

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ЗМІЦНЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПІСЛЯ ЇХ ФРИКЦІЙНОЇ ОБРОБКИ

Гурей Т.А. (НУ «ЛП», м. Львів, Україна)

The researches show that the hardening conditions, the form of the tool running part essentially influence of the metal shrinkage in the friction hardening of steel. The minimum of a surface metal shrinkage is in the frictional hardening of disk with cutting sideways notches in the running part.

Для надійної роботи велике значення має шорсткість обробленої поверхні, яка характеризується величиною її мікронерівностей, і якість поверхневого шару, яка характеризується його станом.

Формування і якості поверхневого шару є складним фізичним процесом з активною фізико-хімічною взаємодією всіх матеріалів, що знаходяться у зоні обробки. У цьому випадку оброблювана поверхня є результатом копіювання траєкторій переміщення поверхні інструмента щодо деталі, які формують макро- та мікропрофіль. Стала шорсткість обробленої поверхні залежить від геометричних параметрів і вібрацій системи верстат-інструмент-пристрій-деталь та формується після декількох проходів робочої поверхні інструмента по певній ділянці деталі [1].

В останній час широко використовуються технологічні методи поверхневого зміцнення з використанням висококонцентрованих джерел енергії. Фрикційна обробка відноситься до методів поверхневого зміцнення із застосуванням висококонцентрованих потоків енергії. Такий потік енергії створюється за рахунок високошвидкісного тертя зміцнювального інструмента-диска по оброблюваній деталі. При цьому відбувається одночасне швидкісне зсувне деформування. Швидкість нагріву досягає 10^5 - 10^6 К/с. За короткий час поверхневі шари металу нагріваються до температур вище точки фазових перетворень (A_{c3}). Так як товщина нагрітого шару невелика, то його охолодження відбувається з великими швидкостями за рахунок відводу тепла вглибину металу. При високошвидкісному охолодженні фіксується стан, при якому із твердого розчину ще не встигають виділитися окремі фази або це виділення не встигло повністю завершитися [2]. При цьому в поверхневому шарі деталей машин формується специфічний структурно-напружений стан металу - білий шар. Структура білого шару представляє собою високодисперсний мартенсит, залишковий аустеніт і дуже дисперсні карбіди [3].

При дослідженні фрикційної обробки найбільше уваги приділялось вивченню питань формування зміцненого шару, його характеристик, впливу зміцненого шару на довговічність. У цей же час питанню точності оброблених поверхонь після фрикційного зміцнення не приділялось взагалі уваги.

Тому метою даної роботи було дослідити вплив режимів обробки, форми робочої поверхні інструменту на точність зміцнених поверхонь після фрикційної обробки.

За своєю природою фрикційна обробка аналогічна шліфуванню, тому для здійснення обробки можуть використовуватися шліфувальні верстати або спеціальне обладнання. Фрикційну обробку плоских поверхонь проводили на модернізованому площкошліфувальному верстаті моделі SPC-20A. Для здійснення фрикційної обробки необхідна лінійна швидкість на ободі інструмента-диска 60-70 м/с. Для цього провели модернізацію шпиндельного вузла та приводу головного руху різання. Усі

функціональні рухи верстата були не змінені. На шпindelь верстата встановили металевий інструмент-диск діаметром 240 мм і шириною робочої частини 8-10 мм, виготовленим зі сталі 45 у нормалізованому стані. Перед встановленням інструмента на верстат проводили його статичне і динамічне балансування. Інструмент заправляли з допомогою абразивного круга, а потім доводили його робочу поверхню абразивним бруском. З обох сторін робочої поверхні інструмента виводили радіуси 2-3 мм для покращання заходу і виходу інструмента, а також зниження шорсткості оброблюваної поверхні при зміцненні. Шорсткість робочої поверхні диска була не більше $R_a = 0,32$ мкм, радіальне биття - не більше 0,03 мм.

Як технологічне середовище в процесі фрикційного зміцнення використовували мінеральне мастило з полімервмісними добавками. Для подачі технологічного середовища в зону зміцнення використовували систему подачі мастильно-охолоджувальної рідини верстата.

