

УДК 621.914

М.Л. Білявський, Л.А. Білявський
Дочірня компанія «Укртрансгаз»

ТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА РЕМОНТУ ВУЗЛІВ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ МАШИН

Проведено огляд літературних джерел, які зв'язані з питаннями підвищення ефективності виготовлення і ремонту вузлів когенераційних машин. Розглянуті переваги і недоліки технології різання з попереднім пластичним деформуванням, як одного із способів одночасного підвищення оброблюваності пластичних матеріалів, а також ефективності виготовлення і ремонту в цілому.

Постановка проблеми. Широке застосування високолегованих, аустенітних та перлітних сталей та сплавів для виготовлення різноманітних деталей та вузлів когенераційних машин створює проблеми по їх механічній обробці інструментом, оснащеним надтвердим матеріалом (НТМ).

Таким чином, підвищення вимог до експлуатаційної стійкості та надійності деталей когенераційних машин викликає необхідність розширення функціональних можливостей існуючих та нових конструкційних матеріалів для вдосконалення процесів механічної обробки, підвищення якості обробленої поверхні, створення нових та вдосконалення існуючих технологічних методів. При цьому особливу увагу необхідно надати методам чистової обробки інструментами, оснащеними НТМ, які поряд з високою продуктивністю характеризуються технологічною простотою та універсальністю.

НТМ – це група інструментальних матеріалів, раціональні умови застосування яких визначаються високими швидкостями різання (400 – 1200 м/хв.) і малими товщинами зрізу, великою потужністю різання і порівняно невеликими енергетичними затратами, малими силами різання і високою точністю обробки (по 6–9 квалітету), значним тепловідленням в зоні різання і відсутністю нагрівання деталі, низькою шорсткістю обробленої поверхні (при точінні загартованих сталей – 0,08...1,25 мкм).

З розширенням області застосування пластичних матеріалів в умовах сучасного машинобудування існує потреба в подальшому розвитку питання про підвищення їх оброблюваності різанням інструментами, оснащеними НТМ. Тому пошук методів підвищення оброблюваності різанням пластичних матеріалів є актуальною задачею.

Мета роботи полягає в аналізі існуючих методів підвищення ефективності виготовлення та ремонту вузлів когенераційних машин виготовлених із пластичних матеріалів.

Виклад основної частини. Оброблюваність різанням є технологічною характеристикою матеріалу, який визначається комплексом його фізико-механічних властивостей. При механічній обробці, оброблюваність визначають наступними критеріями: інтенсивністю зношування інструмента, величинами сили різання та температури, а також якістю обробленої поверхні. Такі кількісні значення оброблюваності залежать від виду матеріалу, хімічного складу, способу отримання заготовки, режиму її термообробки, що визначає структуру та механічні властивості.

Природні металічні сплави практично неоднорідні по своєму хімічному складу та структурі. Найбільш суттєво на оброблюваність впливає нерівномірність хімічного складу та структури пластичних матеріалів.

В роботах [4,7,10,14,17,20,22-24] були розглянуті існуючі методи підвищення оброблюваності сталей (рис. 1).



Рис. 1. Відомі способи підвищення ефективності різання пластичних матеріалів

Таким чином, відомі способи впливу на метали та сплави з метою підвищення їх оброблюваності різанням можливо звести до 4-х видів: мікролегування кальцієм з доданням сірки до 0,05% або зниженням вмісту марганцю до 0,30% - 0,35%; термообробка, що змінює структуру; нагрів перед обробкою різанням, попереднє поверхнєве пластичне деформування.

Загальними недоліками перших трьох методів в порівнянні з останніми являються ускладнення технологічних процесів, погіршення їх екологічних характеристик, а також більш обмежені можливості управління металургійними та термічними операціями в порівнянні з механічними.

В роботах Посвятенко Е.К. проведений аналіз існуючих методів підвищення оброблюваності різанням пластичних матеріалів та встановлено, що різання з попереднім пластичним деформуванням є одним з найбільш простих і в той же час перспективних методів підвищення оброблюваності різанням сталей та підвищення стійкості інструмента.

В роботі [17] визначено, що даний метод різання з попереднім поверхневим деформуванням дозволяє підвищити продуктивність та якість поверхні оброблених деталей при напівчистовому та чистовому точінні сталей перлітного та аустенітного класів. Спосіб відзначається високою технологічністю, простотою та універсальністю, що робить можливим його ефективне використання в умовах сучасного виробництва. При підвищенні якості обробленої поверхні та зниженні зношування інструмента, метод не потребує підвищених енергетичних затрат та складного обладнання.

