

ПРОЦЕС МОДЕЛЮВАННЯ КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ПРИ ШВИДКІСНОМУ ЗУБОФРЕЗУВАННІ ВЕЛИКОМОДУЛЬНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

¹Майборода В.С., ¹Охрименко О.О., ²Клочко О.О., ²Гасанов М.І.,
²Заковоротний О.Ю., ²Федоренко В.С., ³Сапон С.П., ⁴Манохін А.С.,
⁵Шаповалов М.В.

(¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна, ²НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна,
³НУ «Чернігівська політехніка», м. Чернігів, Україна, ⁴Інститут надтвердих
матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, м. Київ, ⁵ДДМА, м. Краматорськ -
Тернопіль, Україна)

При швидкісному зубофрезеруванні процеси контактної взаємодії стружки з інструментом значною мірою пов'язані з особливостями характеру навантаження різальної частини [1, 2, 3] і локалізацією пластичної деформації в зоні вторинної деформації.

Розробку механізмів тертя при швидкісному зубофрезеруванні провели при зустрічному зубофрезеруванні основі широкого залучення до аналізу результатів досліджень сучасних досягнень матеріалознавства, фізики та механіки твердого тіла, фізичного та математичного моделювання, розглядаючи систему різання як складну динамічну систему.

В даний час при швидкісному зубофрезеруванні сформувалися різні погляди на природу контактної взаємодії оброблюваного та інструментального матеріалів [1, 3].

Великий вплив на середній коефіцієнт тертя надає швидкість різання V , зміна товщина зрізу a при зустрічному фрезеруванні, радіус округлення ріжучого леза різальної частини фрези і передній кут γ інструменту. Інваріантність q_F до умов різання пов'язується з температурно-швидкісним фактором та енергетичним полем в зоні різання.

Як зазначалося, при високих швидкостях різання відбувається запізнення пластичних деформацій і деформований стан перестає відповідати їх напруженому стану [3]. Але з урахуванням радіуса округлення ріжучої кромки при швидкісному зубофрезеруванні лезовим інструментом сталі 34ХНМ створюються технологічні умови для управління процесами обробки.

Наукові основи технологічного регламенту вибору та призначення параметрів обробки при зубофрезеруванні базуються на основоположних теоретичних положеннях теорії про тертя, технологію машинобудування та теорію різання [1, 2, 3].

Процес зубофрезерування при врізанні зуба фрези (рис. 1) відбувається при ковзанні зуба фрези 1, температура в зоні різання різко зростає, що є однією з причин підвищеного зношування фрез по задніх поверхнях. Після досягнення певної товщини шару a_i на куті ковзання $\Psi_{ск}$ процес пластичної деформації.

І як раз в діапазоні кута ковзання $\Psi_{ск}$ створюємо осциляцію повернення обертання фрези на кут захоплення електромагнітної енергії, що виділяється в зоні тертя.

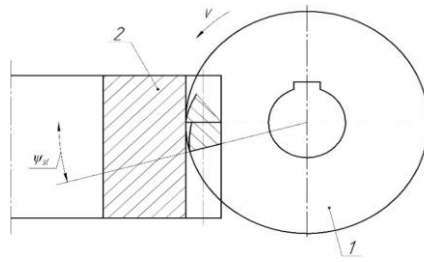


Рис. 1. Схема зубофрезерування зубчастих коліс

У процесі зняття стружки деформація шарів оброблюваного матеріалу виникає у області площини сколювання стружки, а й попереду зуба фрези і під площиною різання. Деформований шар після проходження різального леза визначає глибину наклепу ($h_{np.}$).

Тертя поверхневих шарів матеріалів, що труться, має двоїсту молекулярно-механічну природу. Тертя обумовлено об'ємним деформуванням матеріалу і подолання міжмолекулярних зв'язків, що виникають між зближеними ділянками поверхонь, що труться.

Для одного оброблюваного матеріалу питома сила тертя стала (інваріант на до умов різання), тому коефіцієнт тертя залежить тільки від середнього контактного тиску. У зв'язку з інваріантністю сили q_F всі зовнішні фактори, що діють, будуть впливати на коефіцієнт тертя лише по-стільки, оскільки вони змінюють середній контактний тиск q_N . Однак для різних оброблюваних матеріалів середній коефіцієнт тертя залежить також від питомої сили тертя, що і обумовлює існування окремої кривої ($\mu=f(q_N)$) для кожного

При обчисленні середнього коефіцієнта тертя в розрахунок приймається весь контактний майданчик, а напружений стан у пластичній зоні контакту і зоні стружкоутворення є єдиним, то середній коефіцієнт тертя є деякою узагальненою характеристикою напруженого стану при стружкоутворенні і за своїм змістом рівнозначний куту дії.

