УДК 621.9.02:621.373.826:620.178

МОДИФІКАЦІЯ ПОВЕРХОНЬ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ШЛЯХОМ ЛАЗЕРНОГО ТЕКСТУРУВАННЯ

М. Трембіцький, група ПМ-24мб-3
О. Лисенко, кандидат технічних наук, доцент
Центральноукраїнський національний технічний університет

Матеріали тез присвячені вдосконаленню працездатності різального інструменту шляхом лазерного текстурування його робочих поверхонь. Також розглянуто вплив мікроструктур робочих поверхонь інструменту на характеристики в зоні різання.

Сучасне машинобудування вимагає обробки важкооброблюваних матеріалів, таких як жароміцні титанові сплави, наприклад, Ti-6Al-4V та загартовані сталі, на високих швидкостях. Через специфічні фізико-механічні властивості цих сплавів, зокрема їхню низьку теплопровідність та високу хімічну активність, основна маса тепла під час різання концентрується безпосередньо на різальній кромці інструменту.

Традиційні методи підвищення стійкості інструменту, зокрема нанесення твердих зносостійких покриттів, часто досягають своєї межі [1, 2]. Перспективним напрямком підвищення ефективності механічної обробки є лазерне функціональне текстурування (Laser Surface Texturing – LST) робочих поверхонь різального інструменту [3].

Актуальність теми зумовлена необхідністю до переходу до екологічного «сухого» різання без використання великої кількості мастильно-охолоджувальних рідин та збільшення ресурсу дороговартісного інструменту. Завдяки можливості регулювання геометричних параметрів текстури залежно від характеру технологічного навантаження розширюються технологічні можливості процесу різання та підвищується його продуктивність. Лазерна модифікація дозволяє керувати процесами тертя та тепловиділення безпосередньо в зоні різання, що забезпечує збільшення стійкості інструменту, підвищення якості обробленої поверхні та запобігти налипанню матеріалу на різальну кромку.

Суть технології полягає у використанні фемтосекундних лазерів для прецизійної розмірної обробки (абляції) передньої або задньої поверхонь різців та фрез [3].

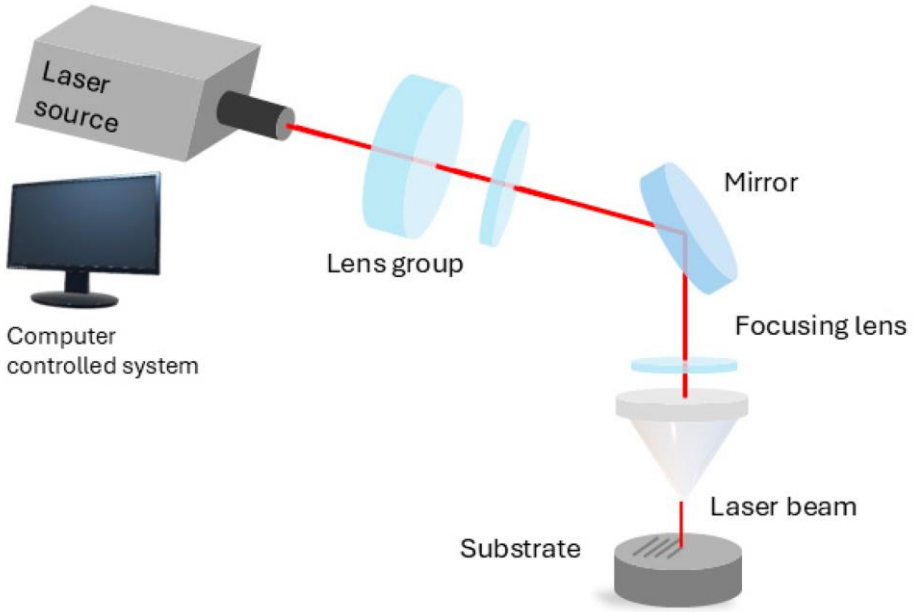


Рисунок 1 - Схематична конфігурація LST методом прямої абляції [3]

Основним механізмом позитивного впливу LST є зміна умов контакту на межі «інструмент–стружка». Згідно з матеріалами роботи [3], лазерне текстурування виконує кілька критичних функцій: по-перше, мікропорожнини слугують резервуарами для мастильно-охолоджувальних рідин, забезпечуючи їх утримання; по-друге, вони працюють як пастки для мікрочастинок зносу, виводячи їх із зони безпосереднього тертя; по-третє, текстурування фактично зменшує реальну площу контакту інструменту зі стружкою. Застосування цієї технології є ефективним для реалізації процесів сухого різання [4].

