

ARTIKULUA

Doitasun-ingeniari-tza, makina-erreminta garatzeko ezinbesteko elementuA

- *Makina-erremintaren doitasuna hobetzea funtsezko helburua da fabrikatzaileentzat eta erabiltzaileentzat (makinen eta -ekoizpen-sistemen garapena eta erabilera) fabrikatu beharreko produktuen zehaztapenak betetzen direla ziurtatzeko. Makinan neurtzea eta akatsik gabeko fabrikazioa dira ikerketa mailan garatzen ari diren kontzeptuetako batzuk, gero makina-erremintan aplikatzeko eta doitasun handiagoa lortzeko, baita pieza handiagoetan ere.*

Doitasun-ingeniari-tza da makinak, ekipamenduak eta produktuak diseinatzera eta garatzera bideratutako ingeniari-tza, beste edozein baldintzaren aurretik doitasuna lehenestea xede duten oinarriko printzipioei jarraituz.

Doitasuna zenbait produktuekin lotu izan da, hala nola erlojuarekin, eta baita zenbait herrialderekin ere, esaterako Suitzarekin, baina doitasuna kontzeptu askoz zabalagoa da. Oro har, sistema bat doia dela esan daiteke bere zeregina eta bere funtzioa, helburuari dagokionez, akatsik egin gabe betetzen baditu eta akatsak oso txikiak eta zenbagarriak badira.

Elkarrekin lotura handia duten hiru kontzeptu ulertu behar dira doitasunaz hitz egiten denean: **zehaztasuna, errepikagarritasuna eta bereizmena**. Horiek azaltzeko, oso ohikoa da “ipuin-kontalari” bat aipatzea. Zehaztasuna kontatzen den istorioaren egiazkotasuna da, errepikagarritasuna beti istorio bera kontatzeko gaitasuna da, eta bereizmena istorioa azaltzen duten xehetasunak dira.

Sistema bat “**doitasunezkoa**” dela esateko, hiru kontzeptuak hartu behar dira kontuan. Baina egia esan, doitasun-ingeniari-tzaren ahalegin askok errepikagarritasuna bermatzea dute xede; izan ere, azken helburua zehaztasuna izan arren, garrantzitsua da osagaien eta

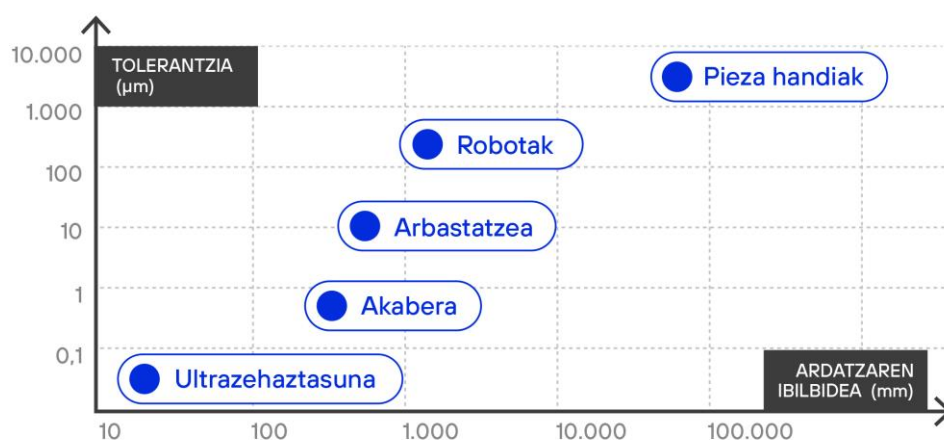
sistema osoaren errepikagarritasuna ezagutzea eta ulertzea, errepikagarritasuna baita doitasunaren beheko muga.