Принципи реалізації метода попереднього пластичного деформування матеріалу перед обробкою різанням та деякі його переваги сформульовані Я.Г. Усачевим в 1915 р. [19].

В 50–90–ті роки 20 ст. даному питанню були присвячені роботи: І. Джармагео та Р.Х. Брауна, А.К. Баєва [5], М.С. Берлінера, І.М. Грязнова [24]. Г.І. Епіфанова, М.М. Зорева, В.С. Кудрявцева, А.М. Кузнєцова та представників його школи (А.З. Марина, Ж.К. Джунусбекова, І.І. Шацких), В.І. Меламеда [10], В.І. Давидюка и А.А. Чагинцевої, В.В. Меліхова, Е.И. Фельдштейна, Б.І. Наумова, В.В. Коняшова, А.І. Рязанова [11], В.М. Подураєва та представників його школи (В.С. Камалова, В.М. Ярославцева, М.А. Ярославцевої, В.В. Войтова, П.В. Севастьянова, Г.Ф. Шатурова, В.М. Цуканова) [12-17] Е.М. Трента, Н.І. Ховаха, А.І. Кодрика [7], Р.А. Ішмакова, П.А. Семкіна, П.С. Чистосердова [22], Н.Е. Enahoro [23], Ford C. Brandon, Jan Hrubec [24], Kurt Keck [25].

Після 90-их років по наш час питаннями, що пов'язані з різанням попередньо зміцненого шару матеріалу присвячені роботи С.К. Амбросімова [2,3], Д.В.Крайнева [9], Ю.М. Полянчикова та інших.

Вищенаведені автори проводили попереднє пластичне деформування міді, латуні, бронз технічно чистого алюмінія та його сплавів Д16, Д16Т, заліза Армко, маловуглецевих, конструкційних та нержавіючих сталей, а також хромонікелевих жаростійких сплавів прокаткою, ковкою, пресуванням, волочінням, чеканкою, прокаткою, алмазним вигладжуванням, накатуванням, ультразвуковою обробкою і т.п.

Е.К.Посвятенко [17] був проведений аналіз відомих теоретичних та експериментальних відомостей, що стосуються питань різання попередньо зміцненого шару, а також присутніх в роботі [24] мікрофотографій коренів стружки, отриманих при струганні загартованої сталі та ©М.Л. Білявський, Л.А. Білявський

наклепаних ковкою сталі з товщиною зрізу 0,5 мм. Розрахунки показали, що в першому випадку усадка стружки склала для сталі 3,3. В другому випадку усадка стружки дорівнює 1,7.

Зміна властивостей металів при пластичному деформуванні перед обробкою різанням призводить до зменшення деформацій в зоні стружкоутворення. Результати експериментів свідчать про те, що при різанні попередньо зміцненого металу, відбувається зниження усадки стружки, сил та температури різання.

А оскільки між усадкою стружки та довжиною її контакту з передньою поверхнею при даній товщині зрізу існує однозначний зв'язок [23], зміцнення викликає зменшення довжини контакту різального інструмента з оброблюваним матеріалом.

По вказаній причині, а також в зв'язку із зниженням сил різання змінюються і інші контактні характеристики процесу різання (середній контактний тиск, середнє тангенційне напруження, коефіцієнт тертя).

Зменшення деформації металу в зоні стружкоутворення та шляху тертя стружки по передній поверхні приводить до зниження роботи різання. Це може призводити до зміни адгезійних та дифузійних властивостей оброблюваного матеріалу в процесі попереднього пластичного деформування.

Різання такого матеріалу у визначеному діапазоні режимів різання, супроводжується наростоутворенням, інтенсивність якого нижче, аніж при обробці незміцненого матеріалу.

Попереднє пластичне деформування суттєво впливає на форму та радіус витка стружки через її усадку та контактні характеристики.

Збільшення степені зміцнення призводить до зменшення радіуса витка стружки, збільшення густини його завивання та поява ймовірності переходу елементної стружки в зливну.

За даними авторів більшості літературних джерел стійкість інструмента, що працює по зміцненому металу, в 1,6 – 6 раз вище його стійкості при обробці цього металу у вихідному стані.

Властивість зміцненого матеріалу наближується до властивостей ідеального жорстко-пластичного матеріалу. Подібні матеріали легко оброблюються.