При фрикційному зміцненні у зоні контакту зміцнювального інструмента і деталі виникають високі температури і напруження. Як показали наші дослідження, поверхневий шар металу нагрівається до температур вище 1000 °С, напруження складають 0,4-0,8 МПа. У зоні контакту інструмент-деталь виникають інтенсивні зсувні деформації. При цьому відбуваються складні механо-хімічні реакції, змінюються фазовий та структурний стани металу, напружений стан металу. Проходить так звана усадка металу за рахунок можливого оплавлення металу у зоні фрикційного контакту та знімаються нерівності поверхні. Усі ці параметри впливають на точність оброблюваної поверхні. Фрикційне зміцнення використовується як фінішна обробка і тому точності виготовлення поверхонь приділяється особлива увага.

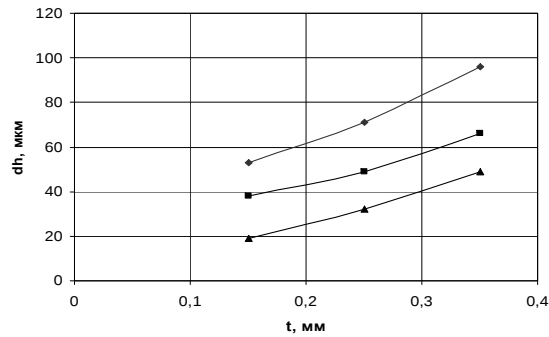
На величину усадки металу dh суттєво впливають температурно-силові параметри, які виникають у зоні контакту, а вони у свою чергу залежать від режимів зміцнення, форми робочої поверхні інструмента, застосовуваного технологічного середовища та фізико-механічних властивостей зміцнюваних деталей.

Дослідження на точність обробки проводили при фрикційному зміцненні плоских зразків, виготовлених зі сталі 40Х у загартованому і низьковідпущеному стані.

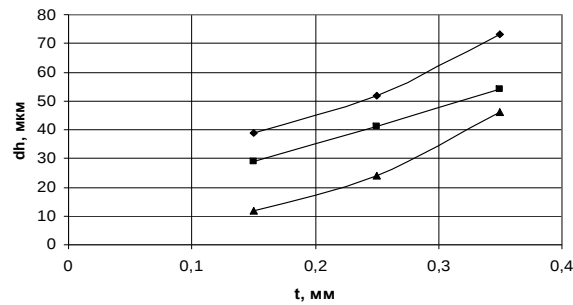
Експерименти показали, що режими фрикційної обробки суттєво впливають на величину усадки металу dh . Так, зі збільшенням вертикальної подачі t величина усадки металу dh зростає (рис. 1.). Найменша величина усадки металу спостерігається при вертикальній подачі $t = 0,15$ мм, але при даній величині подачі утворюється зміцнений шар найменшої товщини. При збільшенні вертикальної подачі у зоні контакту зростають температурно-силові параметри, зростає температура та питомі навантаження. Збільшується також і товщина зміцненого шару. При подальшому збільшенні вертикальної подачі $t > 0,5$ мм величина усадки металу починає різко збільшуватись, а товщина зміцненого шару зростає незначно. Нагрів металу до температур 1100-1300 °С призводить до різкого зниження характеристик його міцності і тому частина металу поверхневого шару виносяться з зони контакту. Відповідно зменшується товщина зміцненого шару, а також зростає величина усадки металу.

На величину усадки металу також значно впливають поперечна подача s та швидкість переміщення стола верстата v . Зі збільшенням поперечної подачі збільшується ширина одиничної зони контакту металу зміцнюваної поверхні, яка тільки вступила в обробку. Відповідно зростають складові сили тертя в зоні одиничного контакту інструмент-деталь та знижуються питомі навантаження. Усі ці параметри значно впливають на температурно-силові умови формування зміцнених шарів. Зі збільшенням поперечної подачі усадка металу, в основному, зменшується, але слід відмітити, що при цьому велике значення має швидкість переміщення стола