Teknikerrek hasiera-hasieratik izan du doitasun-ingeniartza bere espezializazio-lerroen artean, eta hainbat ekipamendu eta sistema garatzeko erabili du, hala nola neurtzeko makina bereziak, tresneria zientifikoa, saiakuntza-ekipamenduak, optoelektronikako osagaiak, neurketa-ereduak eta abar.

Sistemak kontzeptu horiekin diseinatzeaz gain, doitasun-ingeniartzako elementu giltzarri bat haien **fabrikazio-prozesua** da. Sistema horiek, aldi berean, doitasun-elementu gisa sortu eta erabilitako ekoizpen-baliabideak behar dituzte.

Merkatuko eskaeren helburua elementu handiagoak fabrikatzea da, doitasun-baldintzak mantenduz edo areagotuz; horregatik, gero eta gehiago, makina-erremintek zehaztasun handiagoko funtzioak betetzeko gai izan behar dute.

Eskaera horiek gero eta zorrotzagoak dira makina-erremintaren sektorerako; sektoreak garapen berrien bidez erantzun behar du eta, hasiera-hasieratik, doitasun-ingeniartzaren printzipioak sartu behar ditu, errepikakortasun handia bilatuz, **deformazio termikoen, marruskaduraren eta lasaieren efektuak saihestuz edo ahalik eta gehien mugatuz, eta behar bezala lerrokatutako posizio-begizta ixteko aukera ematen duten sistemak dituzten eragingailu zehatzak sartuz, etab.**



1. irudia1. Produkzio-baliabideen zehaztasuna gaur egun. (Iturria: Tekniker)

Neurketa makinan

Gero eta fabrikazio gogorragoaren erronkari erantzuteko, joeretako bat da fabrikazioan zehar makinan bertan neurtu ahal izatea, helburu desberdinetan oinarrituta eta neurketak aplikatzen diren prozesuaren fasearen arabera. Makinan egindako neurketen kasuan, horiek aukera ematen dute piezaren lerrokatzea bere lotunean ziurtatzeko, akatsak zuzentzeko prozesua berriz elikatzeke edo pieza amaitutakoan baliozkotzeko.



2. Irudia2. Makinan neurtzea fabrikazio-prozesuko etapa desberdinetan. (Iturria: Renishaw)

Makinan egiten den neurketaren egungo egoera gero eta hurbilago dago lantegiko baldintzetan aplikatetik, baina oraindik aurreko fasean dago, hau da, ikerketa-fasean. Fabrikazio aurreratuko ikerketa-zentro nagusiak, hala nola Fraunhofer (Alemania) eta AMRC (Erresuma Batua), hasita daude erakusten makinan neurtzeko gaitasuna duten makina-erremintako lehen erakusleak.

Azken bost urte hauetan, hainbat ikerketa-proiektu egin dira, batez ere Europan. Proiektu horietan, erronka teknologiko horri eragiten dioten arazoak konpontzeko ahalegina egin da.

Makina-erreminta batean egindako neurketaren ahalmenari eta kalitateari gehien eragiten dieten erronkak honako hauek dira:

- Makina-erreminten zehaztasuna osagaien neurri-baldintzak betetzen dituzten neurketak egiteko.
- Makina gelditzeko denbora murriztea, kalibrazio-prozedurak eta kalibrazio-eredu sinplifikatuak garatuz makinaren kalibrazioak egiteko.

- Neurketa-sistema bat makinan integratzea, bai hardwareari dagokionez eta bai softwareari dagokionez.
- Makina-erremintekin egindako neurketei ziurgabetasuna esleitzea.
- Makina-erremintaren portaera termikoaren karakterizazioa, makinaren egoeran eta, beraz, neurketetatik lortu beharreko emaitzetan duen eragina murrizteko.
- Mekanizazioaren ondorengo portaera termikoaren modelizazioa eta neurtu beharreko piezaren geometriaren portaera grabitazionala.
- Makinan neurtzearen emaitzak egikaritzeko eta ustiatzeko softwarea.
- Makina-erremintari aplikatu beharreko simulazio-tresnak neurketa-estrategiak (digital twins) prestatzeko.

