

МЕХАНІЗМ СТРУЖКОУТВОРЕННЯ ПРИ МІКРОФРЕЗЕРУВАННІ

Мікрофрезерування – це широко використовувана технологія точного виробництва тривимірних мініатюрних компонентів годинників та ювелірних виробів, імплантів, мікрохірургічного обладнання, вимірювальних приладів, деталей мікромашин, інструментів, оптичних виробів, деталей двигунів внутрішнього згоряння, космічних апаратів тощо. Можливість обробки широкого діапазону матеріалів, вища якість обробки та швидкість зняття матеріалу є його головною перевагою перед іншими технологіями мікроевробництва.

Оскільки процес мікрофрезерування був розроблений на базі процесу звичайного фрезерування, вони мають багато спільних характеристик, однак принципово відрізняються механізмом стружкоутворення. На відміну від традиційного фрезерування, при мікрофрезеруванні одночасно має місце, як зсув, так і пластичне деформування оброблюваного матеріалу. Внесок кожного зазначеного механізму залежить від таких факторів, як товщина зрізу, масштабний ефект, геометричні похибки положення інструменту та стабільність процесу різання. Ці фактори можуть мати взаємозалежний комплексний характер, що призводить до більш складних ефектів під час мікрофрезерування.

На механізм видалення стружки при мікрообробці впливає ефект мінімальної товщини зрізу. Його причиною є від'ємний кінематичний передній кут різального інструменту, спричинений відносно високим радіусом різальної кромки порівняно із товщиною зрізу. Передня поверхня з від'ємним ефективним переднім кутом стискає верхню частину оброблюваного матеріалу, і тому він пластично деформується без різання [1]. Автори роботи [3] запропонували метод визначення мінімальної товщини зрізу шляхом аналізу сигналу сил різання при мікрофрезеруванні із одночасним врахуванням впливу радіального биття інструменту. За допомогою емпіричної моделі процесу мікрофрезерування сталей, розробленої в [4], можна досить точно оцінити мінімальну товщину зрізуваного шару.

При мікрофрезеруванні пазів, в момент, коли інструмент входить в зону обробки, товщина зрізу дорівнює нулю і стружка не утворюється до тих пір, поки інструмент не повернеться до значення переднього кута. Коли товщина зрізуваного шару стане рівною мінімально необхідному значенню, лише тоді почнеться зрізання матеріалу [5]. При фрезеруванні мікропазів менші значення подачі на зуб вимагають більших значень переднього кута для досягнення мінімальної товщини зрізу. В результаті при меншій подачі більша кількість матеріалу стикається з ефектом пластичного деформування та спостерігається більше пружне відновлення оброблюваного шару після проходження інструменту, а це збільшує питоме зусилля різання.

Окрім ефекту мінімальної товщини зрізу, процес мікрообробки характеризується масштабним ефектом. Масштабний ефект – це відхилення характеристик процесу від екстрапольованих значень, які виникають при зміні розмірів заготовки, інструменту та/або параметрів процесу обробки. Масштабний ефект значною мірою пояснює варіації сил різання, товщини зрізу і утворення задирок на мікрорівні. Масштабним ефектом при мікрорізанні називають залежність питомої сили різання від співвідношення товщини зрізу до радіуса округлення різальної кромки інструменту. Низькі значення масштабного коефіцієнта характеризуються високими питомими силами різання. Коли подача на зуб зменшується і стає меншою за радіус округлення різальної кромки інструмента, спостерігається нелінійне зростання питомої сили різання. Це підтверджує спостереження про пластичну та пружну деформації, коли товщина зрізуваного шару стає меншою за радіус різальної кромки [2].

Таким чином, характер процесу стружкоутворення залежить від багатьох факторів, які спричиняють комплексну дію. Дослідження впливу цих факторів на ефективність процесу стружкоутворення є важливою науково-технічною задачею, яка потребує вирішення.

Література:

1. Balázs, B.Z., Geier, N., Takács, M. et al. (2020). A review on micro–milling: recent advances and future trends, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 112, pp. 655–684.
2. Aramcharoen, A., Mativenga, P.T. (2009). Size effect and tool geometry in micromilling of tool steel, *Precision Engineering*, Vol. 33, No. 4, pp. 402–407.
3. Dib M, H.M. et al. (2018). Minimum chip thickness determination by means of cutting force signal in micro endmilling, *Precision Engineering*, Vol. 51, pp. 244–262.
4. Gao, S. et al. (2016). Research on specific cutting energy and parameter optimization in micro-milling of heat-resistant stainless steel, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 89, No. 1–4, pp. 191–205.
5. Weule, H., Hüntrup, V., Tritschler, H. (2001). Micro-Cutting of Steel to Meet New Requirements in Miniaturization, *CIRP Annals*, Vol. 50, No. 1, pp. 61–64.