

Л.Є. Глембоцька, асист.
Житомирський державний технологічний університет

ОБГРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ОБРОБКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ З ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ

(Представлено к.т.н., доц. Виговським Г.М.)

Зростаюча необхідність машинобудування в нових конструкційних матеріалах зі спеціальними механічними, фізичними та хімічними властивостями, що характеризуються низькою оброблюваністю, вимагає також розробки нових ефективних способів обробки, верстатів та інструментів. Серед інструментів важливе місце займають торцеві фрези. Але значні сили різання при обробці таких матеріалів стандартними торцевими фрезами з ножами невеликого різання, невисока ефективність різання ними у зв'язку з вразливою вершинною формою ножів, що викликає їх інтенсивне спрацювання, похибками виготовлення цих фрез у вигляді биття ножів, що є причиною погіршення якості оброблених поверхонь та зниження їх стійкості, примушують проводити дослідження та розробку нових спеціальних конструкцій торцевих фрез. Дослідження та вирішення розглянутих питань, що спрямовані на підвищення продуктивності обробки та отримання якісної обробленої поверхні при торцевому фрезеруванні плоских поверхонь деталей з ВОМ, є актуальним завданням і має велике наукове і практичне значення для машинобудування.

Ключові слова: машинобудування; важкооброблювані матеріали; торцеві фрези.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Розвиток сучасної техніки передбачає застосування нових конструкційних матеріалів, яким властиві висока стійкість, твердість, пластичність та в'язкість при великих температурах, в умовах значних тисків, корозії цих матеріалів в різних середовищах та інші особливі фізико-механічні та експлуатаційні характеристики. До таких матеріалів належать важкооброблювані матеріали (ВОМ), такі як жароміцні, корозійностійкі, високоміцні сталі, титанові сплави та інші.

Застосування ВОМ для виготовлення деталей підвищує їх довговічність та надійність. Так, наприклад, застосування титанових сплавів в авіабудуванні, ракетобудуванні, машинобудуванні та інших галузях, дозволяє знизити вагу при збереженні міцності деталі, що позитивно відображається на техніко-експлуатаційних характеристиках виробу. В свою чергу, використання високоміцних матеріалів в машинобудуванні забезпечує велику несучу здатність виробів при їх малій масі. Але обробка цих матеріалів супроводжується значними силовими напруженнями та високою температурою в зоні різання, що є основною причиною низької оброблюваності. Оброблюваність різанням важкооброблюваних матеріалів передусім залежить від хімічного складу та наперед визначає експлуатаційні характеристики, такі як жароміцність, корозійну стійкість, механічну міцність тощо, разом з тим, обробка цих матеріалів призводить до інтенсивного зношування інструменту та негативно позначається на продуктивності обробки, показниках якості обробленої поверхні тощо. Особливо це важливо при обробці плоских точних протяжних поверхонь, які здебільшого є спряженими, з мінімальною шорсткістю ($R_a \leq 1,6 \text{ мкм}$). Тому вибір продуктивних способів обробки, режимів різання, розробка та впровадження нових прогресивних конструкцій інструментів – найбільш ефективний шлях підвищення продуктивності обробки із забезпеченням необхідних показників якості обробки, що є актуальним на машинобудівних підприємствах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В сучасному машинобудуванні одним з трудомістких процесів механічної обробки є обробка ВОМ. Аналіз останніх досліджень показує, що на сьогоднішній день питання обробки ВОМ недостатньо вивчено, а особливо торцеве фрезерування. Найвідомішими авторами робіт, що присвячені обробці важкооброблюваних матеріалів, є: Подураєв В.Н., Петруха П.Г., Гуревич Я.Л. та інші.

Відповідно до відомої класифікації Гуревича Я.Л., ВОМ поділяються на вісім груп за їх оброблюваністю різанням. Як відомо, через особливі фізико-механічні властивості при обробці ВОМ виникають вібрації, великі сили різання (в 1,5–2,5 рази більші, ніж при обробці сталі 45) та значні температури в зоні різання (в 2-3 рази більші, ніж при обробці сталі 45), що є основною причиною низької оброблюваності цих матеріалів [1, с. 122–136; 2, с. 33–43; 3, с. 6; 4, с. 77–78]. Значно впливає на оброблюваність хімічний склад. Так зі збільшенням вмісту вуглецю підвищується механічна міцність та відповідно збільшується опір різанню, а зі зменшенням – отримують велику шорсткість поверхні. Підвищення вмісту легуючих елементів (Cr, Mo, V, W, Ti) призводить до збільшення міцності сталі та погіршення теплопровідності, а тому знижується оброблюваність.