При різанні з попереднім пластичним деформуванням частина роботи, що затрачається на пластичну деформацію попередньо виконується додатковим механічним джерелом енергії. В результаті різальним інструментом виконується лише частина роботи, що призводить до зниження сил різання, температури і, як наслідок, до підвищення стійкості інструмента та ефективності праці.

В роботі [12] авторами вперше представлений спосіб та установка, що реалізовує комбіновану обробку різання з попереднім пластичним деформуванням. Викладені експериментальні дані свідчать про те, що попереднє пластичне деформування також дозволяє знизити нестабільність процесу різання, що являється характерною особливістю обробки сталей аустенітного класу. При цьому відбувається зменшення амплітуди коливання, зменшенням величини зміщення центра мас системи «фреза – шпindelний вузол» та зменшення частоти нестабільності, що говорить о стабілізації процесу різання та зменшення коливань сил та температур в зоні різання. В результаті цього мінімізуються циклічні навантаження на різальний інструмент, що призводить до підвищення його стійкості.

Крайнев Д.В. в роботі [9] досліджував питання, що пов'язані з підвищенням ефективності процесу різання сталей перлітного та аустенітного класу шляхом використання попереднього пластичного деформування.

Результати дослідження впливу навантаження при попередньому пластичному деформування на складову силу різання, представлені на рис. 2.

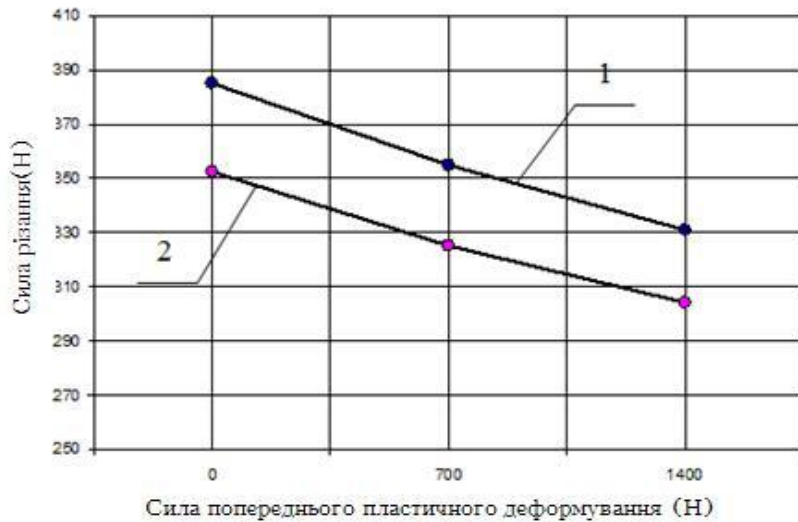


Рис. 2. Вплив величини зусилля при попередньому деформуванні на величину сили різання (матеріал: сталь 45; швидкість різання $V = 1,67$ м/с; глибина різання $t = 0,5$ мм; подача $S = 0,1$ мм/об. інструментальний матеріал: 1 - ВК8, 2 - Т15К6)

Таким чином, при збільшенні зусилля попереднього пластичного деформування зменшується питома робота стружкоутворення та сили різання P_z .

Попереднє пластичне деформування також дозволяє знизити нестабільність процесу різання, що являється характерною особливістю обробки сталей аустенітного класу. При цьому проходить зменшення амплітуди коливання кута здвигу та збільшення частоти нестабільності, що говорить о стабілізації процесу різання та зменшення коливаний сил та температур в зоні різання. В результаті цього мінімізуються циклічні навантаження на різальний інструмент, що призводить до підвищення його стійкості (рис. 3).