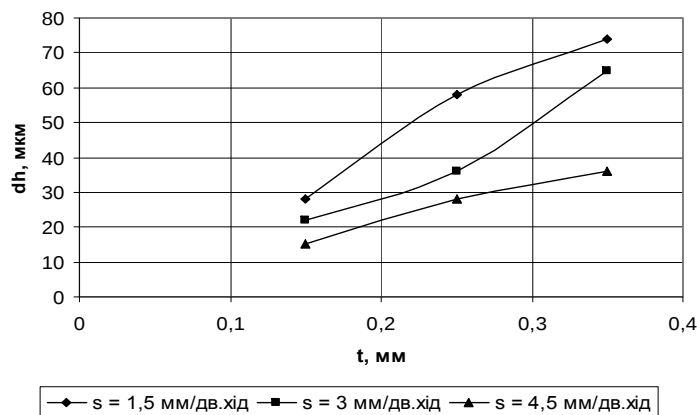
верстату.



а



б



в

Рис. 1. Залежність усадки зміцненої поверхні від вертикальної подачі t та поперечної подачі s та швидкості переміщення стола верстату v : а – $v = 2$ м/хв; б – $v = 4$ м/хв; в – $v = 6$ м/хв

При фрикційній обробці інструмент-диск проходить по одному і тому ж місці декілька разів. Експерименти показали, поверхневий шар найбільшої товщини і якості поверхні отримується, коли інструмент проходить по одному і тому ж самому місцю 3-4 рази.

Зі збільшенням швидкості переміщення стола верстату зменшується час одиничного контакту інструменту та деталі. Хоча швидкість нагріву є дуже високою, тим не менш метал встигає прогрітись на невелику глибину і тому білий шар має невелику товщину. При малих швидкостях переміщення стола верстату ($v \leq 2$ м/хв) час одиничного контакту інструмент-деталь зростає, поверхневий шар металу розігрівається до температур близьких до температури плавлення. При таких температурах міцність поверхневого шару різко знижується. При фрикційній обробці проходить високошвидкісне тертя інструмента по оброблюваній поверхні деталі і коли

міцність поверхневого шару різко знижується, то проходить його інтенсивне стирання. Це є небажаним явищем при фрикційній обробці, бо значно зростає усадка металу та погіршується шорсткість обробленої поверхні. Також знижується товщина зміцненого шару за рахунок того, що частина його знімається. При великих швидкостях переміщення стола верстата ($v \geq 6$ м/хв) часу для прогріву поверхневого шару на велику глибину є недостатньо. При великих швидкостях переміщення стола верстату усадка металу є невеликою і якість обробленої поверхні є хорошою, але при цьому ми отримуємо зміцнений шар невеликої товщини.

Експериментальні дослідження показали, що зміцнений шар найбільшої товщини отримано при швидкості переміщення стола верстата рівній біля 4 м/хв. При цьому усадка металу не перевищує 60 мкм.

При фрикційній обробці в зоні контакту інструмент-деталь окрім дії великого градієнту температур також відбувається високошвидкісне зсувне деформування поверхневого шару. Традиційно для фрикційної обробки використовується інструмент-диск з гладкою робочою частиною. Для збільшення зсувного деформування зони контакту було запропоновано використовувати інструмент з перервною робочою частиною. На робочій частині інструменту були нарізані поперечні пазу, а також різнонаправлені нахилени. При використанні інструменту з поперечними пазами відбувається зниження температури на поверхні одиничної зони контакту інструмента з деталлю. З іншого боку збільшується зсувне деформування за рахунок ударних навантажень, які виникають в зоні контакту при проходженні пазу. Ширина пазу вибиралась з умови повного виходу інструменту з контакту з деталлю, т.т. більшою за пляму контакту інструмент-деталь при їх притисканні один до одного. При виборі кута нахилу пазів виходили з умови дії зсувного деформування в напрямку максимальних дотичних напружень.

При використанні інструмента з гладкою робочою частиною при фрикційній обробці ми маємо однонаправлене високошвидкісне зсувне деформування. Поверхня інструмента є у постійному контакті з оброблюваною поверхнею. Зона одиничного контакту та підповерхневий шар металу розігрівається до температур вищих за температуру фазових перетворень. При таких температурах знижується міцність поверхневого шару і відбувається його зсувне переміщення.

