

Козаков О.С. 5 курс, група ТМ-124, факультет інженерної механіки,
науковий керівник – докт. техн. наук, проф. Полонський Л.Г.

ЗАЛЕЖНІСТЬ ШОРСТКОСТІ ОБРОБЛЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ВИРОБІВ ІЗ ГАЗОТЕРМІЧНИМИ ПОКРИТТЯМИ ВІД ЇХ РОЗТАШУВАННЯ У ТОВЩІ ПОКРИТТІВ І РЕЖИМІВ РІЗАННЯ

Удосконалення процесів відновлення зношених деталей машин газотермічними напиленими покриттями на сьогодні є важливим завданням ремонтного виробництва.

Причини цього полягають у:

- значному зростанні обсягів техніки, що вимагає ремонту і удосконалення;
- відсутності загальної технології та обмеженості керівних технічних документів, що обумовлюють проведення процесів напилення покриттів і формування їх оптимальної товщини;
- обмеженості науково обгрунтованих рекомендацій та методик із механічної обробки покриттів (зокрема, це стосується визначення місця розташування оброблених поверхонь у товщі покриття (визначення припуску на механічну обробку зі зняттям стружки)).

Покриття за своєю природою є гетерогенними. Крім цього встановлено, що по товщині вони мають три прошарки, які відрізняються показниками якості. Прошарок із найліпшими показниками знаходиться посередині. Звідси випливає, що робочі поверхні потрібно формувати саме у цьому середньому прошарку. Тобто, шорсткість оброблених (робочих) поверхонь та інші показники якості, у першу чергу, залежать від того, який припуск при обробці покриття тієї або іншої товщини буде зніматись, а вже потім – від прийнятих режимів різання.

Поняття «глибина різання» та «припуск на обробку» при обробці покриттів є ідентичними, тому що найчастіше обробка різанням здійснюється за 1 прохід (товщина покриттів знаходиться у діапазоні 0,5...3,0 мм), крім того, припуск на обробку (глибина різання) при обробці за 1 прохід визначають місце розташування оброблених (робочих) поверхонь у товщі покриття. Розрахунково-аналітичний метод, широко застосований у технології машинобудування при визначенні припусків на обробку монолітних конструкційних матеріалів, на жаль, не гарантує призначення саме такого припуску, який забезпечить формування обробленої поверхні газотермічного покриття у його середньому прошарку. Тому потрібно в даному випадку застосовувати інші підходи до призначення припуску. Одним із перспективних у цьому відношенні є застосування ймовірно-статистичних методів. Тільки після забезпечення розташування обробленої (робочої) поверхні у середньому прошарку покриття, що характеризується найліпшими показниками якості, можна забезпечити отримання показників шорсткості, заданих технічними вимогами, шляхом варіації режимами різання, як це прийнято при обробці монолітних матеріалів. Отримання цих же показників у неякісних прошарках покриття практично не відобразиться позитивно на експлуатаційних характеристиках виробу, наприклад, на тій же зносостійкості.

Якщо подивитися на стан вивчення проблеми призначення припусків на обробку покриттів (або, що тесаме, на визначення місця розташування оброблених поверхонь у товщі покриттів), то картина виглядає наступним чином. Такі вчені-машинобудівники, як Харламов Ю.О. та Колев К.С. рекомендують призначати припуск на обробку і товщину покриття за допомогою розрахунково-аналітичного методу. Нижче наведено розрахункову формулу за цією методикою:

$$2Z_{min}=2[(R_z+h') + (\Delta^2+\varepsilon^2)^{0,5}].$$

У ній не враховується той факт, що для складових формули при визначенні припусків при обробці деталей з покриттями практично відсутні у довідковій літературі числові значення складових (величини дефектного прошарку R_z+h' , геометричні похибки Δ , похибки установки ε).

Воловик Є.Л. дає аналітичну залежність, за якою можна визначити товщину покриття $A_{сл}$, що наноситься на деталь при відновленні, але числові значення припуску на механічну обробку $Z_{пр}$, що присутній у формулі, у ній також відсутні (виходить, що товщину покриття необхідно вибирати довільно):

$$A_{сл} = \Delta u + Z_{пр} \text{ (тут } \Delta u \text{ – величина зносу деталі).}$$

Науковці ІЕЗ ім. Є.О. Патона рекомендують залежність, за якою визначається припуск на механічну обробку в процесі відновлення деталей (при симетричному розташуванні поверхонь):

$$2Z_{в} > \sigma_a + 2(R_z + h') + \Sigma\Delta_a + \varepsilon_{зв} \text{ (тут } \sigma_a \text{ – допуск на розмір попереднього переходу).}$$

Формули, наведені вище, визначають напрямок розрахунку, але користуватися ними у виробничих (та й лабораторних) умовах майже неможливо, тому що на сьогодні відсутні табличні значення складових, що входять до цих залежностей.