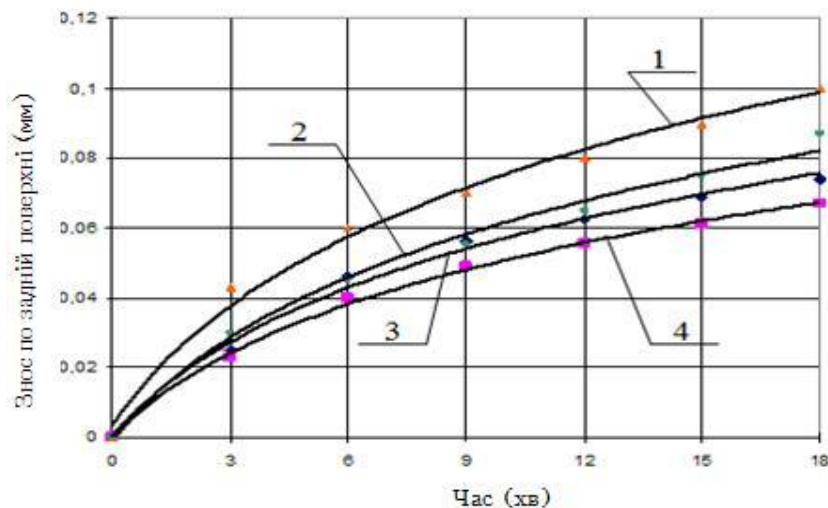


Рис. 3. Крива росту зношування по задній поверхні. Матеріал інструмента: Т15К6. $V=2$ м/с, $S=0,1$ мм/об, $t=0,5$ мм. Обробка без попереднього пластичного деформування: 1 – сталь 12Х18Н10Т, 3 – сталь 45; обробка після попереднього пластичного деформування (навантаження 1400 Н): 2 – сталь 12Х18Н10Т; 4 – сталь 45.

В роботі [9] встановлено, що в результаті попереднього пластичного деформування амплітуда коливаний комбінованого токарного різця зменшилась в 1,5-2 рази.

При обробці аустенітних сталей стійкість інструмента знижується в більшій степені внаслідок нестабільності процесу різання і відповідно по причині циклічного характеру температурно-силових навантажень, що сприймаються різцем. Зі зменшенням величини нестабільності знижується зношування інструмента при точінні сталі 12Х18Н10Т.

При обробці аустенітної сталі після попереднього пластичного деформування, стійкість різців Т15К6 збільшується інтенсивніше в порівнянні з ВК8, що пояснюється великим впливом циклічності навантаження на зношування інструментальних матеріалів групи ТК із-за значного зниження кількості та величини мікросколів та викришувань на різальних кромках.

При обробці сталі 12Х18Н10Т з аустенітною структурою і сталі 45 з перлітною, попереднє пластичне деформування дозволяє зменшити зношування різального інструмента, причому величина фаски зношування по задній грані різця зменшується з ростом навантаження деформування. Зростання зусилля попереднього пластичного деформування зменшує зношування інструмента, як при обробці різцями Т15К6, так і ВК8 (рис. 3). Різноманітні розміри фаски зношування по задній грані різця для різців оснащених ВК8 та Т15К6 визначаються фізико-механічними властивостями інструментальних та оброблюваних матеріалів, різноманітними температурними умовами в зоні різання.

В роботі [13] відмічено, що обробка різанням з попереднім пластичним деформуванням дозволяє поєднати процес підвищення оброблюваності матеріалів з процесом підвищення фізико-механічних властивостей поверхневого шару оброблюваного матеріалу.

За даними [14] встановлено, що процес різання з попереднім пластичним деформуванням являється менш напруженим. Так, зниження тангенційної сили різання для незагартованої сталі 20 складає 32 – 44%, а температури 8 – 17% (в порівнянні зі звичайним різанням при однакових режимах обробки).

В роботі [9] встановлено, що зміна властивостей поверхневих шарів матеріалу внаслідок пластичної деформації впливає на якість обробленої поверхні. Так, з ростом навантаження деформування величина середнього арифметичного відхилення профілю зменшується, що дозволяє зробити висновок про зменшення висоти мікронерівностей (рис. 4).