Саме ці властивості ВОМ призводять до низки проблем: підвищення зношування різального інструменту, зниження стійкості інструменту, погіршення якості оброблених поверхонь.

Метою статті є обґрунтування актуальності обробки плоских поверхонь деталей з важкооброблюваних матеріалів.

Викладення основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. За класифікацією Гуревича Я.Л., важкооброблювані матеріали поділяються на 8 груп:

I група – теплостійкі сталі (34ХН3М, 15Х5М та інші), що характеризуються вмістом легуючих елементів: Cr – до 6 %, Ni – до 3 %, Mo – до 1 %, V – до 1 % та Si – до 2 %. Межа міцності цієї групи сталей $\sigma_B = 600 \div 800$ МПа. Оброблюваність цих матеріалів майже задовільна. Ці сталі застосовуються для виготовлення впускних і випускних клапанів двигунів, лопаток і дисків турбін, що дозволяє їх використовувати в умовах різких змін температур від -60 до +700 °С.

II група – корозійно-стійкі, високохромисті матеріали (12Х13, 20Х13, 25Х13Н2 та інші) з підвищеним вмістом хрому – більше 10 % – та невеликим вмістом інших легуючих елементів – до 4 %. Підвищений вміст хрому збільшує міцність матеріалу, а нікелю – підвищує корозійну стійкість, внаслідок чого знижується оброблюваність. Межа міцності цієї групи сталей $\sigma_B = 700 \div 1000$ МПа. При обробці застосовуються швидкості різання в 1,5–2 рази нижчі аз швидкості різання при обробці сталі 45. Використовуються при виготовленні арматури, дисків і лопаток турбін, хірургічного інструменту, шарикопідшипників та інших деталей з високою корозійною стійкістю.

III група – аустенітні сталі (12Х18Н10Т, 20Х23Н13, 12Х21Н5Т та інші) з вмістом хрому більше 15 %, нікелю більше 5 % та інших легуючих елементів (кремній, титан, алюміній та інші). Межа міцності цієї групи сталей $\sigma_B = 550 \div 1100$ МПа. При обробці утворюється стружка сколювання, що призводить до значних коливань сил різання та потужності; застосовуються швидкості різання в 2 рази нижчі за швидкості різання при обробці сталі 45. Використовуються ці матеріали при виготовленні деталей зварної апаратури, лопаток та заклепок компресорних машин та інші.

IV група – жароміцні, жаростійкі аустенітного (45Х14Н14В2М, 09Х14Н16Б, 10Х11Н20Т3Р та інші) з вмістом хрому більше 12–25 %, нікелю більше 10 % та інших легуючих елементів (марганець, вольфрам, молібден, ванадій, титан та інші). Межа міцності цієї групи сталей $\sigma_B = 700 \div 1000$ МПа. Оброблюваність цієї групи матеріалів в 3–4 рази нижча, ніж у сталі 45. Застосовуються при виготовленні дисків і лопаток газових турбін, кільцевих деталей і деталей для кріплення.

Мала теплопровідність цих матеріалів призводить до різкого зниження відводу тепла в стружку і оброблювану заготовку, а отже, підвищення температури в зоні контакту різальної частини інструменту і заготовки. У результаті цього значно збільшуються знос інструменту і виникають явища налипання, що викликають руйнування різальних кромки.

V група – жароміцні на нікелевій та залізонікелевій основі (ХН60ВТ, ХН77ТЮР, ХН80ТБЮ та інші) з більшим вмістом легуючих елементів: хрому (10–20 %) та меншим вмістом титану, алюмінію, вольфраму, молібдену та інших. Межа міцності цієї групи сталей $\sigma_B = 800 \div 1200$ МПа. При обробці цієї групи матеріалів утворюється зливна стружка, що призводить до коливань сил різання та потужності. Коефіцієнт оброблюваності 0,1–0,3. Застосовуються при виготовленні дисків, робочих та направляючих лопаток та інших деталей газових турбін.

VI група – окалиностійкі та жароміцні ливарні сплави (ВХ-4, ВЖ36-Л2 та інші) з більшим вмістом легуючих елементів, внаслідок чого ці матеріали більш жароміцні, ніж матеріали V групи. Межа міцності цієї групи сталей $\sigma_B = 800 \div 1100$ МПа. Застосовуються ці матеріали при виготовленні соплових лопаток, суцільнолитих роторів та інших деталей газових турбін.

