

ДОСЛІДЖЕННЯ ОБРОБЛЮВАНOSTІ ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ ЗА ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ

Сучасний рівень розвитку техніки потребує застосування високоміцних чавунів з кулястим графітом (ВЧКГ), що мають високий рівень конструкційної міцності, а саме: високу твердість і міцність у поєднанні з достатньою пластичністю і ударною в'язкістю. ВЧКГ має широкий діапазон експлуатаційних властивостей. У зв'язку з цим перспективним є його використання в авіабудуванні при виготовленні поршневих кілець компресорів, деталей турбін, тормозних барабанів, антифрикційних втулок та ін. Різноманітні властивості отримують проведенням термічної та хіміко-термічної обробки. Однак процес впровадження високоміцних чавунів стримується невисоким рівнем їх оброблюваності різанням.

Оброблюваність є важливою технологічною властивістю конструкційних машинобудівних матеріалів, що характеризує їх здатність піддаватися обробці різанням. Якісне і кількісне оцінювання оброблюваності пов'язане з певними труднощами і допускає інваріантність методологічних підходів. Вона є найважливішим фактором, що впливає на продуктивність, якість і собівартість продукції. Незважаючи на це, загальноновизнаний підхід до проблеми оброблюваності відсутній.

Оброблюваність може оцінюватися силою і температурою різання, усадкою стружки, швидкістю різання, інтенсивністю зношування, стійкістю інструменту, об'ємом стружки, характеристиками якості поверхневого шару деталі та іншими показниками. Характеристики процесу різання можуть бути використані як показники оброблюваності. Ці методи набагато продуктивніші досліджень оброблюваності за стійкістю інструменту. Вони не потребують великих витрат металу та інструменту, багато часу, дозволяють отримувати фізичні закономірності та виявляти причини низької оброблюваності.

Розглянемо визначення оброблюваності ВЧКГ з різною структурою за показниками сили різання та термо-е.р.с. Обробка високоміцного чавуну супроводжується високим рівнем сил різання та температур, що призводить до інтенсифікації процесу зносу різального інструменту і зниження оброблюваності.

Визначальний вплив на силу різання мають структура і твердість чавуну і ряд факторів різання: елементи режиму різання, знос інструменту, властивості інструментального матеріалу та ін. Проводили дослідження впливу подачі та глибини різання на складові сили різання та термо-е.р.с. при точінні чавунів після термічної обробки з різною структурою і твердістю. Хімічний склад чавуну: 3,3...3,8% С; 2,4...3,2% Si;

C+1/3 Si=4,25...4,35%;0,004...0,007% S; 0,5...0,9% Mn; 0,045...0,008% P; 0,05...0,1% Cr; 0,1...0,15% Ni; 0,04...0,09% Mg. Режими термічної обробки, твердість і структуру чавуну наведено в табл. 1.

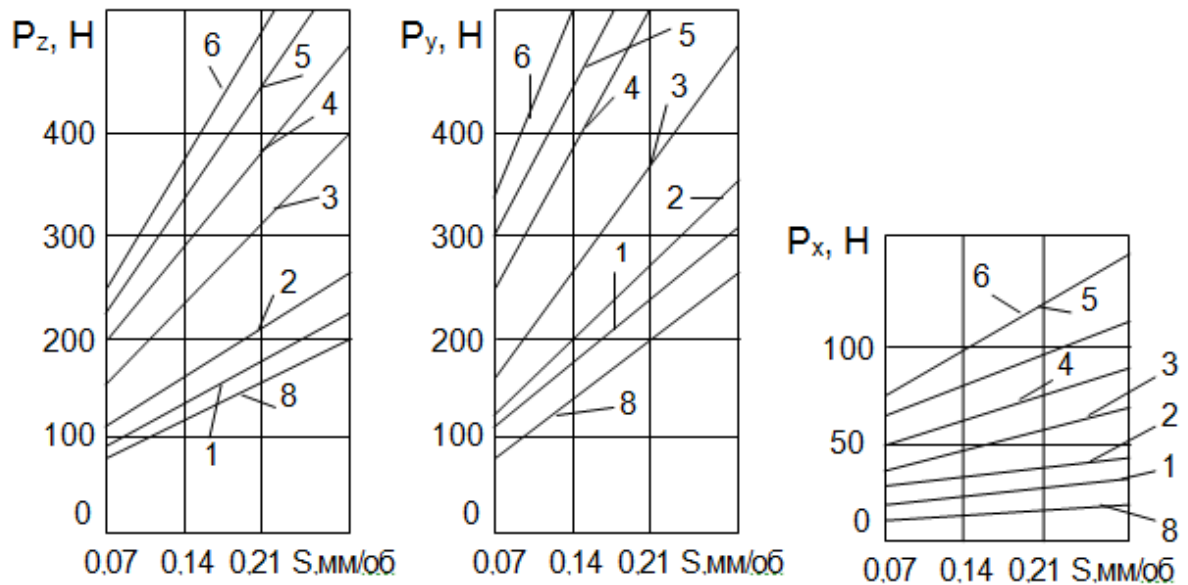
Таблиця 1 – Режими термічної обробки і структура ВЧКГ