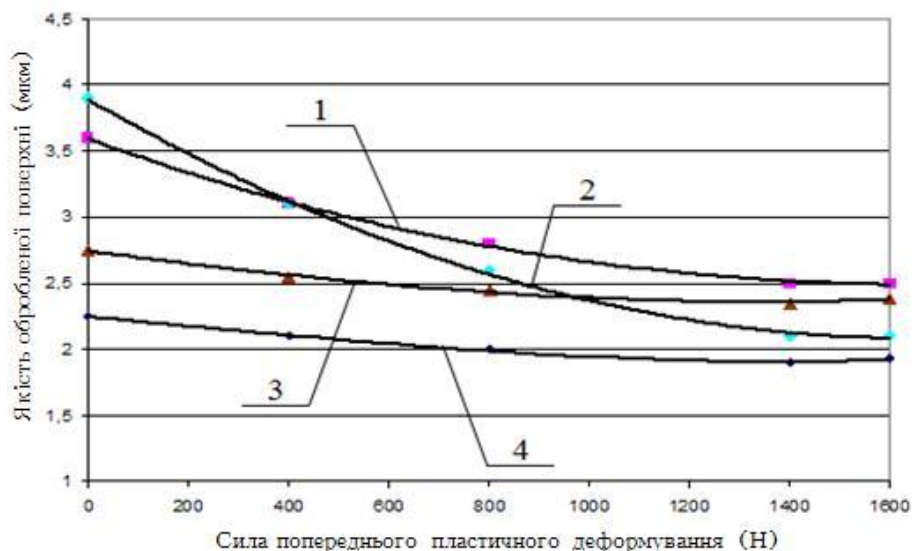


Рис. 4. Вплив навантаження попереднього пластичного деформування на величину R_a при чистовій обробці. $V = 2$ м/с, $S = 0,1$ мм/об. Сталь 12Х18Н10Т: 1 – ВК8; 2 – Т15К6; Сталь 45: 3 – Т15К6, 4 – ВК8.

По даним [9,17,22] при напівчистовій обробці сталі 45 навантаження попереднього пластичного деформування не повинно бути меншим 1400 Н, тоді як при чистовому точінні достатнім є 1200 Н. Причому збільшення навантаження у випадку чистового точіння більше 1200 Н становиться нераціональним, так як ріст витрат на попереднє пластичне деформування в даному випадку не дає помітного збільшення якості поверхні.

В роботі [2] представлена математична модель оброблюваності різанням з випереджаючим поверхневим пластичним деформуванням, яка побудована на теорії руйнування. Модель пояснює та підтверджує зниження сили різання при протягуванні попередньо механічно зміцнених матеріалів, а також визначає подальші шляхи зниження енерговитрат при комплексній дії на матеріал.

Аналіз літературних джерел [1-25] дає можливість сформулювати схему взаємозв'язку процесів в зоні різання пластичних матеріалів з процесом попереднього пластичного деформування (рис. 5).

