

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Títol: Disseny i implementació d'un sistema amb aprenentatge supervisat per a la predicció de la rugositat en processos d'arrencament de ferritja

Document: Resum

Alumne: Guillem Torrado Canada

Tutor: Joaquim de Ciurana Gay

Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Enginyeria dels processos de fabricació

Convocatòria (mes/any): Setembre 2017

RESUM

L'adveniment de la Indústria 4.0 planteja nous reptes al sector industrial del mecanitzat pel que fa al control de la qualitat del producte. Una de les circumstàncies que preocupa tan a clients com a fabricants és l'acabat superficial, ja que aquest determina, en gran part, l'eficàcia amb què la peça interactuarà amb el seu entorn de treball. Tanmateix, la generació de la textura superficial és un qüestió difícil de definir degut a la diversitat de factors que hi prenen partit. Aquest projecte aborda aquesta problemàtica tot perseguint el desenvolupament d'una eina capaç de predir, amb antelació al procés, una de les propietats característiques de la superfície mecanitzada: la rugositat superficial.

La rugositat superficial es considera una propietat molt rellevant de l'acabat d'una peça. La fricció, la corrosió o les toleràncies dimensionals són alguns dels aspectes determinats, en part, per la rugositat superficial. El paràmetre Ra , normalment donat en μm , és el més extensament emprat a la indústria per a la seva quantificació i consisteix en la mitjana aritmètica de les desviacions verticals respecte la superfície nominal o línia neutra. Com s'ha esmentat anteriorment, en la generació de la rugositat superficial intervenen múltiples factors, que es poden classificar en:

- Propietats de l'eina de tall
- Propietats de la peça de treball
- Paràmetres de l'operació tall
- Fenòmens derivats del tall

D'aquesta manera, el projecte inclou una primera fase d'experimentació destinada a capturar les principals variables del procés i, així, generar una base de dades a partir de la qual desenvolupar el model de predicció. Aquest model, seguint diversos precedents en recerca de la matèria, es basa en intel·ligència artificial, doncs s'ha demostrat que és una tecnologia efectiva a l'hora d'afrontar aquest tipus de problemes.

L'experimentació s'ha dut a terme amb el centre de mecanitzat Deckel Maho 64V Linear del GREP, on s'ha instal·lat una taula dinamomètrica, dos acceleròmetres piezoelèctrics i un micròfon a fi de capturar, respectivament, forces, acceleracions i soroll del procés. Amb el centre de mecanitzat instrumentat, s'han realitzat tres sèries de 81 experiments, és a dir, 243 experiments, on cada experiment es correspon a una

passada d'acabat en fresatge de planejament sobre un tipus d'acer al carboni. Les eines emprades són dos plats de fresar, de 20 i 63 mm de diàmetre i amb 3 i 6 plaquetes respectivament. Dos de les tres sèries experimentals s'han dut a terme amb el plat de Ø20. En l'altra, doncs, s'ha treballat amb el plat de Ø63.

Abans de procedir a la realització dels experiments, aquests s'han planificat establint, per a cada experiment, una configuració diferent dels paràmetres de procés: velocitat del fusell (S), velocitat d'avanç (F), profunditat de tall axial (ap) i profunditat de tall radial (ae). Per fer-ho s'han establert, en cada sèrie experimental, tres nivells o valors diferents per cada paràmetre. D'aquesta manera, amb un disseny factorial complet, resulten els 81 experiments per sèrie esmentats.

Amb la planificació feta, s'ha utilitzat un programari CAD/CAM per dissenyar virtualment les operacions de planejament i, posteriorment, processar-les per generar el codi en *G-Code*, el llenguatge de programació de control numèric amb què treballa el controlador del centre de mecanitzat. Si bé el codi ha permès a la màquina treballar de manera autònoma, l'execució d'aquest ha estat supervisada en tot moment per coordinar la captura de dades i l'experimentació.

Amb l'experimentació realitzada, la següent fase ha estat el tractament de dades i l'avaluació de la rugositat superficial. D'una banda s'han desenvolupat tres aplicacions amb l'eina *GUI* de *Matlab* que permeten acotar el senyal de forces, acceleracions i àudio capturades i extreure'n els valors eficaços així com les freqüències més significatives. Per altra banda, s'ha mesurat la rugositat superficial de les 243 mostres mecanitzades mitjançant un rugosímetre (Figura 1). D'aquesta manera s'ha completat la base de dades necessària pel desenvolupament del model predictiu.

