

СЕКЦІЯ XIII. ТРАНСПОРТ ТА ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

АНАЛІЗ ЧИННИКІВ ЩОДО ФОРМАЛІЗУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИСОКОТОЧНИХ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ ФОРМИ

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ГРУПА:

Сікульський Валерій Терентійович

д-р техн. наук, доцент, професор кафедри технології виробництва ЛА
*Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», Україна*

Майорова Катерина Володимирівна

ORCID ID: 0000-0003-3949-0791

канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри технології виробництва ЛА
*Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», Україна*

Красовський Сергій Олександрович

завідувач лабораторії кафедри технології виробництва ЛА
*Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», Україна*

Суслов Артем Сергійович

аспірант кафедри технології виробництва ЛА
*Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», Україна*

Перед технологом стоїть завдання вибору способу обробки поверхонь та кромek деталей з метою забезпечення необхідного мікрорельєфу та промислової чистоти. Розміри перехідної поверхні, що утворюється при обробці, залежать від методу, умов обробки та від шорсткості поверхонь деталі, що сполучаються кромкою. Далеко не завжди існує можливість механічної обробки забезпечити необхідну якість кромки, тому додатково використовуються й інші методи.

Кромка реальної деталі є перехідною складнопрофільною поверхнею. Тому її поперечний переріз зазвичай апроксимують дугами кола з деяким змінним радіусом r , хоча існують інші способи описів.

Безрозмірна обробка видалення задирок, підготовка кромek деталей перед нанесенням різноманітних покриттів на деталі машин і механізмів сьогодні є апробованими технічними рішеннями. Проблема розмірного округлення кромek є складним багатofункціональним завданням і залишається актуальною в сучасних умовах. Незважаючи на те, що в даний час для обробки та очищення кромek використовують понад 120 методів і на порядок більше моделей обладнання, процес коректної реалізації цих операцій далекий від остаточного рішення. Удосконаленню

процесів обробки кромки деталей потрібно приділяти більше уваги, оскільки до них пред'являються дуже жорсткі вимоги:

- при виготовленні з видаленням шару матеріалу на деталях не допускаються тріщини, розшарування матеріалу, сліди корозії, задирки, рвані та гострі кромки, вибоїни, сколи, вм'ятини, ризики та інші пошкодження, що виходять за межі параметрів шорсткості поверхонь;

- рвані та гострі кромки повинні бути притуплені радіусом 0,2 ... 0,6 мм або фаскою з розмірами (0,2...1) x (45 ±2);

- для елементів деталей розмір яких не перевищує 2 мм, величина притуплення повинна бути не більше 0,3 розміру цього елемента.

Подання кромки як математичної моделі деталі виникає при моделюванні технологічного процесу обробки деталей. Форма, точність виготовлення та фізичні характеристики матеріалу кромки визначають ефективність функціонування деталей, вузлів або виробу загалом під час їх експлуатації.

Складність процесу формування кромки полягає в тому, що вона є результатом перетину двох теоретичних поверхонь і має описуватись лінією.

При перетині реальних поверхонь така кромка є не лінією, а перехідною поверхнею складної геометричної форми. У діючих стандартах [1, 2] кромка визначена як поверхня, що сполучається двома поверхнями, що перетинаються, які є дотичними до неї.

Розміри та мікрорельєф кромки залежать від методів формоутворення та можливостей обладнання, від послідовності виконання технологічних операцій. Крім того, на кромці підсумовуються дефекти поверхонь, що перетинаються, обумовлені крайовими ефектами при їх механічній обробці.

Таким чином, кромкою є сполучна поверхня, що стосується краях двох поверхонь, що перетинаються:

- фізико-хімічні характеристики, які можуть суттєво відрізнитися від властивостей інших фрагментів деталі;

- значення допусків форми, точності розмірів і мікрорельєфу якої можуть бути значно менше допусків поверхонь, що сполучаються;

- є важливим елементом забезпечення ресурсу виробу.

Тому з конструкторсько-технологічної точки зору деталь представляється сукупністю поверхонь і кромки, що з застосуванням спеціальних технологічних процесів при їх формуванні.

До кромки деталей пред'являють спеціальні вимоги, які поділяють на естетичні, ергономічні та функціональні групи. Якість та розміри перших двох груп оцінюються суб'єктивно та призначаються досить довільно. Остання група впливає на фізичні процеси функціонування виробів.

Функціональні кромки деталей повинні мати строго задану геометрію, мікрорельєф та промислову чистоту поверхонь.