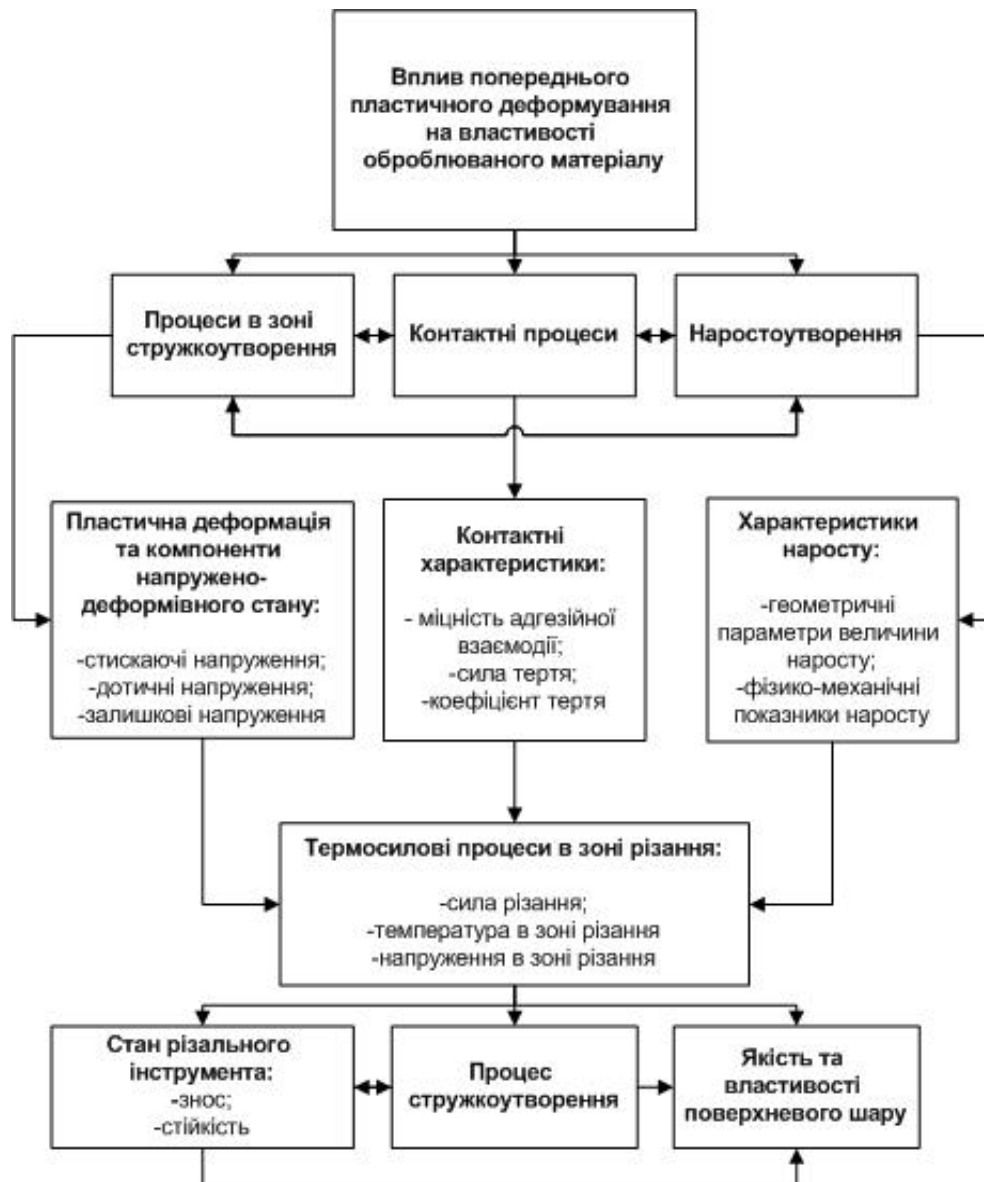


Рис. 5. Схема взаємозв'язку процесів в зоні різання пластичних матеріалів з процесом попереднього пластичного деформування

В публікаціях [6,9,11,12-14,16,17,21,22] технологічний процес різання з попереднім пластичним деформуванням розглядається при обробці циліндричних деталей, при цьому різальний інструмент оснащений твердим сплавом.

Авторами в роботах [2,3,7,18,19] запропоновано для суміщення продуктивності процесу та якості поверхневого шару використовувати для обробки отворів деформуючо-ріжучі протяжки.

В роботі [3] відзначається, що для розробки нових більш ефективних конструкцій деформуючо-різальних протяжок важливим є суміщення зон різання та деформування, забезпечення оптимальних припусків на різання та деформування, а також спрощення конструкцій протяжок.

Аналіз даних [1-25] дає можливість розробки класифікації способів різання з попереднім пластичним деформуванням (рис. 6).

