

УДК 621.91.01

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ДЕТАЛЕЙ З ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ¹⁴

Мачан І.С., ст. гр. МС-21-21, Трунов І.Р., ст. гр. МС-41-19, ХНАДУ

Анотація. В роботі досліджували вплив мікроструктури і твердості високоміцного чавуну на висотний (R_a), кроковий (S_m) та структурний параметр (t_p) шорсткості при обробці надтвердим інструментальним матеріалом. Найкращу здатність до приробки (згідно структурного параметра t_p) мають чавуни після гартування і низького відпуску та подвійної нормалізації.

Ключові слова: високоміцний чавун, термічна обробка, шорсткість, твердість.

INVESTIGATION OF THE QUALITY OF PARTS MADE OF HIGH-STRENGTH CAST IRON

Machan I., student of group МС-21-21, Trunov I., student of group МС-41-19, KhNAHU

Abstract. The paper investigated the influence of the microstructure and hardness of high-strength cast iron on the height (R_a), step (S_m) and structural parameters (t_p) of roughness during processing with superhard tool material. The best running in ability (on structural parameter t_p) has cast iron after hardening and low-temperature tempering and double normalizing.

Key words: high-strength cast iron, heat treatment, roughness, hardness.

Вступ

В даний час широке застосування як матеріал деталей двигунів тракторів і комбайнів знаходить високоміцний чавун з кулястим графітом (ВЧКГ), який поєднує технологічність сірого чавуну з комплексом властивостей вищих, ніж у ковкого чавуну і в ряді випадків навіть литої і кованої сталі [1, 2].

Високоміцний чавун може мати різноманітний комплекс властивостей завдяки наявності великої кількості структур металевої матриці, які створюються різними видами термічної обробки [3, 4].

Аналіз публікацій

Експлуатаційні властивості матеріал набуває після остаточної механічної обробки, яка сприяє формуванню поверхневого шару з певними параметрами шорсткості [5]. Залежність експлуатаційних властивостей від параметрів шорсткості викликає необхідність вивчення висотних та крокових характеристик нерівностей поверхні, структурного параметра t_p та факторів, що їх визначають.

В існуючих публікаціях не розкрито особливості залежності шорсткості ВЧКГ від виду термічної обробки, яка забезпечує отримання необхідної мікроструктури і властивостей.

Тому метою цієї роботи є встановлення залежності параметрів шорсткості від режимів термічної обробки.

¹⁴ Робота виконана під керівництвом доцента Лалазарової Н.О.

Методики досліджень

Для проведення досліджень використовували високоміцний чавун хімічного складу: 3,3-3,8 % C; 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, при виробництві якого не потрібні дефіцитні легувальні елементи чи модифікатори. В литому стані для чавуну характерна розвинена ліквация практично всіх хімічних елементів: кремній схильний до значної зворотної ліквации, марганець і фосфор – до прямої. Структура литого чавуну - перліт і ферит у вигляді облямівки навкруги включень графіту. Така структура не дозволяє отримувати високий рівень механічних властивостей. Для отримання різноманітного комплексу властивостей чавун піддавали нормалізації з міжкритичного інтервалу (МКІ), подвійній нормалізації, гартуванню з високим і низьким відпуском за режимами, наведеними в табл. 1.

Металографічні дослідження проводилися за загальноприйнятою методикою на металографічному мікроскопі МІМ-8. Твердість вимірювали на твердомірі Брінелля твердосплавною кулькою діаметром 10 мм. Профілограму поверхні записували на портативному вимірювачі шорсткості моделі TR200.

Дослідження параметрів шорсткості чавуну з різною структурою і твердістю

Якість поверхні деталей з ВЧШГ, які були оброблені різцями з надтвердого матеріалу на (НТМ) основі кубічного нітриду бора (КНБ), оцінювали за висотним (R_a - середнє арифметичне відхилення) та кроковим (S_m - середній крок нерівностей) параметрами, значення яких занесли в табл. 1.

На параметри шорсткості обробленої поверхні насамперед впливають мікроструктура та твердість чавуну. Шорсткість поверхні чавуну зменшується зі зростанням твердості (табл. 1).

Таблиця 1 - Режими термічної обробки та мікроструктура ВЧКГ, параметри шорсткості

Параметри нерівностей, мм	Стан чавуну			
	Литий стан, крупнопластинчатий перліт+ферит у вигляді облямівки+КГ	Подвійна нормалізація, дрібнодисперсний перліт+ферит	Нормалізація з МКІ, перліт+ферит+КГ	Гартування+низький відпуск, мартенсит+залишковий аустеніт+КГ
	Твердість чавуну, HBW			
	210-220	250-260	275-285	470-480
	Умовний номер чавуну			
	1	2	3	4
R_a	0,00135	0,0007	0,00075	0,00063
S_m	0,1325	0,093	0,1125	0,11

Найменша шорсткість поверхні при обробці чавуну зі структурою мартенсит відпуску твердістю 470-480 HBW, найбільша - при обробці литого чавуну з перліто-феритною структурою твердістю 210-220 HBW. Проте як твердість, так і особливості мікроструктури грають визначальну роль у формуванні мікрорельєфу. Найбільша шорсткість у литого чавуну пояснюється наявністю великих ділянок фериту навколо глобулів графіту, наявністю крупних пластин цементиту, тобто має місце структура грубого конгломерату. Чавун після нормалізації має більшу твердість і більшу висоту нерівностей після точіння, ніж більш м'який чавун після подвійної нормалізації. Це, можливо, можна пояснити тим, що після подвійної нормалізації утворюється більш дисперсна перліто-феритна структура, чим після нормалізації.