Умовний номер чавуну	Режим термічної обробки	Структура чавуну	Твердість чавуну, НВ
1	Відпал	Ферит+перліт (5%)+КГ	170-180
2	Литий стан	Перліт (55%)+ферит у вигляді оторочки навколо КГ+КГ	210-220
3	Подвійна нормалізація	Перліт (85%)+ферит+КГ	260-270
3-1	Подвійна нормалізація з відпуском	Дрібнозернистий перліт+ферит+КГ	215-220
4	Нормалізація з міжкритичного інтервалу (МКІ)	Перліт (85%) +ферит+ КГ	275-285
4-1	Нормалізація з надкритичного інтервалу	Сорбітоподібний перліт + КГ	310-320
5	Гартування і високий відпуск	Сорбіт відпуску+ферит+КГ	330-340
6	Гартування і низький відпуск	Мартенсит відпуску+залишковий аустеніт+ ферит+КГ	470-480
7	Ізотермічне гартування	Верхній бейніт+ферит+КГ	315-320
8	Сірий чавун із пластинчастим графітом СЧ20	Перліт+ферит+ ПГ	190-200

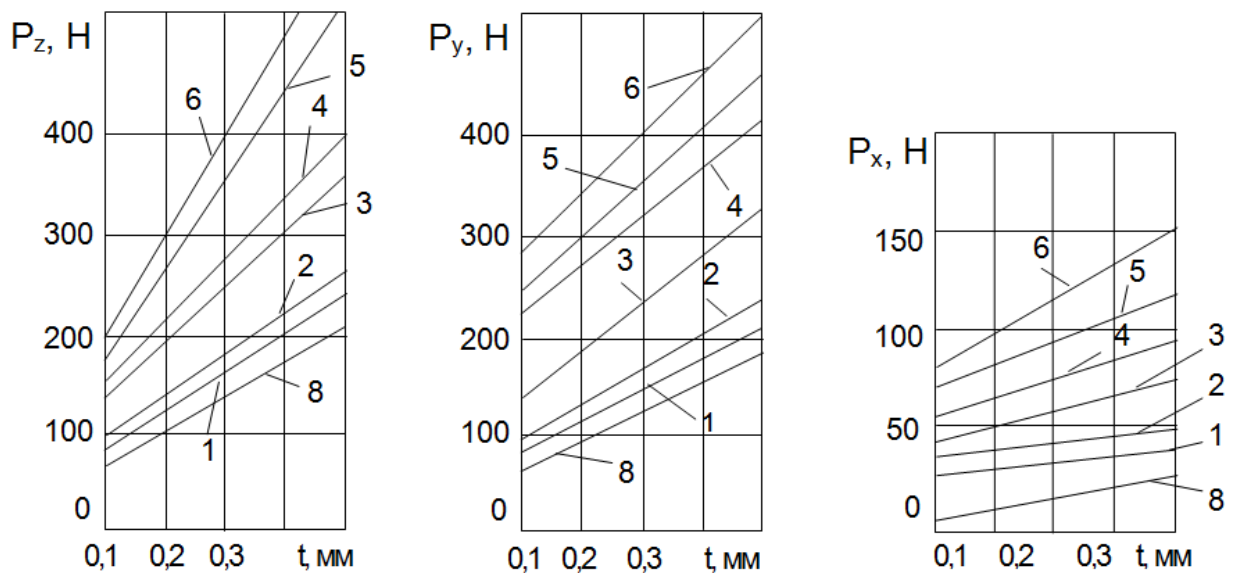
Як інструментальний матеріал використовували твердий сплав ВК8. Результати досліджень складових сил різання при точінні твердим сплавом ВК8 наведено на рис. 1.