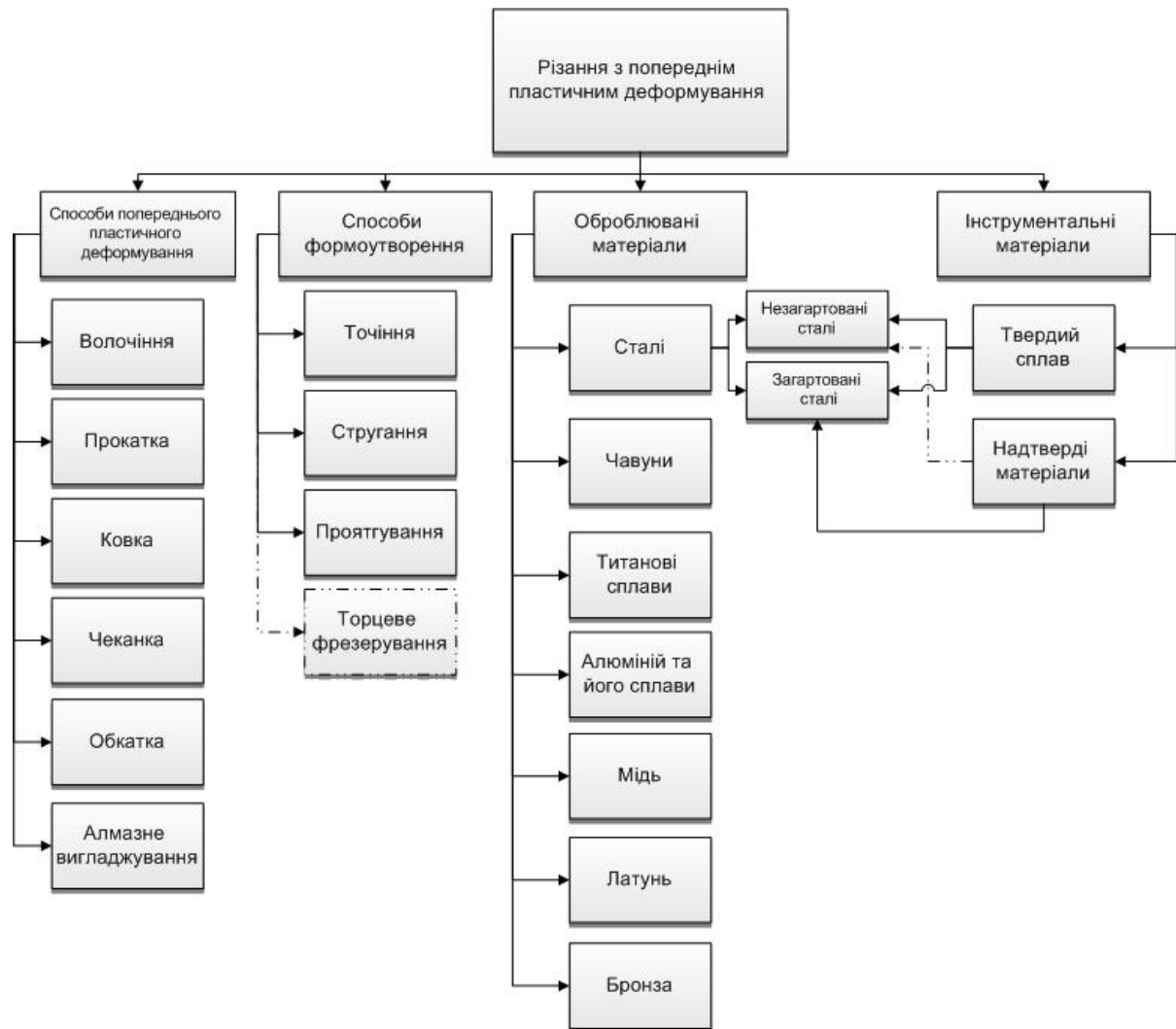


Рис. 6. Класифікація способів різання з попереднім пластичним деформуванням

Таким чином, відсутність рекомендації щодо використання попереднього пластичного деформування при торцевому фрезеруванні інструментом, оснащеним НТМ, плоских поверхонь деталей машин з незагартованих сталей вимагає в подальшому дослідження такого технологічного процесу.

Обробка плоских поверхонь комбінуванням ППД та різання інструментом, оснащеним НТМ, дозволить суттєво збільшити продуктивність обробки, за рахунок усунення операції термообробки і можливості використання властивостей надтвердих матеріалів, що дозволяють зменшити сили різання і, як наслідок, зменшити інтенсивність зношування та підвищити стійкість різальних інструментів.

Висновки.

1. Розглянуті існуючі способи підвищення оброблюваності різанням пластичних матеріалів та визначені недоліки і переваги різання з попереднім пластичним деформуванням, як способу підвищення оброблюваності різанням пластичних матеріалів.

2. Досліджений та схематизований взаємозв'язок процесів в зоні різання пластичних матеріалів з процесом попереднього пластичного деформування.

3. На основі існуючих теоретичних даних розроблена класифікація способів різання з попереднім пластичним деформуванням.

4. Встановлена недостатня вивченість і теоретичне обґрунтування реалізації процесу різання з попереднім пластичним деформуванням важкооброблюваних матеріалів торцевими фрезами.

5. В подальших дослідженнях слід розробити наукове обґрунтування методу обробки плоских поверхонь деталей машин і механізмів комбінування різання з попереднім пластичним

деформуванням незагартованих сталей, що забезпечує стабільну якість і високу економічну ефективність обробки інструментом, оснащеним НТМ.