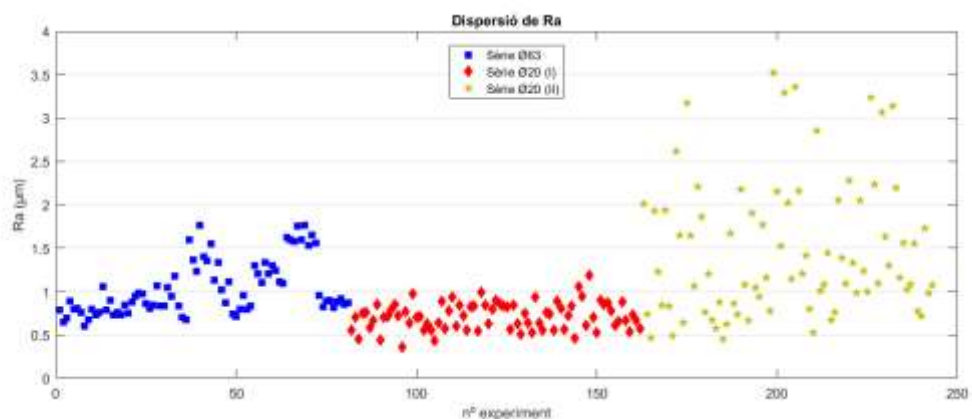


Figura 1. Rugositats mesurades amb el rugosímetre

Prèviament a la realització del sistema de predicció, s'ha dut a terme un anàlisi de dades per tal d'observar com es comporten els resultats i les relacions que s'esdevenen entre aquests i les variables del procés. La relació directe entre la profunditat radial de tall (ae) i la rugositat (Ra) o la tendència, a més a velocitat del fusell (S), a obtenir rugositats més petites són alguns dels fenòmens observats. A més, s'ha pogut constatar que les forces i acceleracions despreses en el procés estan fortament influïdes pels paràmetres de procés (S , F , ae , ap).

Pel que fa al sistema de predicció, tal com s'ha explicat anteriorment, es basa en tecnologia *Machine Learning*, o Intel·ligència Artificial. Concretament, s'ha decidit treballar amb xarxes neuronals, un sistema computacional que, en certa manera, imita les connexions nervioses del cervell humà. Així doncs, una xarxa neuronal es compon de diferents unitats de procés o neurones, que a la vegada s'agrupen en capes. Per a la xarxa s'ha escollit la tipologia *feed-forward backpropagation*, que permet un aprenentatge supervisat, i s'han estudiat diferents configuracions pel que fa al nombre de neurones i les funcions de transferència. Finalment, s'ha escollit el disseny configurat per dos capes de deu neurones amb una funció de transferència sigmoide.

Amb la configuració definida, s'ha decidit entrenar dos xarxes neuronals, una amb aplicació *offline* i una altra *online*. La primera d'elles pren les condicions de treball (S, F, ae, ap) així com l'alçada de treball de l'eina (h) i les propietats de l'eina, totes elles variables estàtiques al llarg de l'operació de tall. D'aquesta manera, el model *offline* consisteix en una predicció de la rugositat superficial. Per la seva banda, el model *online* és una proposta complementària al projecte que s'aplicaria a una monitorització de la rugositat, doncs aquest es basa, a banda de les variables del model *offline*, en variables dinàmiques del procés (acceleracions i velocitats), que permeten obtenir una estimació de la rugositat que s'està generant "en viu".

L'entrenament de la xarxa *offline* ha donat lloc a un model de predicció significativament precís, amb un error quadràtic mig de 0.0073 i un coeficient de regressió en test de 0.98349.

Finalment, s'ha dissenyat una interfície d'usuari mitjançant l'eina *GUI* de *Matlab* a partir de la qual poder dur a terme la predicció. Aquesta també inclou una casella de verificació per si es vol habilitar el model de monitorització. Caldria, però, desenvolupar un sistema de flux de dades per fer arribar els senyals de força i acceleracions al model. La interfície dissenyada es mostra a la Figura 2.



Figura 2. Interfície d'usuari