Дослідження показали, що визначальним фактором у зміні сил різання при обробці високоміцного чавуну є його твердість: рівень складових сил різання зростає зі збільшенням твердості та подачі і глибини різання. Мінімальні значення складових сил різання при обробці ВЧКГ після відпалу, який має найнижчу твердість (№ 1), максимальні – при обробці чавуну після гартування та низького відпуску (№ 6), який має найвищу твердість.

Значення складових сил різання визначаються не тільки твердістю, але й структурою чавуну, а саме формою графітових включень. При обробці сірого чавуну (№ 8) спостерігаються менші значення сили, ніж при точінні високоміцного чавуну (№ 1) після відпалу, хоча той і має нижчу твердість. Пластинчасті включення графіту в сірому чавуні є активними концентраторами напружень, що сприяє відділенню стружки, знижуючи тим самим рівень сил різання.



а



б

Рисунок 1 – Вплив подачі (а) та глибини різання (б) на складові сили різання при точінні ВЧКГ з різною структурою і твердістю:
 а – $S = 0,07$ мм/об, $t = 0,15$ мм, $h_3 < 0,05$ мм; б – $S = 0,07$ мм/об;
 $h_3 \leq 0,05$ мм, $V_{\text{опт}}$

Відомо, що однакову твердість можуть мати чавуни з різною структурою. Для виявлення впливу структури на характеристики процесу різання були проведені дослідження складової P_z та термо-е.р.с. при обробці чавунів з однаковою твердістю, але з різною структурою. При точінні чавунів твердістю 210-220 НВ з перліто-феритною структурою сила різання та термо-е.р.с. для чавуну після подвійної нормалізації (№ 3-1) більше, ніж для чавуну в литому стані (№ 2) (рис. 2). А при дослідженні чавунів твердістю 310-320 НВ сила різання та термо-е.р.с. для

чавуну після нормалізації (№ 4-1) менше, ніж для чавуну після ізотермічного гартування (№ 7) (рис. 2).

