

Ritanjali Sethyren-en tesi defentsa

2017/10/12

- **Tesiaren izenburua:** Glass coating effects on Ti-6Al-4V hot forging
- **Doktoretza Programa:** MEKANIKA ETA ENERGIA ELEKTRIKOKO INGENIARITZAKO DOKTORETZA PROGRAMA
- **Tesi Zuzendariak:** Lander Galdos Errasti; Joseba Mendiguren Olaeta
- **Epaimahaia:**
 - Mahaiburua: Ana Conde del Campo (CENIM) Dk. And.
 - Mahaikidea: Pedro Jose Jimbert Lacha (Universidad del País Vasco) Dk. Jn.
 - Mahaikidea: Iñaki Hurtado Hurtado (Mondragon Unibertsitatea) Dk. Jn.
 - Mahaikidea: Christian Gomez Sanchez (ULMA Lazkao Forging S.L.) Dk. Jn.
 - Idazkaria: Eneko Saenz de Argandoña Fernandez de Gorostiza (Mondragon Unibertsitatea) Dk. Jn.
- **Kalifikazioa:** SOBRESALIENTE

Tresneria eta landu beharreko piezaren arteko kontaktu baldintzek eragin nabarmena dute beroan egindako forjaketa prozesuetan. Kontaktu baldintzak era desegokian zehazten badira, aldez aurretik zenbakizko simulazioetan iragarritako azken piezaren geometrian, tresneria betetzeko beharrezkoa den material kantitatean, tresneriaren higaduran eta pieza egiteko beharrezkoa den indarrean desbiderapen handiak eman daitezke. Gainera, titanioa bezalako balio erantsi handiko aleazioetan, aurrez aipaturiko aldagaien iragarpen ez zuzenak, materialaren mikrostrukturaren aurreikuspen okerra ekar dezake.

Tesiaren helburu nagusia, landu beharreko Ti-6Al-4V piezaren eta berotutako altzairuzko tresneriaren arteko kontaktu baldintza ulertzea da, beraien arteko marruskadura koefizientea (COF) eta bero-transferentzia koefizientea (HTC) zehazteko helburuarekin. Beroko forjaketa egoeran Ti-6Al-4V titanio-aleazioaren aipaturiko bi koefizienteak zehazteko, bi teknika ezberdinen emaitzak hartu dira kontutan: entsegu esperimentalen lorturiko emaitzak, alde batetik, eta FORGE3® simulazio softwareko emaitzak, bestetik. Aldi berean, pieza eta tresneriaren arteko fluxua hobetzeko eta titanio-aleazioen temperatura altuko forjaketan alpha case geruza murrizteko, hiru gainazal mota aztertu dira: estaldura gabeko aleazio totxoak, 40-45 µm eta 80-90 µm CONDAERO 228 estalduradun aleazio totxoak.

Lan honen helburua, lau zatitan banatzen da. Lehenik eta behin, azterketa parametrikoko bat burutu zen elementu finituekin (FE) hainbat parametroen sentsibilitatea Ring test eta T-Shape-n lortzeko. Ikerketa honen helburua marruskaduraren portaeran eragina duten faktoreak zehaztea eta interpretatzea. Arreta berezia jarri behar zaio sarrerako datu zehatz batzuei, kalibratze kurba egokiak lortzeko eta akatsak saihesteko benetako COF bilatzen denean entsegu. Faktore guztien artean eragin handiena eta marruskadura entseguko kalibratze kurbetan inpaktu handien izan duen faktorea HTC koefizientea izan da, aurpegien arteko marruskadura faktorean eragina duelako. Azkenik, entseguen arteko kontaktu tribologikoen baldintzak alderatu ziren. Marruskadura egoera ebaluatzeko T-Shape entsegua egokiena dela ondorioztatu zen proba honetan kontaktu presioak eta azalera handiko hedapenak, benetako prozesuko egoera baldintzak ondo irudikatzen direlako.

Bigarren atalean, bi presio maila desberdinetan konpresio entsegua egin ziren landu beharreko piezaren aurpegien arteko HTC koefizientea



Ritanjali Sethyren Doktore berria epaimahaikeekin tesia defendatu eta gero

zehazteko. Zenbakizko 3D modelo eraginkor bat garatu da, eta horrekin HTC balio desberdinak erabiliz, entseguaren simulaziak egin dira. Simulazio horiekin tenperatura eboluzio ezberdinak lortu dira, eta eboluzio hauek, entsegu esperimentaletan termopareen bidez lortutako tenperaturei gehien gerturatzen zaien HTC koefizienteak zehazteko balio izan dute. Alderantzizko simulazioen bitartez zehaztutako koefizienteak, konpresio entseguaren emaitzak eta FEM modeloaren emaitzen arteko konparaketaren bitartez balioztatu dira. Konpresio ematen den bitartean HTC koefizientearen aldakuntzak lortu dira, kontaktu presio eta gainazal egoera desberdinetan. Horregatik, marruskadura entseguetan aurpegiaren arteko COF zehazteko sortu beharreko kalibrazio kurbak lortzeko, presioaren menpekoak diren HTC koefizienteak erabili beharko lirateke.

Hirugarren, Ring test eta T-Shape entseguen zenbakizko eta esperimental ikasketak egin ziren COF kalkulatzeko, azkeneko forma geometrikoa aztertuz. Ikerketa honen helburua Tribo-system berbera aztertzea da, baina kontaktu presio eta hedapen faktore x

azalera desberdinetan, estalduraren jarreraren eragina izan dezakelako eta COF balioa kalkulatzeko presioaren menpeko HTC-a kontutan hartuz. Entsegu esperimentaltzako kalibrazio kurbak lortu ziren elementu finituen simulazioak erabiliz. Geroago, datu esperimentalak zenbakizko simulazioko emaitzekin alderatuz eta alderantzizko simulazio teknika erabiliz COF balioak kalkulatu dira. Emaitzek, estaldurak titaniozko aleazioak forjatzeko ahalmena nabarmen hobetzen dituela erakusten dute, COF balioa murrizten delako.

Azken atalean, entsegu esperimentalak egin dira alpha case geruzaren osaketaren ondorioz sortzen diren efektuak ikusteko, deformaturiko T-Shape probetaren pitzadurak aztertzeko eta estalduren ondorioz eragindako alpha case geruzaren murrizketa efektua ikusteko. Mikroskopia baten laguntzaz, alpha case geruzaren lodiera neurtzeaz gain, probeta bakoitzean agertutako pitzaduren argazkiak atera dira. Probetetan aurki daitekeen alpha case sakonera zehazteko mikrogogortasun entseguak egin ziren. Estaldura gabeko aleazio totxoen alpha case geruza eta pitzaduren sakonera, estalduradun totxoetan baino handiagoa dela ondorioztatu da.