Висота нерівностей залежить від швидкості різання. В табл. 2 наведені значення оптимальної швидкості різання, при якій отримані мінімальні значення параметрів шорсткості.

Якість обробленої поверхні оцінювали також за структурним параметром t_p . Структурний параметр t_p нерівностей поверхні впливає на умови тертя та зносу деталей у процесі їх експлуатації. Інтенсивність зношування залежить, зокрема, від величини фактичного контакту деталей. Опорна крива характеризує нерівності поверхні в тому сенсі, що показує закономірність зростання площі опору у вибраному перерізі при зближенні (у процесі контактування) абсолютно гладкого тіла з поверхнею, що має нерівності.

Таблиця 2 - Оптимальні значення швидкості різання при точінні чавуну НТМ на основі КНБ для отримання мінімальних величин шорсткості

Умовний номер чавуну	1	2	3	4
Оптимальна швидкість різання, м/с	3,5-4,0	5,5-6,0	5,0-5,5	2,5-3,0
R_a , мкм	1,35	0,7	0,75	0,63

Значний вплив на експлуатаційні властивості поверхонь деталей мають нерівності верхнього шару, розташовані на рівні 30-40 % від R_{max} . Розподіл матеріалу нерівностей у цьому шарі впливає на знос поверхонь тертя (табл. 2). З цієї точки зору найбільш сприятливими є чавуни зі структурою мартенсит відпуску та перліто-феритна структура чавуну після подвійної нормалізації ($t_p = 45\%$ та 39% відповідно на рівні 40%) (табл. 3).

У початковий період роботи поверхонь, що труться, їх контакт відбувається по вершинах нерівностей, в результаті чого фактична поверхня зіткнення становить лише невеликий відсоток від розрахункової. Тому при малій площі зіткнення в місцях контакту виникають великі питомі тиску, що призводять до інтенсивного початкового зносу деталей, виникненню вузлів схоплювання. Вплив шорсткості на початкове зношування деталі пов'язаний не тільки з розмірами фактичної поверхні контакту, але і з формою нерівностей.

Таблиця 3 - Відносна опорна довжина t_p на різних рівнях, %

Умовний номер чавуну	Рівні вимірювань t_p , %								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1	8	19	25	30	38	42	64	83	97
2	5	19	38	39	53	59	66	77	94
3	2	9	19	33	44	58	72	84	92
5	3	17	37	45	53	70	84	95	98

Причому дрібні та численні нерівності забезпечують більшу зносостійкість, ніж великі нерівності більшого кроку [6, 7]. З цього погляду сприятлива структура мартенситу, оскільки після її обробки формуються дрібні ($R_a = 0,63$ мкм, $S_m = 0,11$ мм) та численні нерівності.

При обробці поверхонь, що мають велику точність і невеликі розміри при великій шорсткості, коли в період початкового зношування висота нерівностей може зменшитися на 65-75 %, зазор у з'єднанні може досягти величини допуску на виготовлення деталі і точність з'єднання буде повністю порушена. У таких випадках шорсткість деталей повинна бути мінімальною.

У разі, коли в кінці ділянки приробки знос досягає 65-75 %, можуть бути рекомендовані до застосування чавуни після подвійної нормалізації та гартування з низьким відпуском (табл. 3).

Висновки

1. Як показали результати досліджень на шорсткість оброблюваного чавуну впливає не тільки твердість, а й мікроструктура. При цьому твердість впливає на висоту шорсткості, а мік-

роструктура і на розподіл матеріалу нерівностей за висотою від 0 до R_{\max} (відносна опорна довжина t_p).

2. Шорсткість має найбільш значний вплив на прироблюваність. Найкращу прироблюваність мають чавуни після гартування і низького відпуску, а також подвійної нормалізації.

3. Розроблено рекомендації щодо призначення оптимальної швидкості різання з метою отримання мінімальної шорсткості для чавунів з різною мікроструктурою та твердістю.

Література

1. 50th Census of World Casting Production. Modern Casting, December 2016, p. 25-29.
2. Дослідження властивостей високоміцного чавуну для лемешів в залежності від хімічного складу та режимів термічної обробки / Волощенко С. М., Гогаєв К. О., Радченко О. К., Аскеров М. Г. *Вісник Донецької державної машинобудівної академії* : темат. зб. наук. пр. Краматорськ. 2008. № 1 (11). С. 56 – 61.
3. Термічна обробка виливків із високоміцного чавуну / Волощенко С. М., Ульшин В. І., Аскеров М. Г., Бега М. Д., Ульшин С. В. *Металознавство та обробка металів*. 2009. № 4. с. 25-31.
4. Рябоштан Н.В. Підвищення довговічності виробів з високоміцного чавуну термічною обробкою та наступним ППД / Збірник наукових праць. 82-а Міжнародна наукова конференція студентів університету (12-13 травня 2020 року, м. Харків). Харків, 2020. С. 48-54.
5. Контроль якості продукції в машинобудуванні: навч. посібник/ Г.Є. Федоров, М.М. Ямшинський, А.М. Фесенко, М.А. Фесенко. Краматорськ: ДДМА, 2008. 352 с.
6. Козакова Н. В. Управління якістю продукції, сертифікація та аудит в машинобудуванні : навч. посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» денної, заочної та дистанційної форм навчання / Н. В. Козакова, Є. В. Островерх, В. О. Федорович. Х. : НТУ «ХП», 2018. 253 с.
7. Прялін М.А. Технології механообробного виробництва. Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2000. 136 с.