В авіакосмічній промисловості сучасними вимогами є зменшення ваги літальних апаратів та збільшення міцності, що потребує застосування нових важкооброблюваних матеріалів, таких як композити, сплави Інконель та титанові сплави – VII група (ВТ1-1, ВТ1-2, ВТ4, ВТ5, ВТ5-1, ВТ15, ВТ14 та інші). Межа міцності титанових сплавів $\sigma_B = 500 \div 1500$ МПа. Низька теплопровідність, висока адгезія, мала пластичність ускладнюють обробку титанових сплавів та знижуються показники оброблюваності. Застосовуються титанові сплави при виготовленні деталей фюзеляжу літального апарата, компонентів холодних секцій реактивних двигунів та системи посадочних шасі.

Композити характеризуються високою міцністю та абразивною дією на інструмент. Так, наприклад, в компанії Seco Tools при обробці композитів пропонують використовувати цільні твердосплавні фрези зі спеціальними покриттями.

Сплави Інконель характеризуються вмістом нікелю (50–72 %), хрому (14–23 %), молібдену до 10 % та іншими легуючими елементами та мають дуже низьку теплопровідність та високу ступінь деформаційного зміцнення – вищу, ніж у титана, стійкі до окислення та корозії. Ці сплави

використовують для роботи за температур до 980 °С. Межа міцності сплавів Інконель $\sigma_B = 1300 \div 1500$ МПа. Обробку сплаву Інконель проводять при швидкостях різання 25–30 м/хв. та використовують геометрію фрези з великим заднім кутом, щоб мінімізувати контакт між фрезою та матеріалом. Застосовують ці сплави для виготовлення лопаток компресора авіаційних двигунів, хімічних апаратів, газотурбінних двигунів.

Також до ВОР належать високоміцні сталі, наприклад загартовані сталі. Межа міцності при розтязі $\sigma_B = 1400 \div 2000$ МПа. Висока міцність досягається шляхом загартовування при 880–900 °С та наступного низького відпуску при 220–300 °С. Цей вид сталей містить 0,25–0,4 % вуглецю. З підвищенням вмісту вуглецю збільшується максимальна межа міцності, але при досягненні 0,45 %, в'язкий характер руйнування змінюється крихким. Найбільш широко застосовуються: 30ХГСА, 35ХГСА, 30ХГСНА, 30ХГСНА, 40ХН2СВА та інші.

Високоміцні сталі застосовують в машинобудуванні для виготовлення найбільш відповідальних силових елементах конструкцій, що працюють в широкому діапазоні температур, для виготовлення кулачків, пальців, фланців, валиків, важелів, осей, деталей зварних конструкцій складної конфігурації, що працюють в умовах знакозмінних навантажень. Вироби з цих сталей характеризуються високою міцністю та надійністю, технологічні та мають задовільну вартість.

Основними проблемами при обробці різанням:

- жароміцних та неіржавіючих матеріалів є: високе зміцнення матеріалу в процесі деформації; мала теплопровідність оброблюваного матеріалу, що призводить до високої температури в зоні різання, руйнування різальної кромки інструменту; здатність зберігати при підвищених температурах міцність та твердість, що призводить до високих питомих навантажень в процесі обробки на контактні поверхні різального інструменту;
- титанових сплавів є висока абразивна дія на інструмент, внаслідок малої усадки стружки та низької теплопровідності;
- високоміцних сталей є: досить мала пластична деформація при стружкоутворенні, нарід відсутній, зношування інструменту відбувається інтенсивно та переважно по задній поверхні, великі значення сили різання, що призводить до викрашування різальної кромки.

При обробці плоских поверхонь деталей необхідним та важливим є забезпечення необхідної контактної жорсткості та зносостійкості з'єднань, тому вони повинні мати мінімальні відхилення від площинності і необхідну шорсткість поверхні.

Ці проблеми пропонується вирішити за рахунок вибору способу обробки, інструментального матеріалу, режимів різання, геометрії інструменту та інших умов різання.

У вітчизняній та зарубіжній практиці розглядалися різні способи обробки плоских поверхонь з ВОР, такі як стругання, фрезерування, протягування, шліфування та інші. Але на сьогоднішній день обробка торцевим фрезеруванням, як найбільш прогресивний і високопродуктивний спосіб, розглянуто недостатньо широко.