Автори деяких досліджень при визначенні припуску на обробку різанням звертають увагу на залежність місця розташування якісної зони покриттів, напилених порошками системи *Ni-Cr-B-Si* (ІІГ-

10H-01, ПГ-12Н-01, ПГ-12Н-02) від їх твердості HRC_e і товщини. Залежність глибини різання t при чорновому і напівчистовому точінні має вигляд:

$$(0,54 - 2,45 \times 10^{-3} HRC_e)h < t < (0,54 - 2,16 \times 10^{-3} HRC_e)h.$$

У навчальному посібнику Харламова Ю.О. наведена розрахункова формула для визначення мінімального припуску $Z_{1\text{мин}}$ на перший прохід операції обробки покриття (у більшості випадків, як сказано вище, механічна обробка газополумєневих покриттів проводиться за один прохід):

$$Z_{1\text{мин}} = (R_{z0} + H_0) + (\Delta + \epsilon_1) \text{ (тут } R_z \text{ – величина поверхневого дефектного прошарку)}.$$

Однак, у двох останніх формулах не враховується фактор зміни властивостей покриттів по товщині. В останній формулі рекомендується значення глибинного дефектного прошарку $H_0 = 0,4$ мм незалежно від матеріалу і товщини покриття.

Узагальнюючи, можна констатувати, що, при виборі глибини формування обробленої поверхні у товщі покриттів, в аналітичних залежностях, якими пропонується користуватися, не враховується фактор зміни властивостей покриттів, а у тих випадках, коли він береться до уваги, не наводиться конкретна схема або спосіб, які б давали змогу визначити ці параметри.

Тому метою нашої роботи було визначення конкретних місць розташування якісного прошарку у товщі покриттів при забезпеченні заданих показників шорсткості.

Для визначення протяжності по товщині та місця розташування найякіснішого прошарку у газополумєневих покриттях із наступним оплавленням із порошку ПГ-12Н-01 (HRC_e 35...40; товщина покриття $h = 0,6...2,4$ мм), нанесених на основу зі сталі 45, проведено дослідження з визначення шорсткості Ra пошарово оброблених поверхонь зразків, імітаторів циліндричних деталей габаритами $\varnothing 40...45$ мм \times 100...150 мм, на різних глибинах h_a усередині покриття.

Після проведення експериментів у графічному форматі програмного пакету *Mathcad Pro* було проаналізовано статистичні дані Ra на основі моделей регресії. Покрокове представлення даних такого показника, як глибина розташування обробленої поверхні у покритті h_a та його детермінація дозволяє здійснювати аналіз Ra , що має стохастичний характер, шляхом зведення моделей регресії до трендових.

Рівняння моделі верхніх меж довірчих інтервалів (для покриттів $h = 0,6...2,4$ мм), яке, власне, і визначає верхню межу якісного прошарку всередині покриття, має наступний вигляд:

$$\Psi(x) = 0,031829 + 0,105611x - 0,014302x^4.$$

Рівняння аналогічної моделі нижніх меж довірчих інтервалів:

$$r(x) = -0,600692 + 2,249972x - 1,000169x^{1,4}.$$

де $\Psi(x)$ – глибина, на якій починається найякісніший за критерієм Ra прошарок покриття (верхня межа довірчого інтервалу); $r(x)$ – глибина, на якій він закінчується (нижня межа довірчого інтервалу).

Надалі проводився двофакторний експеримент із визначення залежності $Ra = f(V, S)$. На токарно-гвинторізному верстаті мод. 16Б05АФ1 оброблялася партія деталей (9 шт.) $\varnothing 45$ мм \times 100 мм (покриття ПГ-12Н-01; $h = 1,5$ мм) із припуском $Z = 0,5$ мм, який, згідно попередньому визначенню меж розташування якісного прошарку у товщі покриття, забезпечив формування у ньому робочої поверхні. Після обробки результатів експерименту отримано емпіричну залежність

$$Ra = -3,5972 - 0,0313V^{0,20} + 12,4971V^{0,08}S^{0,08} - 12,2837S^{0,20},$$

що дозволяє визначити швидкість різання V і подачу S для отримання при обробці покриття ПГ-12Н-01 системи *Ni-Cr-B-Si* ($h = 1,5$ мм) при знятті припуску $Z = 0,5$ мм заданого значення шорсткості Ra .

Проведене дослідження дозволило отримати спосіб визначення припуску на обробку, що гарантує формування оброблених (робочих) поверхонь у товщі газополумєневих покриттів у якісному прошарку, і встановити математичну залежність показника шорсткості Ra оброблених за один прохід поверхонь покриття ПГ-12Н-01 системи *Ni-Cr-B-Si* від режимів різання.