

СИЛИ РІЗАННЯ ПРИ ТОРЦЕВОМУ ФРЕЗЕРУВАННІ СПЛАВУ NITi

Сплав NiTi є бінарним сплавом, що складається приблизно з 50 атомних відсотків нікелю та 50 атомних відсотків титану. Це один з найвідоміших сплавів з пам'яттю форми з унікальними фізичними властивостями, такими як надпружність, високі міцність, корозійна стійкість, здатність до демпфування та відмінна біосумісність. Він застосовується для виготовлення біомедичних імплантатів та біопристроїв, прецизійних інструментів, робототехнічних приводів, аерокосмічних деталей та мікроелектромеханічних систем [1, 2].

Однак лезова обробка сплавів NiTi є надскладною через їх зміцнення при високих деформаціях, особливі характеристики напруження-деформації, сильну адгезію та ускладнене стружкоутворення [1]. Властивості матеріалу, такі як низька теплопровідність, висока питома теплоємність та низький модуль Юнга, також ускладнюють обробку. Це призводить до високої питомої енергії та сил різання, інтенсивного зносу інструменту та надмірного утворення заусенців [2, 3].

Метою дослідження було визначити сили різання при сухому торцевому фрезеруванні аустенітного сплаву з пам'яттю форми $\text{Ni}_{56,5}\text{Ti}_{43,5}$ (мас.%) в залежності від режимів різання при застосуванні твердосплавних різальних пластин без покриття. Випробування проводилися при швидкостях різання 20, 35 і 50 м/хв, подачі 0,05, 0,1 і 0,15 мм/зуб і глибинах різання 0,5, 0,75 і 1,0 мм.

У всіх випробуваннях домінуючою складовою сили різання була осьова F_z , тоді як сила подачі F_x була найменшою. Рівнодійна сила різання досягала 2700 Н (рис. 1). Це зумовлює високі навантаження як на різальний інструмент, так і на оброблювану поверхню, що в кінцевому підсумку призводить до передчасного руйнування пластини та погіршення параметрів цілісності поверхні.

Множинна лінійна регресія для рівнодійної сили різання F [4]:

$$F = 23.574 + 2319.45 \cdot f_z + 858.758 \cdot a_p - 4.478 \cdot V \cdot a_p + 9960.6 \cdot f_z \cdot a_p.$$

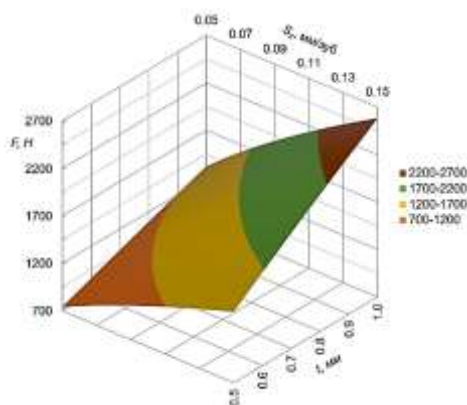


Рис. 1. Рівнодійна сила різання при торцевому фрезеруванні сплаву NiTi ($V=20$ м/хв) [4]

Встановлено, що подача є основним фактором, що впливає на значення складових сили різання F_y , F_z та рівнодійну силу різання F , тоді як глибина різання має другорядний вплив. Натомість на складову F_x в першу чергу впливає глибина різання. У діапазоні випробуваних режимів різання швидкість різання не мала істотного впливу на сили різання.

У майбутніх роботах варто оцінити деградацію функціональних характеристик сплаву NiTi (ефект пам'яті форми, надпружність), як наслідок механічної обробки.

Дослідження виконано в рамках реалізації НДР Міністерства освіти і науки України «Модифікація властивостей поверхонь інтерметалідів з ефектом пам'яті форми фрезерним текстурованням» (№ 0123U102013).

Список літератури:

1. Billah T, Aquib TI, Dey K. A review on surface modification of NiTi for biomedical applications. J Mater Sci 2024;59(41):19340–79. <https://doi.org/10.1007/S10853-024-10273-8>
2. Kaya E, Kaya İ (2019) A review on machining of NiTi shape memory alloys: the process and post process perspective. Int J Adv Manuf Technol 100:2045–2087. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-2818-8>.
3. Балицька, Н. О. (2022). Особливості торцевого фрезерування сплавів Ni-Ti з ефектом пам'яті форми. Технічна інженерія, (2(90), 3–12. [https://doi.org/10.26642/ten-2022-2\(90\)-3-123](https://doi.org/10.26642/ten-2022-2(90)-3-123).
4. Balytska N., Penter L., Manokhin A. et al. Face milling performance on austenitic NiTi shape memory alloy. Int J Adv Manuf Technol (2025). <https://doi.org/10.1007/s00170-025-16777-0>.