Питома нормальна напруга q_N однозначно є функцією відносної довжини контакту C/a_p (C – довжина контакту; $a_{\psi_{ск}}$ – товщина зрізу функціонально зв'язана с кутом сковзання $\psi_{ск}$).

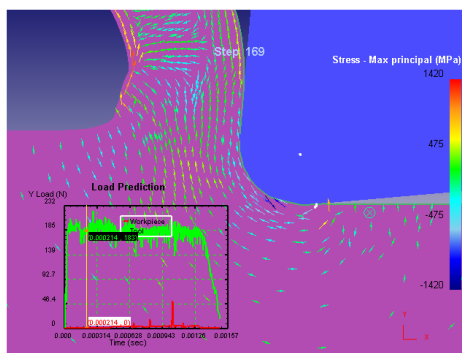


Рис. 2. Локалізація деформації та текстура в зоні стружкоутворення при швидкісному зубофрезеруванні лезовим інструментом сталі 34ХНМ з товщиною зрізу функціонально зв'язаною с кутом сковзання $\psi_{ск}$

У процесі тертя в прирізцевих шарах стружки інтенсивно протікає вторинна деформація цементитних пластин, їх розпад та дифузія вуглецю у напрямку до різального леза. При цьому цементитні пластини повертаються, дробляться і витягуються в напрямку зсувних напруг, утворюються також області чистого фериту.

На рис. 3 показана схема модельного кластера для розрахунків загальної енергії взаємодії та міжатомної взаємодії між шарами атомів заліза і карбїду вольфраму з використанням молекулярної динаміки, що дозволяє визначити енергетичні параметри в залежності від температури.

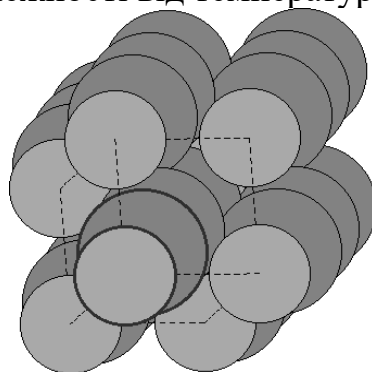


Рис. 3. Модельний кластер для расчета общей энергии систем

Неоднорідність напруженого стану в кристалі, що деформується, обумовлює релаксаційний характер пластичного перебігу. Гідростатичні тиски сприяють релаксації пружної напруги на межах зерен. В основі цього явища лежать відносно висока рухливість зернограничних дислокацій та виникнення у навантаженому полікристалі моментних напруг. Ефект залежить від оброблюваного матеріалу та стану меж зерен. Поворотні моменти, що обумовлюють поворот зерен (реалізацію ротаційної моди деформації), сприяють формуванню ланцюжка зерен, витягнутих уздовж верхньої межі стружкоутворення відбуваються при виділенні теплової енергії, електромагнітої та ін.

Література: 1. Ключко О.О., Гасанов М.І., Заковоротний О.Ю., Майборода В.С., Охрименко О.О., Федоренко В.С. Технологічні передумови деформації і рушення зрізуючого шару при швидкісному зубофрезуванні загартованих циліндричних зубчатих коліс на основі атомного підходу // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Techniques in a machine industry: зб. наук.пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків : НТУ «ХПІ», 2022. – № 1 (5) 2022. – С. 10–20. – ISSN 2079-004X, DOI: 10.20998/2079-004X.2022.1(5).02.
2. Равська Н.С., Парненко В.С., Гасанов М.І., Заковоротний О.Ю., Ключко О.О. Наукові основи визначення залежностей теорії різання в алгоритмах при реалізації нейронних мереж процесів формоутворення // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Techniques in a machine industry: зб. наук.пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків : НТУ «ХПІ», 2023. – № 1 (7) 2023. – С. 29–35. – ISSN 2079-004X, DOI: 10.20998/2079-004X.2023.1(7).04.
3. Кабалдін, Ю.Г. Оптимізація складів та функціональних властивостей наноструктурних покриттів для різального інструменту методом функціоналу електронної густини / Ю.Г. Кабалдін, С.В. Сірій // Вісник машинобудування. 2011. № 5. С. 32-36.