1. Аваков А.А., Багдасарян Г.Б., Гиносян А.В. Связь между объемной деформацией стружки и шероховатостью поверхности при обработке пластичных материалов. // Журнал "Методы повышения эффективности использования режущих инструментов. / Куйбышев, 1987, с. 102-108.
2. Амбросимов С.К. Феноменологическая модель обрабатываемости резанием с опережающим пластическим деформированием при протягивании. // Журнал упрочняющие технологии и покрытия, – 2007. №10
3. Амбросимов С.К. Влияние режимов деформирования на величину срезаемого припуска при деформирующе-режущем протягивании / С.К. Амбросимов, О.Н. Крюков // Прогрессивные технологии и оборудование в машиностроении и металлургии: Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции, посвященной 40-летию кафедры «Технологии машиностроения». Часть 1 / Под ред. А.М. Козлова.– Липецк: ЛГТУ, 2002.–164 с.
4. Багдасарян Г.Б., Багдасарян В.Г. Определение технологических параметров инструмента при обработке хрупких материалов. // Журнал "Природные камни Армении", Ереван, 2000, с. 68-72.
5. Баев А.К. Влияние изменения механических свойств при наклепе стали на усилие резания // Тр. Харьковского политехнического института. – Харьков: издательство ХГУ; 1962. – Вып 19. – с.33 – 44
6. Грезнов И.М. Об обрабатываемости холодноволокенных калиброванных сталей 35 и 40 // Вестник металлопромышленности – 1937 - № 10, с 59 – 64
7. Кодрик А.И. Повышение обрабатываемости высокопластичных сталей при режущем протягивании: Автореферат дис. канд. тех. наук – Киев, 1984. – 22 с.
8. Коротченко В.Л. Физические закономерности в повышении эффективности процесса резания железоуглеродистых сплавов торцевыми фрезами из гексанита – Р: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01. – Киев. 1987. – 17 с.
9. Крайнев Д.В. Повышение эффективности процесса резания сталей перлитного и аустенитного класса путем использования предварительного пластического деформирования: Дис. канд. техн. наук : 05.03.01 : Волгоград, 2006 167 с.
10. Меламед В.И, Давидюк В.И., Чагинцева А.А. Усилие резания и усадка стружки при срезании наклепанного слоя металла // Вестник машиностроения. – 1961. - №6, с. 147 – 153.
11. Обрабатываемость холоднотянутых сталей на токарных автоматах / Е.И. Фельдишей, Б.И. Наумов, А. И. Резанов // Вестник машиностроения 1959. №3 с. 21 – 24
12. Подураев В. Н., Ярославцев В. М., Ярославцева Н. А. Способ обработки резанием с опережающим пластическим деформированием.– Вестник машиностроения, 1971, №4, с. 64—65.
13. Подураев В. Н., Ярославцев В. М., Ярославцев Н. А. Влияние обработки резанием с опережающим пластическим деформированием на предел выносливости обработанных деталей.— Изв. вузов, сер. Машиностроение, 1971, 8, с. 121—124.
14. Подураев В.Н., Ярославцев В.Н., Ярославцев Н.А. Эффективность обработки резанием с опережающим пластическим деформированием. //Вестник машиностроения, -1972.–№12 -С. 58-61.
15. Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов.- М.: Высшая школа, 1974
16. Подураев В.Н., Шатуров Г.Ф., Войтов В.В., Севастьянов П.В. Исследование и оптимизация процесса точения с опережающим пластическим деформированием // Всесоюзная научно- техн. конф. "Повышение надежности и долговечности с/хозяйственных машин". Красноярск, 1985. - С. 41.
17. Подураев В.Н., Войтов В.В., Шатуров Г.Ф., Севастьянов П.В. Обработка резанием с одновременным пластическим деформированием // Всесоюзная научно- техн. конф. "Интенсификация технологических процессов механической обработки". Ленинград, 1986. - С. 35 – 36

18. Посвятенко Э. К. Исследование обрабатываемости металла, упрочненного черновым деформирующим протягиванием. Авто-реф. канд. дис., КПИ, Киев, 1974. 29 с.
19. Розенберг А.М., Розенберг О.А. Механика пластического деформирования в процессах резания и деформирующего протягивания. – К.: Наукова думка, 1990. -320 с.
20. Усачёв Я.Г. Явления, происходящие при резании металлов // Русские учёные основоположники науки о резании металлов. – М.: Машгиз, 1952 – с. 356 – 387
21. Цуканов В.Н. Разработка способа дробления стружки и выбор его эффективных технологических параметров при точении с опережающим пластическим деформированием специзделий из труднообрабатываемых сталей и сплавов : автореф. дис. канд. техн. наук / Цуканов В.Н. ; Моск. высш. техн. уч-ще им. Н.Э. Баумана. - М., 1987.
22. Чистосердов П.С. Комбинированные инструменты для совмещения процессов резания и поверхностного пластического деформирования. -М.: НИИМАШ. Серия СП 1975.-68 с.
23. Enahoro H.E. Effekt of cold – working on chip formation in metal cutting // Ann. C.S. R. P. – 1966 – 13. №3 – p. 251- 261
24. Hrubec Jan. Vplyv spevnennia oborobenej plochy na dzsnost povrchy pri resani austenitických oceli // Zb. ved. pr. stronj. Fak. SVST. Bratislave – 1968 № 8 - p.10/1 – 10/16.
25. Keck Kurt. Spanende Nachbearbeitung von Kaltungformen werkstucken // Industrie – Anzeiger – 1967 – 89; №4 – s. 12 – 16.