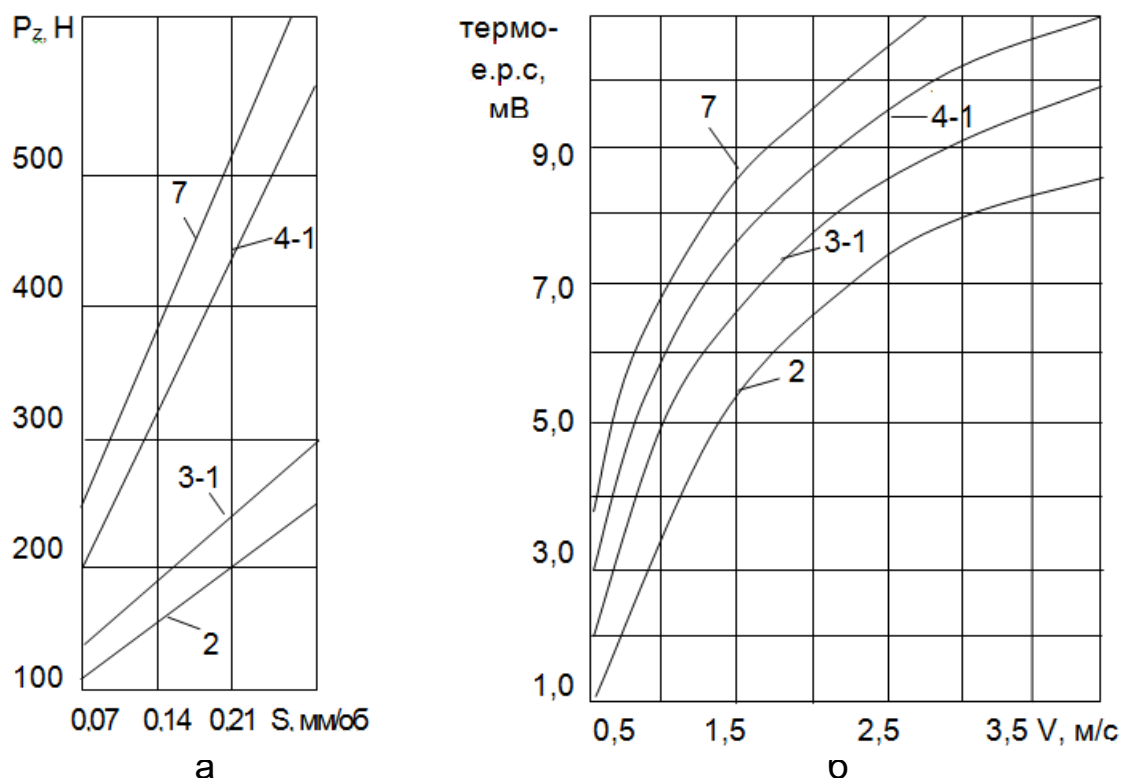


Рисунок 2 – Вплив мікроструктури на силу різання (а) і термо-е.р.с. (б) при точінні ВЧКГ інструментом із ВК8: а – $V = 2,5$ м/с, $t = 0,15$ мм; б – $S = 0,07$ мм/об, $t = 0,15$ мм

При обробці різанням чавунів, що мають однакову твердість і різну структуру, отримані різні значення тангенціальної складової сили різання та термо-е.р.с., що підтверджує вплив особливостей структури (наявність ліквації хімічних елементів, форма та розподіл структурних складових та ін.) на характеристики оброблюваності різанням. Велике значення має однорідність хімічного складу та структури. Чавун у литому стані відрізняється значною неоднорідністю структури і хімічного складу, низьким рівнем механічних властивостей. Ліквація кремнію, що окрихчує ферит, крупні пластинки цементиту, які є концентраторами напружень, наявність великих ділянок вільного фериту навкруги графітних включень полегшують руйнування чавуну, що призводить до зниження рівня сил різання. У свою чергу невисокий рівень сил різання, велика площа контакту стружки з передньою поверхнею різця сприяють зниженню тепловиділення. Проведення подвійної нормалізації дозволяє отримати чавун тієї ж твердості, але з більш високим рівнем механічних властивостей за рахунок більшої однорідності мікроструктури і хімічного складу: невеликі, компактні включення пластинчастого перліту рівномірно розташовані у феритній основі. Така структура має підвищений опір зсуву. Знижується і роль крихких пластинок цементиту як концентраторів напружень, оскільки

зменшується їх протяжність і підвищується дисперсність. Все це сприяє збільшенню роботи руйнування, зменшенню площі контакту стружки з передньою поверхнею інструменту, що веде до зростання складових сили різання і термо-е.р.с.

При точінні чавунів твердістю 310-320 НВ більш високий рівень сил різання, що спостерігається при обробці ізотермічно загартованого чавуну, пояснюється наявністю дрібнодисперсної структури верхнього бейніта з невеликими ділянками фериту, що забезпечує практично при однаковій міцності підвищення пластичності. Тому для деформування і відділення стружки при обробці чавуну після ізотермічного гартування необхідно затратити більше зусиль, ніж після нормалізації, що призводить до підвищеного тепловиділення в процесі різання чавуну № 7.

Результати досліджень оброблюваності чавуну за характеристиками сили різання та термо-е.р.с. показали їх якісний збіг з оцінкою оброблюваності за стійкістю [2]. Тобто ці характеристики можна використовувати як не прямі методи оцінювання оброблюваності. Однак кінцевий висновок про оброблюваність і рекомендації щодо вибору оптимальних режимів різання в конкретних виробничих умовах можна зробити тільки після проведення повноцінних досліджень, що включають проведення стійкісних іспитів.

Висновки

1. Якісне оцінювання оброблюваності ВЧКГ можна проводити за показниками сили різання та термо-е.р.с., які залежать від твердості і особливостей структури чавуну.

2. При дослідженні оброблюваності спостерігається якісний збіг характеристик процесу різання з результатами стійкісних іспитів.

Список використаних джерел

1. Солнцев Л.А. Получение чугунов повышенной прочности [Текст] / Л.А. Солнцев, А.М. Зайденберг, А.Ф. Малый. – Харьков : Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986. – 152 с.

2. Батыгин Ю.В. Исследование обрабатываемости высокопрочного чугуна с шаровидным графитом [Текст] / Ю.В. Батыгин, Н.А. Лалазарова // Вестник ХНАДУ, 2011. – Вып. 54. – С. 123–126.

Поступила в редакцию 30.01.2018.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Я.С. Карпов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.