Процес торцевого фрезерування ВОР певною мірою висвітлений в наукових публікаціях, але здебільшого це стосується обробки деталей стандартними торцевими фрезами (ТФ), що супроводжується такими негативними явищами: нерівномірне зношування різальних кромки ножів; удари на вході та виході в зонах контакту з заготовкою; биття різальних кромки; нерівномірність навантаження окремих ножів ТФ тощо. Мінімізувати ці негативні явища авторами, в основному, пропонується конструктивним шляхом – використанням конструкцій торцевих фрез зі східчастою схемою різання, з негативним значенням передніх кутів різальних кромки безвершинних ножів косокутного різання.

Одним зі шляхів підвищення якості деталей та точності обробки торцевим фрезеруванням ВОР є використання інструменту, що оснащений надтвердими матеріалами [5–8]. Це пояснюється тим, що в структурі ВОР знаходяться тверді карбіди та нітриди, які за фізико-механічними характеристиками наближаються до абразивних матеріалів.

Незважаючи на достатньо велику кількість досліджень з використання інструментів з надтвердих матеріалів [10], питання раціонального застосування (оброблюваний матеріал – інструментальний матеріал) та вибір режимів різання залишаються досить актуальним.

Окремі дослідження підтвердили високу продуктивність торцевого фрезерування з впровадженням оригінальних або спеціальних різальних інструментів. Зокрема, автори [5, 9, 11, 12, 13] та інші застосовували в своїх дослідженнях східчасті схеми різання, які показали високу продуктивність та якість обробки. В більшості цих досліджень використовуються рекомендовані режими різання для вказаних матеріалів.

Особливо ефективність досягалась при виконанні інструментів, що мали оригінальні рішення робочої частини інструменту, завдяки формі корпусу торцевої фрези та способу розміщення на ньому різальних ножів тощо. В деяких випадках автори Баранчиков В.І., Жаріков А.В., Юдіна Н.Д. [14] досягали підвищення продуктивності обробки при заданій якості поверхні, при більш значних режимах,

особливо глибини різання, за рахунок східчастого розміщення ножів на корпусах торцевих фрез конічної або циліндричної форми [15, 16] та виконанню різних кривих: спіралі Архімеда, логарифмічної спіралі тощо. Важливою вважається при виконанні таких інструментів безвершинна форма ножів.

Незважаючи на значні успіхи вітчизняних та зарубіжних авторів, залишаються недостатньо дослідженими процеси обробки торцевим фрезеруванням плоских поверхонь деталей з ВОМ з забезпеченням необхідної якості поверхонь і більш високою продуктивністю їх обробки.

Висновки. В подальшому є необхідність розробити нові конструкції торцевих фрез, які при обробці плоских протяжних поверхонь при підвищених режимах різання забезпечать високу продуктивність обробки при необхідній їх якості. Таке завдання є актуальним і має велике наукове і практичне значення.

Список використаної літератури:

1. Обработка резанием высокопрочных, коррозионностойких и жаропрочных сталей / под ред. П.Г. Петрухи. – М. : Машиностроение, 1980. – 167 с.
2. Подпоркин В.Г. Фрезерование труднообрабатываемых материалов / В.Г. Подпоркин, Л.Н. Бердников. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. – 136 с.
3. Режимы резания труднообрабатываемых материалов : справочник / Я.Л. Гуревич, М.В. Горохов, В.И. Захаров и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 240 с.
4. Основы теории и практики фрезерования материалов / Е.Н. Сенькин и др. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 103 с.
5. Виговський Г.М. Процес різання торцевими ступінчастими фрезами з косокутною геометрією різальних частин, що оснащені надтвердими матеріалами (НТМ) / Г.М. Виговський, П.П. Мельничук // Вісник ЖІТІ. – 1998. – № 7. – С. 73–81.
6. Высокопроизводительные инструменты из гексанита-Р / Г.Г. Карюк, А.В. Бочко, О.И. Мойсеенко и др. – К. : Наук. думка, 1985. – 136 с.
7. Лезвийный инструмент из сверхтвердых материалов : справочник / Н.П. Винников, А.И. Грабченко, Э.И. Гриценко и др. ; под общ. ред. акад. АН УССР Н.В. Новикова. – К. : Техніка, 1988. – 118 с.
8. Лищинский Н.Я. Новые конструкции торцовых ступенчатых фрез с резами из сверхтвердых материалов / Н.Я. Лищинский // Сверхтвердые материалы. – 1980. – № 3. – С. 28–30.
9. Конструкция и эксплуатация фрез, оснащенных композитами / Е.Н. Сенькин и др. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 63 с.
10. Сверхтвердые материалы. Получение и применение : монография. В 6 т. Т. 5 : Обработка материалов лезвийным инструментом / под ред. С.А. Клименко. – К. : ИСМ им. В.Н. Бакуля, ИПЦ АЛКОН НАНУ, 2006. – 316 с.
11. Филиппов Г.В. Режущий инструмент / Г.В. Филиппов. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1981. – С. 188.
12. Виговський Г.М. Використання кінематичних схем різання при чистовому торцевому фрезеруванні / Г.М. Виговський, О.А. Громовий, П.П. Мельничук // Вісник ЖІТІ. – 2000. – № 13 / Технічні науки. – С. 18–25.
13. Виговський Г.М. Розрахунок сил різання при обробці деталей ступінчастими торцевими фрезами / Г.М. Виговський, О.А. Громовий, П.П. Мельничук // Вісник ЖІТІ. – 1999. – № 11 / Технічні науки. – С. 58–66.
14. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / В.И. Баранчиков, А.В. Жариков, Н.Д. Юдина и др. – М. : Машиностроение, 1990. – 400 с.
15. Петросян Г.М. Особенности износа фрезы с цилиндрическими передними поверхностями при чистовом фрезеровании / Г.М. Петросян, Чинь Минь Ты // Технол. и организ. произв-ва : научн. произв. сб. – 1977. – С. 23–25.
16. Петросян Г.М. Силы при фрезеровании торцовой фрезой с цилиндрическими передними поверхностями режущих элементов / Г.М. Петросян, Чинь Минь Ты // Чистовая обработка деталей машин. – Вып. 2. – Саратов, 1976. – С. 9–15.

