. A versenyképesség nem csak gazdaságossági szempontból igaz, hanem műszaki paraméterek tekintetében is. Esztergálással olyan felületek is megmunkálhatók, amelyek köszörüléssel egyáltalán nem vagy csak nagyon körülményes módon.

ÖSSZEFOGLALÁS ÉS ÁLTALÁNOS MEGJEGYZÉSEK

A 80-as évek közepén a Csepeli Szerszámgépgyár által HEMBRUG licence alapján gyártott „Ultratum” esztergák mára már elavultak. Ugyanakkor a gépeken szerzett technológiai ismeret megmaradt, jó alapot szolgáltatott egy a kutatás-fejlesztést és az ipari szolgáltatást egyaránt szolgáló Ultraprecíziós Laboratórium létesítéséhez. A Direct-

Line Kft. az elmúlt években ultraprecíziós laboratóriumot hozott létre, amely az ipari üzemek számára az említett területen kutatás-fejlesztési, prototípus- és kisebb sorozatú gyártási szolgáltatásokat lát el. A laboratóriumban egy HEMBRUG Slantbed-Mikrotum 100 CNC ultraprecíziós eszterga, egy Charmilles ROBOFIL 6050 TW 5 tengelyes precíziós huzalos szikraforgácsoló gép, egy Fehlmann 5 tengelyes CNC marógép és egy Gildemeister CTX 420 Linear 4 tengelyes esztergaközpont, mint meghatározó alapgépek állnak a technológiai fejlesztések szolgálatában. A laboratórium aktív kapcsolatot tart fenn az Egyetemekkel, (kutatási témák kidolgozása, PhD doktorandusok foglalkoztatása, diplomatervek készítése és konzultálása), így a laboratóriumban dolgozó kutatók összetett, magas színvonalú kutatási-fejlesztési feladatokat is ellátnak. A laboratóriumot egy 80-100 fő befogadására alkalmas előadóterem egészíti ki, amely lehetőséget nyújt az új korszerű ismeretek átadására. A Direct-Line Kft. az ultraprecíziós megmunkálások területén megvalósította a technológia transzfert, azaz a kutatási eredmények ipari gyakorlatba történő átültetését. Példa erre a magyar szabadalomként bejegyzett gördülő elemes hajtás, amelyet joggal tekinthetünk a 21. század hajtóművének, és amelynek ipari terméké történő fejlesztése, mind konstrukciós kialakítás, mind gyártástechnológia területén az egyetemi kutatóhelyekkel szoros együttműködésben történik.

IRODALOM

Taniguchi: Nanotechnology, Oxford, 1999