

ПЕРЕВАГИ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ОБРОБКИ

1. Постановка проблеми в загальному вигляді

В даний час значну роль в підвищенні ефективності виробництва мають методи високошвидкісної обробки, які належать до прогресивних технологій. Їх роль дуже важлива при виробництві в машинобудуванні, а саме авіаційно-космічній промисловості і в приладобудуванні, тому що їх використання забезпечує високу якість обробки та значно зменшує час на виготовлення виробів. Але для високошвидкісної обробки потрібно використовувати тільки спеціальні високошвидкісні інструментальні шпинделі, які потрібні для такої високої швидкості обертання, так як застосовуються в основному для інструментів діаметром до 20 мм. Загальновідоме обмеження швидкості різання при фрезеруванні вузлами максимально можливим співвідношенням ширини і глибини контакту (для створення невеликого вильоту фрези). При роботах на великих робочих подачах і високій швидкості різання необхідно забезпечити стійкий процес різання, що є неможливим на існуючому стандартному обладнанні. Цей недолік властивий також і високошвидкісному фрезеруванню.

Одним з багатьох (і не менш важливим, чим інші) аспектів проблеми високошвидкісного різання є з'ясування впливу змашувально-охолоджуючого технологічного середовища (ЗОТС), як технологічного резерву підвищення швидкості різання. Хоча відомі багаточисельні приклади високошвидкісного різання без вживання яких-небудь ЗОТС або з використанням спеціальних рідинних ЗОТС типу Casyrol (наприклад, на японських токарних оброблювальних центрах Mazatrol 640TN IVS-2000? WFL MILLTURN M35- G та ін. верстатів з ЧПК).

2. Аналіз досліджень і публікацій за темою статті

Відсутність рекомендацій і технологічних досліджень по високошвидкісному різанню матеріалів стримує розвиток цього прогресивного напрямку на верстатах з ЧПК. Підвищення швидкості різання за рахунок використання більш ефективної ЗОТС пов'язано зі зменшенням сил різання при точінні та розточуванні. Це в свою чергу, призводить до зменшення пружних віджимань в технологічній системі при фіксованій її жорсткості. Тобто перетворення ресурсу стійкості ріжучого інструменту в ресурс збільшення швидкості різання одночасно приводить до збільшення точності обробки за виконаним розміром (за рахунок зменшення пружних віджимань).

Виявлені перспективні напрямки підвищення продуктивності обробки різанням, з'ясовано, що головний ефект високошвидкісної обробки полягає в підвищенні якості обробки і можливості ефективного використання сучасних верстатів з ЧПК.

В роботі [1] вирішувалось питання про введення коефіцієнту технологічної ефективності, яким враховувалось можливе збільшення швидкості різання. Проте, в даній роботі доведено, що підвищення стійкості інструменту не дає значного приросту швидкості різання. Але ж не вирішується питання про переваги використання методів високошвидкісної обробки, про застосування високошвидкісних інструментальних шпинделів.

3. Мета роботи

Метою роботи є обґрунтування переваг використання методів високошвидкісної обробки, за допомогою яких отримується ефект не тільки від зменшення машинного часу за рахунок інтенсифікації режимів різання, але й в підвищенні якості обробки.

4. Основний зміст

Високошвидкісна механічна обробка відноситься до одного з перспективних напрямів розвитку сучасної технології машинобудування. цей напрям сформувався в 40-х роках минулого століття і з тих пір є перманентним.

Високошвидкісна механічна обробка (англ. HSM – High Speed Machining) (ВСО) – спеціальний термін, що означає сучасну технологію виготовлення, яку можна віднести до групи технологічних методів виготовлення шляхом обробки різанням різцями з певною геометрією. За основним принципом він не відрізняється від звичайного фрезерування. В ньому також за допомогою ріжучого інструмента, що обертається, з декількома певними різцями (фрезами) знімається (зрізується) матеріал із заготовки. Проте при високошвидкісному фрезеруванні швидкості різання і подачі в 5-10 разів вище, ніж при звичайній обробці.