Наприклад, гідравлічні втрати при гострих кромках золотникових і плунжерних пар на порядок більше, ніж при їхньому округленні. Цю властивість широко використовують у машинобудуванні зниження втрат через зазори нагнітальних елементів, захисту капілярних щілин гідравлічних агрегатів від твердих частинок та інших.

Слід зазначити, що у технічній документації опису кромки приділяється недостатня увага. Опис еталонної геометрії форми та поверхонь деталей представляється, як правило, без урахування можливості будь-яких відхилень і без урахування станів кромки. Проте стан кромки, тобто її геометрична форма та якість поверхонь, що значно впливають і визначають ресурс всього виробу в цілому [3]. Тому стан кромки має враховуватися ще етапі розробки, тобто ще на стадії створення

математичних моделей деталей і виробів. Особливо це важливо при виготовленні деталей мікротехніки та гідравлічних систем керування, в яких величина, форма кромки та її шорсткість мають бути регламентовані у технічній документації [4].

Кромка деталі має власну шорсткість у поздовжньому та поперечному напрямках. Чим менше шорсткість поверхонь, що перетинаються, тим менша поздовжня шорсткість кромки. Підвищена шорсткість кромки після звичайної механічної обробки суттєво знижує їхню міцність.

Виступи мікронерівностей на кромках через їх малу механічну міцність руйнуються в перші секунди роботи деталей у виробі, а западини мікронерівностей є місцем зародження мікротріщин і призводять до утворення сколів.

Застосування загально визнаних методів механічної обробки здатне забезпечити, наприклад, необхідне значення шорсткості поверхонь, що сполучаються, але при цьому шорсткість кромки виявляється в три - чотири рази вище цього значення.

В даний час для обробки та очищення кромки використовують більше ста методів і на порядок більше моделей обладнання, проте процес коректної реалізації цих операцій далекий від остаточного рішення [5].

Слід зазначити, що за останні роки спостерігається тенденція щодо створення єдиної комплексної системи з кількох методів для обробки та очищення країв, для реалізації якої необхідні точні дані геометрії та властивостей країв [6]. Останнє безпосередньо залежить від режимів механічної обробки та геометрії інструменту. В результаті проблема розмірного округлення кромки є складним багатофункціональним завданням і залишається актуальною у сучасних умовах.

Порівняльний аналіз чинників, наведених вище, а також існуючих методів оброблення високоточних поверхонь, кромки та інших елементів деталей, показав, що виробничі методи формоутворення на фінішних етапах виробництва суттєво відстають від потреби проєктувальників. Взагалі майже всі види геометричної точності, до яких ми звикли за останні роки, потребують підвищення вимог на один квалітет, крім точності кутів. Особливо це відноситься до операцій формування кромки, циліндричності отворів, перетину складних фасонних форм, шорсткості поверхонь та ін. Для цих показників зміна рівня вимог повинна бути на два квалітета вище, ніж зараз використовується. Неодноразово конструктори нових виробів та виробники нашої галузі ставили питання: як виконати відхилення розмірів, що мають розмір у долях мікрону. Відповідь на це питання слід знаходити у розробці нових технологічних процесів, які здатні забезпечити керований процес обробки в інтервалі 0,001 мм.

Таким процесом може бути конвергенційна технологія обробки поверхонь з використанням термоімпульсної, електрохімічної та ін. процесів, що можуть потенціально задовольняти таким вимогам [6].

Список використаних джерел:

1. ISO 13715-2017 Technical product documentation - Edges of undefined shape - Indication and dimensioning (2017).
2. ASME B46.1-2019 Surface Texture (Surface Roughness, Waviness, and Lay), 144 p., (2019).
3. Y.C. Nee, Andrew: Handbook of Manufacturing Engineering and Technology. Springer, London (2015).
4. ISO 25178-2:2021 Geometrical product specifications (GPS) – Surface texture: Areal – Part 2: Terms, definitions and surface texture parameters, 2021.
5. J.Struckmann, A. Kieser, "Thermal deburring", ATL Anlagentechnik Luhden GmbH Publ., 2020.
6. Sikulskiy, V., Maiorova, K., Vorobiov, Iu., Fomichev, P., Myronova, S.: Convergence technology of vehicle parts surface finishing. XIV International Scientific Conference, Katowice – Silesia, 29 June – 1 July 2022, Transport problems 2022, pp. 637–646. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, Poland (2022).