“Akatsik gabeko” estrategia

Fabrikazio aurreratura bideratutako ikerketa-ildoaren barruan, Teknikerrek “akatsik gabeko” strategiaren aldeko apustua egin du. Estrategia hori, hitzak berak dioenez, akatsik gabeko produktuak egitean datza. Fabrikatutako produktu guztiek eskatutako eta diseinatutako kalitate-baldintza guztiak bete behar dituzte, atzera botatako produktuei lotutako hondakinak saihesteko.

Estrategia hori bereziki eskatzen dute tamaina handiko eta balio erantsi handiko osagaiak ekoizteko erabiltzen diren fabrikazio-prozesuek, hala nola sektore eolikorako, aeronautikorako edo zientifikorako osagaiak ekoizteko erabiltzen direnek.



3. Irudia. Koordenatu bidezko neurketan oinarritutako “akatsik gabeko” estrategia makina-erremintan. (Iturria: Tekniker)

Osagai horiek ondo fabrikatu behar dira hasiera-hasieratik, eta lan-prozesuan bertan feedback zehatz eta konstantea eskatu behar da prozesuaosatzen duten etapetan, pieza akastunen kopurua ahalik eta gehien murrizteko.

Hala, fabrikazio-prozesuaren etapek akatsik gabeko ikuspegia hartu behar dute lehengaiak sartzen direnetik azken produktua ateratzen den arte.¹

Estrategia hori gauzatzeko, fabrikazio-prozesuko honako lau etapa hauek garatu behar dira:

- Pieza lerrokatzea makina-erremintan: Zeregin horretan, pieza gordina makina-erremintaren ardatzekiko lerrokatzen da, espero den forma geometrikoaren arabera azken pieza bat lortzeko.
- Makina-erremintaren geometriaren autokalibrazioa: Lan hori makina-erremintaren geometria automatikoki karakterizatzean eta konpentsatzean datza, teknikariaren esku-hartzerik gabe.
- Prozesuan neurtzea fabrikazio-prozesua zuzentzeko: Prozesuko koordinatuen bidezko neurketa egin behar da, fabrikazio-prozesuan laguntzeko eta prozesua behar bezala gauzatzeko helburuarekiko kritikotzat jotzen diren kotetarako. Kasu horretan, makinako koordinatuen bidezko neurketaren trazabilitatea

¹R. Schmitt et al., “Advances in Large-Scale Metrology – Review and future trends,” CIRP Annals - Manufacturing Technology, 2016.

ezinbestekoa da akatsik gabeko fabrikazio-prozesua ziurtatzeko.

- Pieza baliozkotzea makina-erremintan: Ataza honetan, koordenatuen bidez neurtzen da makina-erremintan, osagaiaren kota kritikoak behar bezala fabrikatu direla baliozkotzeko, eta pieza makinatik onartua izateko bermearekin edo kalitate-kontrolaren ondoren atzera eraman beharrik gabe atera daitekeela bermatzen da.

Diziplina anitzeko ikuspegia

Teknikerrekin doitasuna hobetu nahi du fabrikazioan, diziplina anitzeko ikuspegi baten bidez. Horretarako, doitasun-ingeniariaren printzipioak hartu ditu oinarritzat ekipamendua diseinatu eta garatzeko, fabrikazio-prozesuen (konbentzionalak eta ez-konbentzionalak) etengabeko ikerketan, eta horiek sistema osoan duten elkarreragina, kontrol- eta konpentsazio-estrategia berriak garatuz, **monitorizazio-prozesuetan eta makinaren karakterizazio-tekniketan oinarrituta, hala nola Tekniker Fingerprint eta eredu digitalak hainbat mailatan.**

Fernando Egaña, Teknikerreko Ingeniaritza Mekanikoko zuzendaria