Використовуючи інструмент з поперечними пазами у певні періоди, при проходженні пазу, відбувається розрив зони контакту інструмент-деталь. Ширина пазу вибрана, так щоб інструмент повністю вийшов з контакту з деталлю. При проходженні пазу відбувається часткове охолодження поверхневого шару за рахунок високошвидкісного відводу тепла в глибину металу. Після проходження пазу відбувається входження в контакт нового виступу з ударним навантаженням. При цьому зростає зсувне деформування поверхневого шару металу.

При роботі інструмента з різнонаправленими нахиленими пазами під кутом дії максимальних дотичних напружень відбувається, окрім зсувного деформування в напрямку дії тангенціальної складової сили тертя інструмента по деталі, ще додаткове осцилююче переміщення поверхневих шарів оброблюваного матеріалу. У зоні контакту виникає складнодеформований стан металу. Осцилююче переміщення поверхневих шарів призводить до покращання якості обробленої поверхні та зменшення усадки металу (рис. 2).

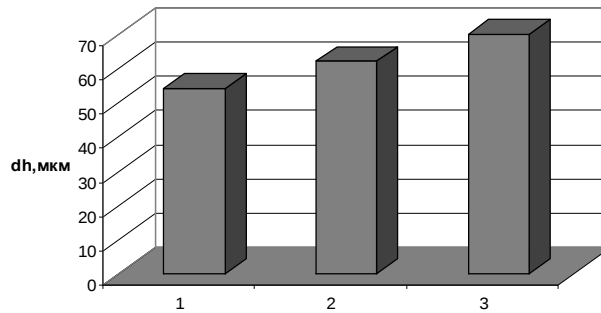


Рис. 2. Залежність усадки зміцненої поверхні від форми робочої поверхні зміцнювального інструменту: 1- нахилені різнонаправлені пази; 2 – поперечні пази; 3 – гладка робоча поверхня

Фрикційна обробка є фінішною обробкою, яка забезпечує відповідну точність і якість обробленої поверхні. При фрикційній обробці на раціональних режимах при яких утворюється зміцнений шар максимальної товщини усадка металу становить біля 70 мкм, при зміцненні інструментом з гладкою поверхнею і біля 50 мкм – інструментом з нахиленими поперечними пазами на робочій частині.

Величина усадки металу повинна бути врахована як припуск на обробку.

Отже, з проведених досліджень можна зробити висновок, що на величину усадки металу при фрикційній обробці впливають режими обробки та форма робочої поверхні інструменту. Найменша усадка металу отримано при обробці інструментом з різнонаправленими нахиленими пазами на робочій частині. Зі збільшенням вертикальної подачі t при фрикційному зміцненні усадка металу dh зростає, а поперечної подачі s та швидкості переміщення стола верстата v , навпаки, – зменшується.

Максимальне значення усадки металу при фрикційному зміцненні не перевищує 0,08 мм, яке потрібно враховувати як припуск на фрикційну обробку.

Фрикційна обробка є фінішною обробкою яка забезпечує відповідну точність шорсткість зміцненої поверхні.

Список літератури: 1. Ляшенко Б.А., Клименко С.А. Тенденции развития упрочняющей поверхностной обработкой и положение в Украине // Сучасне машинобудування. – 1999. - № 1. С. 94 – 104. 2. Гриднев В.А., Трефилов В.И. Фазовые и структурные превращения и метастабильное состояние в металлах. – К.: Наукова думка, 1988. - 264 с. 3. Бабей Ю.И., Бутаков Б.И., Сысоев В.Г. Поверхностное упрочнение металлов – К.: Наукова думка, 1995. – 253 с.

Надійшла до редколегії 02.04.2009 р.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ЗМІЦНЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПІСЛЯ ЇХ ФРИКЦІЙНОЇ ОБРОБКИ

Гурей Т.А.

В данной работе было проведено исследование влияния режимов обработки, формы рабочей поверхности инструмента, на точность укреплённых поверхностей после фрикционной обработки.

фрикційна обробка, усадка металу, мікрогеометрія поверхні, робоча частина інструменту