Результати роботи [4] підтверджують, що за відсутності мастильно-охолоджувальних рідин текстуровані поверхні здатні запобігати сильному зносу та адгезії. Відповідно до результатів оптимізації параметрів процесу, використання текстурованих інструментів під час сухого точіння забезпечує значне зниження сил різання у порівнянні з традиційними нетекстурованими аналогами. Різні конфігурації текстур мають визначальний вплив на мінімізацію температури в контактній зоні, що дозволяє оптимізувати режими різання (швидкість та подачу) без критичної втрати стійкості інструменту.

Дані демонструють, що нанесення мікроканавок на інструментальну сталь дозволяє модифікувати механіку контакту та знизити коефіцієнт тертя до 0.111, що становить зниження тертя на 25 % [5]. Результати роботи [5] також вказують на те, що форма та орієнтація лазерних мікроканавок впливають на розподіл напружень у сталях.

Створення мікротекстур з оптимально підібраними параметрами дозволяє не лише зменшити фактичну площу контакту, але й сприятливо перерозподілити контактні напруження. Це знижує концентрацію напружень у критичних точках і, як наслідок, уповільнює процеси руйнування та зношування робочої поверхні інструмента.

Лазерне текстурування поверхонь є перспективним підходом до оптимізації обробки, дозволяє спрямовано знижувати коефіцієнт тертя та ефективно мінімізувати зношування. Впровадження оптимальних параметрів мікроструктур (форми, орієнтації та розміру) сприяє раціональному розподілу напружень та зниженню сил різання. Цей підхід відповідає сучасним вимогам екологічного виробництва та є доцільним для підвищення працездатності інструменту при обробці важкооброблюваних матеріалів.

Список літератури

1. Лисенко, О. Забезпечення високих різальних властивостей інструментального оснащення високошвидкісних обробних центрів / О. Лисенко // Збірник тез доповідей викладачів, аспірантів та співробітників LVI науково-технічної конференції «Наука в ЦНТУ: основні досягнення та перспективи розвитку» за підсумками проведення «Дня науки – 2025» 24-25 квітня 2025 року. Кропивницький: ЦНТУ, 2025. - С. 75-76

2. Великий, Д. Покращення експлуатаційних властивостей твердосплавних різальних інструментів при обробці спеціальних конструкційних сталей / Д. Великий, О. Лисенко // «Наука - виробництву, 2021 = Наука в ЦНТУ: основні досягнення та перспективи розвитку»: зб. тез доп. здобув. вищ. освіти LV наук.-техн. конф. за підсумками проведення «Дня науки – 2021» (14 травн. 2021 р.). - Кропивницький: ЦНТУ, 2021. - С. 258-260. - URL: https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/12058

3. Garcia-Fernandez J., Salguero J., Batista M., Vazquez-Martinez J. M., Del Sol I. Laser Surface Texturing of Cutting Tools for Improving the Machining of Ti6Al4V: A Review // Metals. - 2024. - Vol. 14, № 12. - Art. 1422. - DOI: https://doi.org/10.3390/met14121422

4. Suresh S., Gnanavelbabu A., Loganathan C. Improving the performance of cutting tools through laser surface texturing – A review // 3rd International Conference on Design and Manufacturing Aspects for Sustainable Energy (ICMED-ICMPC 2021): E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 309. – Art. 01164. – DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130901164

5. Saetang V., Vengsungnle P., Zhu H., Qi H., Maskong H., Daodon W. Effect of Laser-Textured Groove Patterns on Friction Reduction and Lubrication Performance // Lubricants. - 2025. - Vol. 13, № 9. - Art. 419. - DOI: https://doi.org/10.3390/lubricants13090419