При невеликих перетинах зрізу в даному діапазоні швидкостей основна маса тепла концентрується в стружці, не встигаючи перейти в заготовку [1, 2, 3]. Саме це дозволяє вести обробку загартованих сталей, не опасаючись відпустки поверхневого шару. Звідси основний принцип ВШО- малий перетин зрізу, що знімається з високою швидкістю різання, і відповідно високі звороти шпинделя і висока хвилинна подача.

Головний ефект ВШО полягає не в зменшенні машинного часу за рахунок інтенсифікації режимів різання, а в підвищенні якості обробки і можливості ефективного використання сучасних верстатів з ЧПК. Умовою успіху в високошвидкісній обробці може бути правильний вибір усіх складових факторів, що беруть участь в цьому процесі – верстат, система ЧПК, ріжучий інструмент, допоміжний інструмент з системою закріплення інструменту, система програмування, кваліфікація технолога-програміста і оператора верстата з ЧПК. Зневага одним з цих складових може звести до нуля всі попередні зусилля.

Основний принцип високошвидкісної обробки полягає в тому, що при дуже високій швидкості різання відбувається значне збільшення температури в

зоні різання, і оброблюваний матеріал м'який. Високошвидкісне фрезерування базується, перш за все, на скороченні кількості тепла, що виникає при обробці різанням, яке знижує стійкість інструменту.

При виборі оптимальних режимів різання можна забезпечити такі умови обробки, при яких температура поверхні різання відповідає початковій температурі. Саме тому звертаються до високошвидкісної обробки, рис. 1. Є навіть така рекомендація, що глибина різання не повинна перевищувати 10% діаметру фрези. Маючи можливість здійснення лезвійної обробки загартованих сталей, можна забезпечити якість поверхні, сумірну з електроерозійною обробкою.

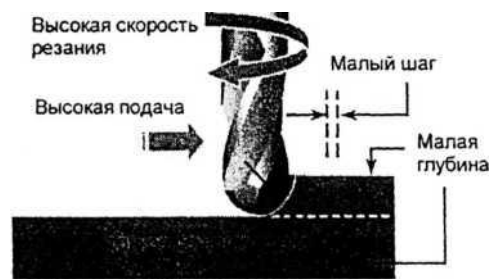


Рис. 1 – Принципова схема здійснення високошвидкісної обробки.

При звичайній обробці із збільшенням швидкості різання і зменшенням товщини стружки безперервно підвищується температура оброблюваної заготовки, стружки і інструменту. Але якщо підвищити швидкість подач в 5-10 разів, як це має місце при високошвидкісному фрезеруванні, то температура різців підвищується лише трохи. Причина цього полягає в тому, що швидкість подачі перевищує швидкість теплопровідності оброблюваного різанням основного матеріалу. Фреза «випереджає» поширення тепла. Тим самим поширення тепла, що утворюється в зоні контакту, в основний метал заготовки і фрези переважно запобігає, а основна доля тепла від різання відводиться із стружкою. За рахунок цього значно збільшується стійкість інструменту. Дослідження японських фахівців показали, що під час виконання ВШО 75 % виробленого тепла відводиться із стружкою, 20 % – через інструмент, і 5 % – через оброблювану деталь. Деталь в процесі різання нагрівається зовсім трохи,

що позитивно впливає на точність обробки. На підставі досліджень обробки матеріалів з високими значеннями міцності і твердості отримані рівняння, за допомогою яких можливо розрахувати температуру поверхні різання деталі залежно від режимів різання.

Температура поверхні різання визначає також величину і напрям залишкової напруги в поверхневому шарі деталі після її обробки. Так, високі теплові навантаження обумовлюють виникнення напруги розтягування в обробленій поверхні, що, у свою чергу, може привести до виникнення волосяних тріщин в поверхні деталі.