ГЛЕМБОЦЬКА Лариса Євгенівна – асистент кафедри загальноінженерних дисциплін Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– проектування різальних інструментів;

– технологія машинобудування.

Тел.: (097)533–90–14.

E-mail: gle.tmks@gmail.com.

Глембоцька Л.Є. Обґрунтування актуальності обробки плоских поверхонь деталей з важкооброблюваних матеріалів

Глембоцкая Л.Е. Обоснование актуальности обработки плоских поверхностей деталей из труднообрабатываемых материалов

Glembotskaya L.E. Justification relevance flat surfaces of details from of hard-to-work materials.

УДК 621.914

Обоснование актуальности обработки плоских поверхностей деталей из труднообрабатываемых материалов / Л.Е. Глембоцкая

Возрастающая необходимость машиностроения в новых конструкционных материалах со специальными механическими, физическими и химическими свойствами, которые характеризуются низкой обрабатываемостью, требует также разработки новых эффективных способов обработки, станков и инструментов. Среди инструментов важное место занимают торцевые фрезы. Но значительные силы резания при обработке таких материалов стандартными торцевыми фрезами с ножами несвободного резания, невысокая эффективность резания в связи с уязвимой вершинной формой ножей, вызывает их интенсивное изнашивание, погрешностями изготовления этих фрез в виде битья ножей, которое является причиной ухудшения качества обработанных поверхностей и снижения их стойкости, заставляют проводить исследования и разработку новых специальных конструкций торцевых фрез. Исследование и решение рассматриваемых вопросов, направленных на повышение производительности обработки и получения качественной обработанной поверхности при торцевом фрезеровании плоских поверхностей деталей из труднообрабатываемых материалов, является актуальной задачей и имеет большое научное и практическое значение для машиностроения.

Ключевые слова: машиностроение; труднообрабатываемые материалы; торцевые фрезы.

УДК 621.914

Justification relevance flat surfaces of details from of hard-to-work materials / L.E. Glembotskaya

Increasing necessity of engineer for new construction materials with the special mechanical, physical and chemical properties which are characterized low workability requires development of new effective methods of treatment, machine-tools and instruments also. Among instruments an important place is occupied by butt-end milling cutters. But considerable forces of cutting at treatment of such materials by standard butt-end milling cutters with the knives of the constrained cutting, low efficiency of cutting in connection with the vulnerable vertex form of knives, causes their intensive wear, by the errors of making of these milling cutters as beating of knives, which is reason of worsening of quality of the treated surfaces and decline of their firmness, compel to conduct research-and-developments the new special constructions of milling cutters. Researches and decisions of the examined questions, directed on the increase of the productivity of treatment and receipt of the high-quality treated surface at the milling of flat surfaces of details from hard-to-work materials, is an actual task and has a large scientific and practical value for engineering.

Keywords: