

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



На правах рукопису

ВАЙСМАН ВЛАДИСЛАВ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ
ШЛІФУВАННЯ ФОРМОУТВОРЮЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ
ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОСНАЩЕННЯ

Спеціальність 05.02.08 - Технологія машинобудування

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Одеса 1996



00754620 (0)

- 2 -

Роботу виконано в Одеському державному політехнічному університеті

Дисертація є рукописом.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Усов Анатолій Васильович

Науковий консультант: кандидат технічних наук, доцент
Оборський Геннадій Олександрович

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Котляров Валерій Павлович,

кандидат технічних наук, доцент
Сааонов Ігор Петрович

Провідне підприємство - ОАТ прецизійного верстатобудування
"Мікрон", м. Одеса

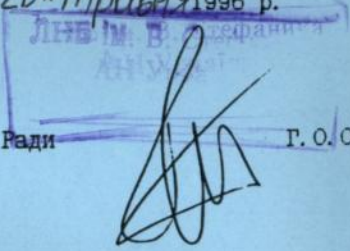
Захист дисертації відбудеться "24" червня 1996 року
о 14 годині на засіданні спеціалізованої Вченої Ради Д 05.06.06
в Одеському державному політехнічному університеті за адресою:
270044, м. Одеса, пр. Шевченка, 1, ОДПУ.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Одеського
державного політехнічного університету.

Автореферат розіслано "20" травня 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої Вченої Ради

Г. О. Оборський



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи та ступінь дослідження тематики дисертації

Ефективність використання пресового устаткування, і особливо високопродуктивних пресів-автоматів, значною мірою визначається стійкістю штампів.

Найбільший вплив, що різко знижує стійкість штампів, чинить якість поверхневого шару формують елементів, яка формується під дією технологічних операцій, внаслідок яких вони набувають необхідних геометричних та фізичних характеристик.

Шліфування є кінцевим видом обробки формують елементів поверхонь штампів та пресформ у загартованому стані як при їх виготовленні, так і при перешліфуванні у процесі експлуатації для забезпечення високої точності та чистоти поверхні.

Одним із суттєвих недоліків укаваної операції є те, що внаслідок термомеханічних явищ, які супроводжують шліфування, на формують елементів поверхнях виникають дефекти типу припалін та тріщин.

Дослідження закономірностей формування шліфувальних тріщин при обробці формують елементів штампів та пресформ з урахуванням структурних неоднорідностей є актуальним науковим завданням.

Мета роботи

Розробка теорії та нормативних рекомендацій щодо технологічних методів зниження інтенсивності тріщиноутворення при шліфуванні формують елементів інструментального оснащення (ФЕ ІО), виготовлених з матеріалів, що мають в поверхневому шарі структурні неоднорідності.

Основні завдання наукового дослідження:

1. Вивчити механізм тріщиноутворення ФЕ ІО при обробці їх шліфуванням з урахуванням наявності у поверхневому шарі структурних неоднорідностей.

2. Розробити математичну модель, яка описує термомеханічні процеси у поверхневому шарі ФЕ ІО при шліфуванні з урахуванням структурних неоднорідностей і визначити критерії тріщиноутворення.

3. Розробити інженерну методику та нормативні рекомендації для проектування бездефектної технології шліфування ФЕ ІО.

4. Апробувати основні результати наукових досліджень для виготовлення ФЕ уніфікованої ІО.

Обґрунтування теоретичної та практичної цінності дослідження

У роботі представлений подальший розвиток теоретичних досліджень з моделювання термомеханічних процесів при шліфуванні формують елементів інструментального оснащення, які працюють в умовах великих контактних навантажень, з урахуванням структурних неоднорідностей у поверхневому шарі матеріалів. Встановлені критерії вибору параметрів ТС, реалізація яких дозволяє забезпечити необхідну якість робочих поверхонь, тобто відсутність структурних перетворень, тріщин та сколів на робочих поверхнях ФЕ ІО.

Наукова новизна

Вирішено наукове завдання щодо встановлення розрахункових залежностей, які визначають вплив структурних неоднорідностей на тріщиностійкість поверхневого шару при шліфуванні, та створення оптимальних технологічних умов обробки матеріалів, схильних до тріщиноутворення у процесі шліфування.

При цьому одержані такі нові наукові результати:

1. Встановлено вплив структурних неоднорідностей на механізм народження і розвитку шліфувальних тріщин під дією термомеханічних явищ, які супроводжують алмазно-абразивну обробку.

2. Розроблена математична модель щодо визначення термомеханічного стану при шліфуванні ФЕ ІО, робочі поверхні яких мають неоднорідність типу включень та мікротріщин. На основі цієї моделі визначені функціональні зв'язки критерію тріщиностійкості із керуючими технологічними параметрами.

3. Побудована стохастична модель процесу тріщиноутворення при шліфуванні матеріалів гетерогенної структури, на основі якої одержані залежності ймовірності появи тріщин від режимів і інших параметрів процесу шліфування. Розрахунковим шляхом встановлено, що збільшення однорідності матеріалу призводить до зниження ймовірності появи дефектів типу тріщин і, як наслідок, зростання продуктивності операції шліфування із збереженням необхідної якості.

Практична цінність

На підставі проведених теоретико-експериментальних досліджень розв'язана практична задача щодо підвищення експлуатаційних властивостей ФЕ ІО, які працюють в умовах високих термомеханічних контактних навантажень, що сприяють тріщино- та сколоутворенню на їх робочих поверхнях.

Розроблені теоретичні положення щодо вибору режимів шліфування та характеристик кругів дозволили усунути тріщиноутворення на робочих поверхнях ФЕ ІО.

Встановлена залежність між граничними значеннями теплового

потоку, який залежить від технологічних параметрів і розмірів структурних неоднорідностей, їх взаємного розташування, дала можливість контролювати рівновагу структурних дефектів, тим самим запобігати появі шліфувальних тріщин на ФЕ ІО.

Одержана система обмежуючих нерівностей у сукупності з експериментальними дослідженнями дозволяє визначити область сполучення технологічних параметрів, які забезпечують необхідні якості ФЕ ІО і побудувати алгоритм вибору цих параметрів із умови максимальної ефективності обробки робочих поверхонь ФЕ ІО.

Рівень реалізації та впровадження наукових розробок

Впровадження розроблених технологій для забезпечення якісних характеристик ФЕ ІО на ряді машинобудівних підприємств України, НДІ напівпровідникового машинобудування (м.Вороніж), Фірма "Алка-Імпекс" (Греція) дозволило усунути брак щодо зниження мікротвердості та тріщиноутворення при збереженні інших необхідних показників якості та продуктивності обробки. Загальний економічний ефект від впровадження складає 2 млрд крб. у цінах 1995 р.

Апробація роботи

Основні положення дисертаційної роботи доповідались на першому міському семінарі "Застосування обчислювальної техніки та математичного моделювання в прикладних наукових дослідженнях" (Одеса, 1994), міжнародній конференції "Комп'ютерні технології в промисловості" (Київ - Пісчане, 1994), другому міському семінарі "Застосування обчислювальної техніки та математичного моделювання в прикладних наукових дослідженнях" (Одеса, 1995), Всеукраїнській науковій конференції "Розробка та застосування математичних методів у науково-технічних дослідженнях" (Львів, 1995), Міжнародній конференції "Проблеми та перспективи розвитку сертифікації промислової продукції" (Київ - Сколе, 1995), Міжнародній конференції "Оснастка - 95" (Київ, 1995)

У повному обсязі дисертація доповідалась і була ухвалена на спільному засіданні профільючих кафедр механіко-технологічного факультету Одеського державного політехнічного університету.

Публікації

За темою дисертації опубліковано 9 друкованих праць, у тому числі - монографія.

Структура та об'єм дисертації

Дисертація складається зі вступної частини, трьох глав, висновків, викладених на 100 сторінках машинописного тексту, списку літератури з 269 найменувань на 18 сторінках та додатків на 16 сторінках. У роботі 42 рисунки та 8 таблиць.

Особистий внесок дисертанта в розробку наукових результатів

Автором встановлено та розроблено:

- математичне моделювання термомеханічних процесів із урахуванням структурних неоднорідностей у поверхневому шарі ФЕ ІО при шліфуванні;
- розрахункові залежності для визначення впливу технологічних параметрів на тріщиностійкість поверхневого шару ФЕ ІО;
- закономірності та результати досліджень стохастичного процесу тріщиноутворення при шліфуванні ФЕ ІО;
- науково обгрунтовані рекомендації для проектування бездефектної технології шліфування робочих поверхонь ФЕ ІО, які мають підвищену зносостійкість та довговічність.

Методологія та методи дослідження

Теоретичні дослідження проводились на базі наукових основ технології машинобудування та теплофізики процесів механічної і фізико-технічної обробки, теорій термопружності, механіки руйнування і методів теорії ймовірностей. У дослідженнях застосовувались апарат крайових задач рівнянь математичної фізики, метод узагальнених інтегральних перетворень, основні положення теорії теплопровідності твердих тіл, елементи механіки твердого тіла.

Експериментальні дослідження проводились на сучасних верстатах із застосуванням спеціальних пристроїв, вимірювальних приладів, оптичної та електронної металографії, методів планування експерименту, математичної статистики.

Основні результати дисертації та висновки, що впливають з наукового дослідження

1. У роботі проведено теоретико-експериментальне дослідження процесу тріщиноутворення ФЕ ІО при шліфуванні.
2. Наявність у поверхневому шарі ФЕ ІО різних дефектів, які виникають на стадії одержання заготовки і наступних видів обробки, вимагає вибору режимів та характеристик кругів, реалізація яких за критерієм механіки руйнування дозволяє запобігти тріщиноутворення при обробці шліфуванням.
3. Гесметрія та властивості включень можуть створювати умови як для гальмування так і для розвитку шліфовочних тріщин. Якщо тепловий потік направлений паралельно більшій віссі еліптичного включення і прямолінійного тріщиноподібного дефекту, то при коефіцієнті лінійного температурного розширення (ТКЛР) включення більшому чим матриці зростання жорсткості включення приводить до збільшення КІН для різних відношень коефіцієнтів теплопровідності складових матеріалу. Це приводить до розвитку мікротріщин у магістральні. І, нав-

паки, якщо ТКЛР - $\alpha_{\text{мкл}}$ включення менший ніж у матриці, пониження жорсткості включення призводить до зниження КІН.

4. Визначені значення критичного теплового потоку q^* для системи різноорієнтованих тріщиноподібних дефектів. Установлено, що на величину q^* впливає довжина, орієнтація та взаємне розташування тріщин. Критичне значення теплового потоку q^* має найменшу величину у випадку, коли він перпендикулярний до тріщини, і відстань $\delta = \ell / r < 0,3$ до іншої тріщини.

5. Розроблений алгоритм розрахунку ймовірних характеристик процесу тріщинотворення в поверхневому шарі, у якому мають місце довільно орієнтовані стохастично розподілені дефекти залежно від типу напруженого стану.

6. Експериментальні дослідження підтверджують адекватність побудованих математичних моделей, які описують тріщиноутворення і формування якісних характеристик поверхневого шару деталей при шліфуванні.

7. Із режимів шліфування визначальною у появі шліфувальних тріщин є глибина різання. Напруження, які формуються в поверхневому шарі при обробці з великими глибинами шліфування є розтягуючими, що сприяє інтенсивному процесу тріщиноутворення. КІН також збільшується із збільшенням глибини шліфування.

8. Одним із способів зниження інтенсивності утворення шліфувальних тріщин при обробці високоміцних сплавів є усунення зернограничної крихкості цих сплавів шляхом підвищення температури їх відпуску і відповідним режимом охолодження, при якому К досягає максимальних значень.

9. Економічна ефективність результатів досліджень щодо усунення шліфувальних дефектів, припалин та тріщин оцінювалась стосовно конкретних деталей на місці впровадження. Завдяки підвищенню якості обробки деталей шляхом усунення припалин та тріщин одержано реальний економічний ефект у розмірі 2 млрд крб. у цінах 1995 р.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступній частині відображено важливість проблеми, її господарське значення, актуальність питань, яким присвячена дисертація, поставлена мета роботи, сформульовані основні задачі, які виносяться на захист, і коротко викладений зміст роботи.

У першій главі розглянуто вплив якісних характеристик робочих поверхонь ФЕ ІО на їх експлуатаційні властивості.

Наведений літературний огляд з морфології та властивостей матеріалів, що використовуються для виготовлення ФЕ ІО.

При цьому відзначається, що разом із достоїнствами високохромисті сталі мають певні недоліки, до числа яких, в

пешу чергу, належить їх неоднорідність, що формується в процесі виливання.

Зниження карбідної неоднорідності, властивої штамповим сталям, сприяє більш благоприємним умовам їх обробки, відсутності тріщин на оброблених поверхнях.

Наводяться дані щодо зниження експлуатаційних показників пресформ та іншого інструментального оснащення від шліфувальних дефектів. Внаслідок чого аналіз причин, що сприяють появі вказаних дефектів, а також знаходження шляхів щодо їх усунення є важливим завданням.

Згідно з дослідженнями професорів Якімова О. В., Михайлова О. О., Ящерицина П. І., Рижова Е. В., Анельчика Д. С., Резнікова А. Н., Сипайлова В. А. та ін. термомеханічні процеси, які супроводжують операцію шліфування, є відповідальними за тріщино- та припаліноутворення на оброблених поверхнях. На базі цих досліджень одержані критеріальні співвідношення для вибору технологічних параметрів, які забезпечують безприпалінне шліфування. При цьому, в основному, використовуються феноменологічні теорії, критерії яких не дають змогу враховувати характеристики структурних неоднорідностей матеріалу.

Аналіз досліджень з вивчення причин виникнення шліфувальних тріщин та шляхів їх усунення показав, що механізм утворення тріщин у поверхневому шарі пояснюється наявністю напружень, величина яких визначається за формулою:

$$\bar{\sigma}(m, \tau) = \bar{\sigma}_{\text{ос}}(m, \tau) + \bar{\sigma}_{\text{стр}}(m, \tau) + \sigma_p(m, \tau) + \bar{\sigma}_p(m, \tau) \quad (1)$$

де $M(x, y, z)$ - точка поверхневого шару; $\bar{\sigma}_{\text{ос}}(m, \tau)$ - вектор особистих напружень, які сформувались у заготовці на попередніх операціях; $\bar{\sigma}_{\text{стр}}(m, \tau)$ - вектор головних структурних напружень, які формуються в поверхневому шарі внаслідок структурно-фазових перетворень.

$\bar{\sigma}_p(m, \tau)$ - термічні напруження, які зумовлені нерівномірним розподілом температур, високими швидкостями нагрівання та охолодження, локальними змінами об'єму внаслідок нерівномірного прогріву шарів; $\bar{\sigma}_p(m, \tau)$ - механічні напруження, зумовлені дією складових сил різання P_z та P_y .

Особливо небезпечними, з точки зору народження тріщин, є такі структурні дефекти, як флокени, гострокінцеві порожнини, сторонні вклучення. Ці неоднорідності, являючись концентраторами напружень, утворюють основу для мікроруїнування.

На підставі викладеного і відповідно до мети роботи сформульовані завдання досліджень, наведені раніше.

У другій главі обговорюється вибір розрахункової схеми (рис. 1) і обґрунтування математичної моделі для встановлення детермінованих зв'язків, які описують термомеханічні процеси у поверхневому шарі ФЕ іО, з урахуванням неоднорідностей при

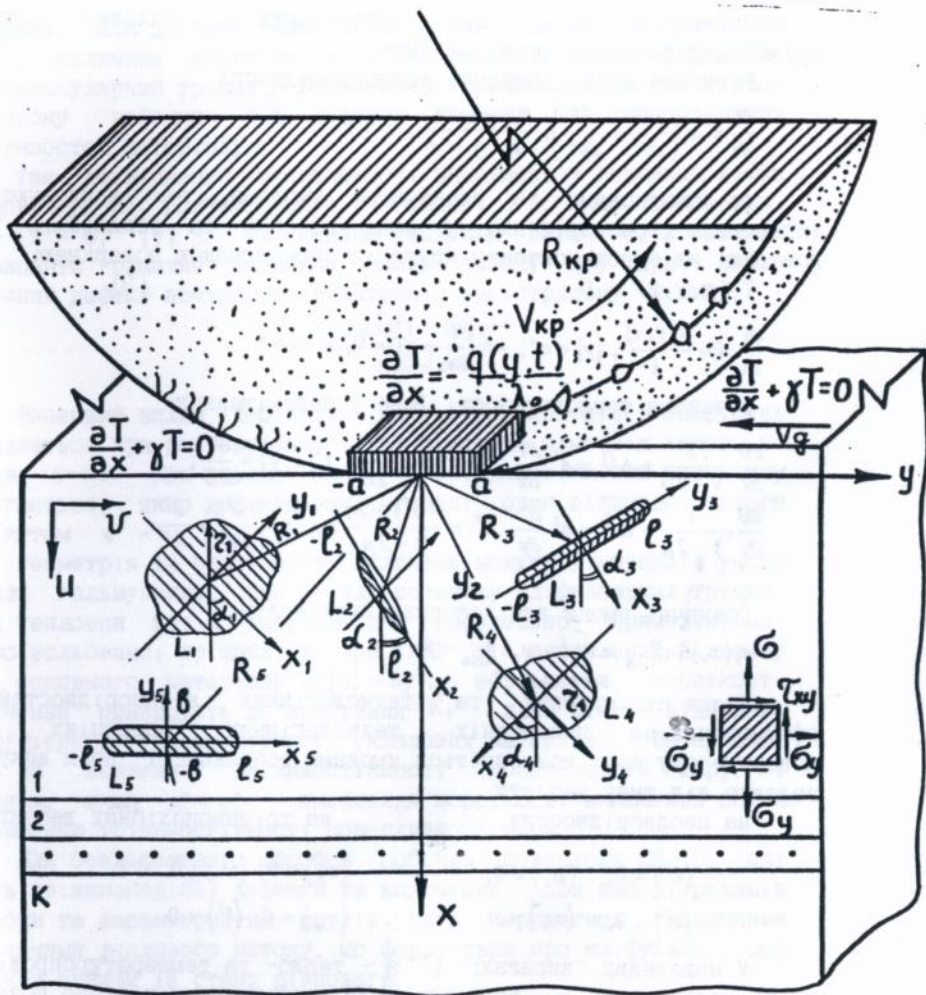


Fig. 1. Schematic diagram for determining the thermomechanical state during grinding of parts, in the upper layer in which there are inhomogeneities.

шліфуванні.

Система рівнянь, які визначають тепловий та пружно-деформований стан, містить:

Рівняння нестационарної теплопровідності

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a^2 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right), \quad \begin{matrix} 0 \leq x < \infty \\ -\infty < y < \infty \end{matrix} \quad (2)$$

іа початковими та граничними умовами, які враховують інтенсивне тепловиділення у зоні обробки та теплообмін у поверхні за зоною контакту круга із оброблюваною поверхнею:

$$T(x, y, z) = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial T}{\partial x} = -\frac{q(y, \tau)}{\lambda}, \quad |y| < a^*; \quad -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} + \gamma T = 0, \quad |y| > a^* \quad (4)$$

Рівняння теплопружності Ламе у переміщеннях:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \theta}{\partial x} \cdot \frac{1}{1-2\mu} + \Delta \bar{U} &= \sigma^T \frac{\partial T}{\partial x}, \quad \bar{U}(x, y) = \frac{U}{2G}, \quad \bar{V}(x, y) = \frac{V}{2G}; \\ \frac{\partial \theta}{\partial y} \cdot \frac{1}{1-2\mu} + \Delta \bar{V} &= \sigma^T \frac{\partial T}{\partial y}, \quad \sigma^T = \frac{4G(1+\mu)}{1-2\mu} \alpha_i; \quad \Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}. \end{aligned} \quad (5)$$

Граничні умови для деформаційних полів:

$$\sigma_x(x, y, \tau)|_{x=0} = \tau_{xy}(x, y, \tau)|_{x=0} = 0 \quad (6)$$

Вплив структурних та технологічних неоднорідностей, сформованих на попередніх технологічних операціях у поверхневому шарі враховується умовами розгивності розв'язку залежно від типу дефекту

на неоднорідностях на тріщиноподібних дефектах

$$\begin{aligned} \langle \bar{U} \rangle = 0, \quad \langle \sigma_x \rangle \neq 0; & \quad \langle \sigma_x \rangle = 0, \quad \langle \bar{U} \rangle \neq 0; \\ \langle \bar{V} \rangle = 0, \quad \langle \tau_{xy} \rangle \neq 0, & \quad \langle \tau_{xy} \rangle = 0, \quad \langle \bar{V} \rangle \neq 0. \end{aligned} \quad (7)$$

У наведених виразах: λ , a - тепло- та температуропровідність матеріалів; α_i - температурний коефіцієнт лінійного розширення (ТКЛР); μ, G - постійні Ламе; U, V - компоненти вектора переміщень; $q(y, \tau)$ - інтенсивність теплового потоку, який формується у зоні контакту круга з оброблюваною поверхнею; γ - коефіцієнт теплообміну з оточуючим середовищем; σ_x, σ_{xy} - нормальне та дотичне напруження.

Механізм мікроруїнування вивчався за допомогою коефіцієнта інтенсивності напружень (КІН).

Вплив структурних дефектів на інтенсивність тріщино- та сколоутворення визначався на модельних задачах. Досліджувалась гранична рівновага дефекту довжиною $2l$, розташованого на глибині $2h$ та орієнтованого під кутом α до оброблюваної

поверхні. Кін досягає найбільшого значення, коли тепловий потік, величина якого залежить від технологічних параметрів, перпендикулярний тріщині. Встановлено граничне значення теплового потоку залежно від довжини дефекту та теплофізичних властивостей матеріалу.

Так, дослідження інтенсивності напружень у вершинах дефекту довжиною $2l$, розташованого на глибині δ , якщо на поверхні тіла ($x = 0$, $|y| \leq a^*$) задано тепловий потік q , дозволило встановити граничне значення цього потоку q^* , при якому вказаний дефект починає розвиватись у магистральну тріщину:

$$q^* = \frac{2\sqrt{3}\lambda(1-\nu)K_{Ic}}{\alpha_1 E l \sqrt{\pi l \delta}} \quad (8)$$

Взаємний вплив дефектів на інтенсивність напружень виявляється при розташуванні їх на відстані одне від іншого не більше $\delta=1/3$. При цьому найменша тріщиностійкість матеріалу досягається, якщо дефекти орієнтовані один відносно іншого під кутом $\psi = 0$.

Геометрія та властивості включень можуть утворювати умови як для гальмування, так і для розвитку шліфувальних тріщин. Якщо тепловий потік направлений паралельно прямолінійної термоізолюваної тріщини, то при ТКЛР α_i^* вкраплення більшому ніж основного матеріалу α_i^* ($\alpha_i^* > \alpha_i^*$), збільшення жорсткості включення призводить до зростання K_I для різних відношень коефіцієнтів теплопровідності складових матеріалу. Це призводить до зниження тріщиностійкості поверхневого шару. І навпаки, якщо $\alpha_i^* < \alpha_i^*$, зменшення жорсткості включення сприяє підвищенню тріщиностійкості поверхневого шару.

Для бездефектної обробки робочих поверхонь ФФ і О, які мають тріщиноподібні дефекти та включення, при виборі режимів обробки та характеристик кругів слід керуватись граничними значеннями теплового потоку, що формується при шліфуванні, щоб дефекти вийшли із стану рівноваги.

У дійсності, поверхневий шар має структурні дефекти, які мають той чи інший ступінь випадковості. Тому при дослідженні причин виникнення шліфувальних тріщин, крім детермінованого, необхідний ймовірно-статистичний підхід. Стохастична модель тріщиноутворення при шліфуванні металів гетерогенної структури побудована на базі комплексного підходу, що спирається на результати детермінованої теорії розвитку окремих дефектів та методи теорії ймовірностей. Поверхневий шар розглядається як середовище, ослаблене випадковими невагаємодіючими між собою дефектами - тріщинами, включеннями, визначальні параметри яких є випадковими величинами з відомими законами їх ймовірного розподілу. Досліджується ймовірність руйнування поверхневого шару залежно від різних типів ймовірного розподілу розмірів

(довжини, глибини) дефектів, їх орієнтації. З цих же позицій розглядаються ймовірні характеристики граничного значення теплового потоку. Встановлено, що збільшення однорідності матеріалу призводить до зростання значення теплового потоку, що відповідає фіксованій ймовірності руйнування.

Для моделювання термомеханічних процесів у поверхневому шарі, який містить у собі дефекти, розроблена методика вибору інструменту, прогнозування характеру тріщиноутворення залежно від ймовірного розподілу дефектів, значень теплового потоку, який надходить у поверхневий шар, і теплообміну пога зоною контакту.

У третій главі подані теоретико-експериментальні дослідження щодо вивчення впливу домінуючих технологічних параметрів на інтенсивність тріщиноутворення поверхонь, що шліфуються. Зі встановлених функціональних зв'язків між кінетикою термомеханічних явищ, неоднорідністю поверхневого шару та показниками якості шліфованих поверхонь ФЕ ІО впливає, що тепловий потік є основним критерієм граничної рівноваги тріщиноподібних дефектів.

Вплив режимів шліфування та СОС на якісні характеристики поверхневого шару ФЕ ІО досліджувались залежно від домінуючих факторів. Перевірялася адекватність встановлених теоретичним шляхом залежностей контактної температури від глибини шліфування, швидкості деталі, параметрів круга та фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу. Контрольованими величинами були: мікротвердість, наявність мікротріщин на обробленій поверхні. Структурно-пружний стан поверхневого шару матеріалу, що формується в процесі його шліфування, впливає і на в'язкість руйнування K_{IC} . З режимів шліфування вивчався вплив глибини різання, як домінуючого фактора у виникненні термомеханічних явищ, на величину коефіцієнту тріщиностійкості.

Значна частина роботи присвячена аналізу технологічних можливостей керування якістю поверхонь, що шліфуються.

Вплив технології обробки на тріщиностійкість металів при шліфуванні вивчався з допомогою параметра механіки руйнування K_{IC} , який враховує залежність пружно-деформованого стану від структурних дефектів поверхневого шару. Підвищення міцності сталей зі зростом вмісту вуглецю або зниженням температури відпуску після закалки закономірно веде до зменшення K_{IC} , отже і до посилення процесу тріщиноутворення. Для досягнення належного рівня тріщиностійкості достатньо виправданим є використання високого відпуску та подіплення сталей перед фінішними операціями. Такі заходи дозволяють усувати схильність штампових сталей до появи шліфовочних тріщин.

Штамові сталі у стані зворотної відпускну крихкості особ-

ливо схильні до інтенсивного виникнення шліфувальних тріщин.

Дослідження поверхонь руйнування зразків із сталі в цьому стані показали, що збільшення тривалості відпуску викликає суттєві зміни у мікробудові. У некрихкій сталі тріщини розвиваються за в'язким мікромеханізмом, а у стані зворотної відпускну крихкості - переважним ставало руйнування шляхом міжзеренного сколу та розтріскування карбідних частин.

Вплив домішок на тріщиностійкість штампових сталей є значним. Так, встановлено негативний вплив вмісту сіри (0.008 - 0.09 %) у штампових сталях типу X12M на тріщиностійкість. На підставі фрактографічних досліджень показано, що місцями мікроруйнування в цих сталях є сульфідні включення.

Ліквідувати зернограничну крихкість, до якої схильні штампові сталі, можна за рахунок підвищення температури відпуску або високотемпературної термомеханічної обробки, яка сприяє деформуванню границь аустенитного зерна, внаслідок чого гладкі границі зазнають фрагментації і набувають специфічної зубчатості. Це призводить до зростання міцності границь та усунення зернограничного руйнування при шліфуванні таких сталей.

Апробація теоретичних результатів щодо забезпечення якості шліфувальних поверхонь, що мають неоднорідності, проводилась на штампових сталях типу X12M.

Розробка технологічних критеріїв для керування процесом бездефектного шліфування здійснена на базі встановлених функціональних зв'язків між фізико-механічними властивостями оброблюваних матеріалів та основними технологічними параметрами.

Якість оброблюваних поверхонь ФЕ ІО буде забезпечена, якщо з допомогою керуючих технологічних параметрів підібрати такі режими обробки, мастильно-охолоджуючі середовища та характеристики інструменту, що поточні значення температури шліфування $T(x, y, t)$ і теплового потоку $q(y, t)$, напружень $\sigma(x)$ та коефіцієнта K_1 не будуть перевершувати своїх граничних значень.

У випадку домінуючого впливу структурної неоднорідності на інтенсивність утворення шліфувальних тріщин слід користуватись критеріями, в структуру яких входять детерміновані зв'язки технологічних параметрів і властивості самих неоднорідностей.

Для цього можна використати обмеження коефіцієнта інтенсивності напружень:

$$K_1 = \frac{1}{\pi \sqrt{\ell}} \int_{-t}^t \sqrt{\frac{\ell+t}{\ell-t}} \{ \sigma_x, \sigma_y \} dt \leq K_{1c} \quad (9)$$

або забезпечити з допомогою керуючих технологічних параметрів граничне значення теплового потоку, при якому зберігається рівновага структурних дефектів:

$$q' = \frac{P_2 V_{sp} \alpha t}{\sqrt{Dt_{max}}} \leq \frac{2\lambda K_{ic}(1-\nu)}{\alpha_r E t \sqrt{\ell}} \quad (10)$$

Умови бездефектного шліфування можна реалізувати, якщо використати інформацію про структуру оброблюваного матеріалу. Так, у випадку домінуючого характеру структурних недосконалостей довжиною $2l$, їх регулярного розташування відносно зони контакту інструменту з деталлю, можливо як критеріальне співвідношення використати умову рівноваги дефекту у вигляді

$$\ell_0 \leq \frac{K_{ic}^2}{\pi [GT_k(1+\nu)\alpha_r]^2}, \quad (11)$$

Наведені нерівності дають можливість зв'язати граничні характеристики температурного та силового полів з керуючими технологічними параметрами. Вони задають область поєднання цих параметрів, що задовільняють одержаним термомеханічним критеріям. При цьому враховуються властивості оброблюваного матеріалу і гарантується забезпечення необхідної якості виробів.

На основі одержаних критеріальних співвідношень побудований алгоритм забезпечення якості поверхневого шару деталей при шліфуванні з урахуванням максимальної продуктивності обробки.

При проведенні експериментальних досліджень з визначення температур шліфування, сил різання залежно від режимів обробки, конструкції використовуваних кругів, характеристик МОС, застосовувались відомі методики. Фізико-механічні властивості поверхневого шару оцінювались мікротвердістю, металографічними та фрактографічними дослідженнями структурних змін та характеру руйнування, контролем на припикання за технологією кислотного травлення, магнітної та колірної дефектоскопії щодо виявлення шліфувальних тріщин.

Тріщиностійкість досліджуваних матеріалів визначалась на циліндричних зразках із зовнішньою осесиметричною кільцевою тріщиною та прямокутних зразках з боковим надрізом, які задовольняють існуючим рекомендаціям щодо випробувань на в'язкість руйнування. При випробуваннях спостерігалось розкид значень K_{ic} , але коефіцієнт варіації для всіх дослідів не перевершував 0.045.

Достовірність вимірів інших параметрів процесу шліфування забезпечувалась використанням сучасної дослідницької апаратури і підтверджена їх широкою практичною перевіркою.

Основні положення дисертаційної роботи викладено в таких працях:

1. Вайсман В. А., Усов А. В. Управление технологическими процессами по тепловым критериям: Тез. докл. 1-ой укр. конф. авт. рук. - Киев-1994.

2. Вайсман В. А., Усов А. Е. Управление термоупругим состоянием конструктивных элементов ПЭВМ: Теа. докл. международной конф. -п. Песчаное, Киев - 1994.

3. Вайсман В. А., Усов А. Е. Моделирование термомеханических процессов при обработке неоднородных поверхностей: Теа. докл. сб. семинара "Применение вычислительной техники и математического моделирования в прикладных научных исследованиях": Одесса - 1994.

4. Вайсман В. А., Усов А. В. Моделирование термомеханических явлений при механической обработке формообразующих поверхностей: Теа. докл. 2 городского семинара "Применение вычислительной техники и математического моделирования в прикладных исследованиях". -Одесса - 1994.

5. Вайсман В. А., Усов А. Е. Математичне моделювання теплових явищ при механічній печ. обробці: Всеукр. наук. конф. "Розробка та застосування математичних методів в науково-технічних дослідженнях", присвячена 70-річчю від дня народження професора П. С. Казімирського. Львів - 1995.

6. Вайсман В. А., Усов А. В. Управление качественными характеристиками формообразующих поверхностей на финишных операциях: Теа. докл. конф. Проблемы и перспективы развития сертификации промышленной продукции. п. Сколе 21 - 23 февраля 1992г. - Киев - 1995.

7. Вайсман В. А., Усов А. В. Влияние структурных неоднородностей на качество рабочих поверхностей штампов и прессформ. Теа. докл. конф. 26-27 апреля 1995г. Киев - 1995.

8. Вайсман В. А., Оборский Г. А., Гнатюк А. П. Модели связи надежности с показателями эффективности технологических систем. Теа. докл. 2 городского семинара "Применение вычислительной техники и математического моделирования в прикладных научных исследованиях". Одесса- 1995.

9. Усов А. В., Вайсман В. А., Дмитришин Д. В. и др. Математическое моделирование технических систем. К. - Техника, 1996г., с-320.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

447887

Вайсман В. А. Повышение эффективности формообразующих элементов инстру-

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 - технология машиностроения, Одесский государственный политехнический университет, Одесса, 1996.

Защищаются технологические методы по устранению шлифовочных на формообразующих элементах инструментальной оснастки с учетом структурных неоднородностей, сформированных в поверхностном слое от предшествующих операций, включая и заготовительные.

Установленная зависимость между предельным значением теплового потока, зависящего от технологических параметров и размеров структурных неоднородностей, их взаимного расположения, позволяет контролировать равновесное состояние структурных дефектов, тем самым избегать появления шлифовочных трещин на формообразующих поверхностях инструментальной оснастки.

Разработанная технология по устранению дефектов типа трещин на формообразующих элементах инструментальной оснастки внедрена в производство.

Vaisman V. A. Effectiveness increase of formative elements grinding of tooling rigging.

Thesis for candidate's degree in machine building. Speciality - 05.02.08 - machine building technology, Odessa State Polytechnic University, Odessa, 1996.

Technological methods of grind crack removal on formative elements of tooling rigging in consideration with genetic heterogeneity, formed in surface layer because of former acts also including stock ones are defended.

Fixed dependence between maximum meaning of heat flow dependent on technological parameters and structure heterogeneity dimensions, their interdisposition allows to control balance state of structure defects thus avoiding gring crack emergence on formative stamp surfaces and dies.

Elaborated technology in gring crack removal on formative stamp surfaces and die rigging is implemented into manufacture.

Ключові слова: шліфування, формоутворюючі поверхні, пресформи, штампи, тріщиноутворення.