Методи високошвидкісної обробки найефективніше застосовувати в інструментальному виробництві для обробки прес-форм для лиття металів, прес-форм для лиття пластмас, оскільки формотворні деталі (матриці і пуансони) виготовляються, як правило, з однієї заготовки за одну установку. Їх також ефективно застосовувати для обробки штампів при виготовленні деталей складної форми. Оброблювані матеріали володіють високою твердістю і схильні до утворення тріщин. Можливість обробки заздалегідь загартованих заготовок дозволяє значно збільшити довговічність деталей штампів.

У всіх випадках завдяки високошвидкісному фрезеруванню досягається в порівнянні із звичайним фрезеруванням забезпечується зниження основного технологічного часу (у 5-10 разів). Проте при виробництві інструментів, що характеризується обробкою складних форм і поверхонь вільної форми, застосовується інша стратегія. Щоб уникнути трудомісткої і дорогої ручної роботи при фрезеруванні зменшують формат рядка, тобто відстань між двома паралельними, розташованими поруч один з одним траєкторіями, проведеними центром фрези.

Таким чином, можна при однаковому основному машинному часі уникнути ручної роботи і тим самим заощадити витрати.

Ефект високошвидкісного фрезерування полягає ще і в можливості обробки в надкритичному для коливань діапазоні, оскільки при високих швидкостях обертання значно перевищуються частоти резонансу деталі,

інструмента і компонентів верстата. Одночасно з цим за рахунок невеликих поперечних перетинів зрізу сили різання можуть бути невеликими, що сприятливо позначається на витримці розмірів вузлів. Крім того, проблема виділення тепла зведена до мінімуму, як наголошувалося вище.

Проте високошвидкісне фрезерування має і певні недоліки. Через необхідність використовувати лише спеціальні високошвидкісні інструментальні шпинделі, потрібні для такої високої швидкості обертання, в даний час в основному застосовуються інструменти діаметром від 15 до 20 мм. Загальновідоме обмеження фрезерування вузлами з чималим внутрішнім радіусом і максимально можливим співвідношенням ширини і глибини контакту (для створення невеликого вильоту фрези). Цей недолік властивий також і високошвидкісному фрезеруванню.

Стратегія обробки. По суті, це досить прості правила, які повинні виконувати технолог при складанні програм обробки і наявність САМ систем, які підтримують ці правила. Перше правило ВШО - необхідно забезпечити малі перетини зрізу, що знімаються з великою швидкістю. Як наголошувалося вище, це основа високошвидкісної обробки і реалізується простим завданням малих кроків між проходами, окрім випадків врізання, коли йде прохід повною шириною фрези. Такі випадки треба виключати, що досягається використанням трохойдальної обробки, коли фреза рухається в процесі врізання по колу, кінець кінцем, здійснюючи врізання. Ідеально, коли САМ-система сама будує трохойду в місцях, де потрібно здійснити врізання.

У разі, коли ВШО використовується для обробки загартованої заготовки з отвором, то унаслідок низької стійкості свердел процес свердління визиває певні складнощі. В цьому випадку ефективним методом може бути спіральна расфрезерівка отворів. Причому, як показує практика, цей метод обробки по продуктивності і стійкості інструменту перевершує звичайне свердління. Як правило, об'єм програм для ВШО значно перевершує об'єм традиційних програм силового різання. В цьому випадку системи ЧПУ повинні володіти можливістю швидкої обробки програми, що становлять десятки мегабайт, що

вимагає великих витрат часу на розрахунок траєкторії. Тому на перший план виходить швидкість розрахунку, яку повинна забезпечити САМ-система. Наприклад, при розробці системи PowerMILL фірма Delcam приділяла цьому особливу увагу, і тому не випадково, що на сьогоднішній день вона є лідером за часом розрахунку і перерахунку програм. Друге правило ВШО - забезпечення гладкої траєкторії руху інструменту. Воно витікає з необхідності зниження динамічних навантажень під час різкої зміни напрямку руху інструменту. Треба максимально можливо виключити кути на траєкторії. У кутах, де інструмент міняє напрям, він вимушений зупинитися. Проте, зниження навантаження у цей момент викликає врзання фрези в тіло деталі, і як наслідок на поверхні деталі залишаються сліди.

