

Mehanika in dinamika procesov rezkanja po vijačnici

Changyi Liu^{1,*} – Gui Wang² – Matthew S. Dargusch²

¹ Univerza za aeronavtiko in astronautiko v Nanjingu, Oddelek za strojništvo, Kitajska

² Univerza v Queenslandu, Oddelek za strojništvo in rudarstvo, Avstralija

Postopki rezkanja po vijačnici se uporabljajo za ustvarjanje ali širjenje izvrtin s pomočjo rezkalnega orodja, ki se podaja proti obdelovancu po poti v obliki vijačnice. Pomembni dejavniki pri izbiri obdelovalnih postopkov so predvsem natančnost, učinkovitost in stroški. Preučevanje stabilnosti obdelave in drdranja je pomembno za načrtovanje procesa. V zadnjem času je bilo objavljenih nekaj analiz rezalnih sil pri procesu rezkanja po vijačnici. Čeprav so bili raziskani mehanizmi in dinamika posebnih operacij z aksialnim podajanjem, kot sta npr. potopno rezkanje in vrtnje, oz. s tangencialnim podajanjem, kot je npr. krožno rezkanje, pa še ni bil opredeljen model dinamike in drdranja pri rezkanju po vijačnici. Cilj tega članka je torej preučitev mehanike in dinamike procesov rezkanja po vijačnici.

Raziskava na podlagi modela rezalnih sil, ki vključuje interakcije na stranskih in čelnih rezalnih robovih med rezkanjem po vijačnici, je bila osredotočena na model dinamike obdelovalnega procesa in probleme stabilnosti oz. drdranja. Rezalne sile na stranskih in čelnih rezalnih robovih vzdolž vijačne poti podajanja so bile analitično modelirane ob upoštevanju tangencialnega in aksialnega gibanja orodja. Vključena je tudi dvojna periodičnost zaradi vrtenja vretena in periode podajanja rezkalnega orodja po vijačnici. Model dinamike obdelovalnega procesa in stabilnostni problem drdranja sta bila razdeljena na dva dela: kritično aksialno globino reza in kritično radialno globino reza. Kritični aksialna in radialna globina reza se rešujeta posebej.

Za razrešitev kritične aksialne in radialne globine reza je bila uporabljena regenerativna teorija drdranja in kriteriji stabilnosti na podlagi karakteristične funkcije dinamike v frekvenčni domeni. Modelirana je bila tudi dinamična debelina odrezkov, ki jih ustvarjajo stranski in čelni rezalni robovi, ob upoštevanju podajanja po vijačnici. Dejanske dinamične sile predstavljajo povratne informacije za krmiljenje obdelovalnega stroja. Določeni sta kritična aksialna in radialna globina reza v odvisnosti od vrtilne frekvence vretena. Opravljeni so bili tudi eksperimenti obdelave s podajanjem po vijačnici brez drdranja, pri čemer so bili parametri obdelave znotraj določenih stabilnostnih omejitev. Pojav drdranja je bil opazovan z merjenjem rezalnih sil, hrapavosti obdelane površine, okroglosti in cilindričnosti obdelanih izvrtin.

Pri eksperimentih ni prišlo do drdranja med rezkarjem in obdelovancem. Amplituda eksperimentalno določenih rezalnih sil je v primerjavi s simuliranimi stabilnimi rezalnimi silami znotraj 10-odstotne napake. Vpliva sil ni bilo mogoče zaznati. Iz rezultatov eksperimentalnega postopka ter meritev natančnosti obdelave in rezalnih sil je mogoče sklepati, da podani parametri obdelave z rezkanjem po vijačnici lahko zagotovijo zahtevano natančnost obdelave. Le-ta bo tedaj brez drdranja znotraj stabilnostnih omejitev, ki jih napovedujeta naša analiza in model.

V članku je predstavljen model rezalnih sil, dinamike in stabilnostnih omejitev za drdranje pri postopkih rezkanja po vijačnici. Dinamika sistema za rezkanje po vijačnici je bila modelirana kot vibracijski sistem s štirimi prostostnimi stopnjami. Sistem s štirimi prostostnimi stopnjami je bil razstavljen v sistem z dvema prostostnima stopnjama, tako da je bilo mogoče uporabiti regenerativni pristop k napovedovanju drdranja. Kritični aksialna in radialna globina reza sta bili razrešeni ločeno. Model rezalnih sil je uporaben za napovedovanje rezalnih sil na stranskih in čelnih rezalnih robovih. Model dinamike omogoča izbiro parametrov postopka, vključno z aksialno globino reza, radialno globino reza in vrtilno frekvenco vretena, v območju brez drdranja pri rezkanju po vijačnici. Raziskava podaja tudi teoretično ogrodje za načrtovanje postopkov rezkanja po vijačnici in relativnega rezkanja, kakor tudi za praktično uporabo postopkov rezkanja po vijačnici.

Ključne besede: odrezavanje, modeliranje in načrtovanje procesa, rezkanje po vijačnici, rezalne sile, dinamika rezanja, drdranje