Створення гладких траєкторій – це функція САМ-системи, наприклад, PowerMILL. Для створення гладких траєкторій реалізується в принципі той же алгоритм згладжування, який виконує гонщик, при проході крутих віражів.

Третє правило – забезпечення рівномірного навантаження на інструмент. Традиційна рядкова обробка, що складається з багаточисельних ходів врзання і виходів інструменту, навіть якщо це згладжені входи по дузі, не може бути визнана оптимальною для ВШО. Перевага повинна віддаватися спіральним стратегіям, де інструмент один раз врзавшись, зберігає безперервний і рівномірний контакт із заготовкою або стратегіям еквідистантного зсуву контуру, які зберігають контакт інструменту із заготовкою тривалий час з одним заходом і виходом. Це ж правило рівномірних навантажень диктує техніку обробки внутрішніх скруглень. При ВШО треба прагнути виключати обробку фрезами з радіусами, рівними радіусам скруглення на деталі.

При підвищенні швидкості різання за рахунок використання, наприклад, більш ефективної ЗОТС зменшуються сили різання при точінні і розточуванні. Це, в свою чергу, приводить до зменшення пружних віджимань в технологічній системі при фіксованій її жорсткості. Тобто перетворення ресурсу стійкості ріжучого інструменту в ресурс збільшення швидкості різання одночасно приведе до збільшення точності обробки за виконуваним розміром (за рахунок

зменшення пружних віджимань)

Список використаних джерел:

1. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / под общ. ред. Ф. В. Новикова, А.В. Якимова : В 10 т. Т.2. “Теплофизика резания материалов”. – Одесса: ОНПУ, 2003. – 625 с.

2. Новиков Ф. В. Повышение эффективности технологии финишной обработки деталей пар трения поршневых насосов / Ф. В. Новиков, С. М. Яценко // Труды 13-й Международной научно-технической конференции. Физические и компьютерные технологии. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2007. – С. 8–20.

3. Макаров А. Д. Оптимизация процессов резания / А. Д. Макаров. – М. : Машиностроение, 1976. – 178 с.

Левченко Я.К., Маршуба В.П. «Умови ефективного застосування високошвидкісної обробки».

У роботі розкрита фізична сутність високошвидкісної обробки й обґрунтуванні області її ефективного застосування. Зазначені основні принципи високошвидкісної обробки. Розглянута ефективність використання методів високошвидкісної обробки. Приведені три правила ВШО. Подані рекомендації по використанню методів високошвидкісної обробки.

Ключові слова: високошвидкісна обробка, технологічні методи, обробка різанням, високошвидкісне фрезерування.

Левченко Я. К., Маршуба В.П. «Условия эффективного применения высокоскоростной обработки».

В работе раскрыта физическая сущность высокоскоростной обработки и обоснованы области ее эффективного применения. Отмечены основные принципы высокоскоростной обработки. Рассмотрена эффективность использования методов высокоскоростной обработки. Приведены три правила

ВСО. Даны рекомендации по использованию методов высокоскоростной обработки.

Ключевые слова: высокоскоростная обработка, технологические методы, обработка резанием, высокоскоростное фрезерование.

Levchenko Y.K., Marshuba V.P. «Conditions of effective application of high-speed processing».

In the work the physical essence of high-speed processing is opened and areas of its effective application are proved. The basic principles of high-speed treatment are marked. The efficiency of the use of methods of high-speed treatment is considered. Three rules over of HST are brought. The recommendations on the use of methods of high-speed treatment are given.

Key words: high-speed treatment, technological methods, treatment cutting, high-speed milling.

Стаття надійшла до редакції 25 січня 2012 р.