

Винахід стосується способу безконтактного динамічного визначення профілю твердого тіла, зокрема, з метою визначення виниклого на твердому тілі зносу.

Для визначення зносу нерідко використовують так звані модельні випробувальні стенди (Amsler, Laffon-Eichinger та інш.), на яких випробовують зразки матеріалів в утвореній у певному випадку застосування парі тертя, відносно до її трибологічних властивостей. Перенесення отриманих у такий спосіб параметрів на конкретний випадок застосування, наприклад, на тіла тертя набагато більшого розміру, ніж зразки, наражається, однак, на труднощі, які полягають у тому, що випробування можуть давати лише орієнтовні значення, оскільки величини, що впливають на знос, являють собою комплексну структуру умов, яка на модельному випробувальному стенді ніколи точно не відповідає реальним умовам. Тому трибологічні дослідження на реальному об'єкті для важливих випадків застосування є неминучими, однак часто наштовхуються на ту проблему, що деталь, знос якої повинен бути досліджений, після закінчення певного періоду експлуатації доводиться демонтувати, а потім досліджувати, наприклад, стосовно виниклого зносу з визначенням поверхневого профілю, що, як правило, пов'язано зі значними витратами.

Визначення профілів твердих тіл, тобто складання профілограм поверхні, може здійснюватися, як відомо, тактильними способами, наприклад із використанням контактного профілометра, причому щодо останнього мова йде про побудований на торканні твердого тіла наконечником спосіб, при якому діапазон вимірювання складає менше одного міліметра і при якому, наприклад, у сантиметровому діапазоні не можна отримати даних вимірювань. Час вимірювання складає при цьому декілька секунд на кожну вимірювану точку, і спосіб не придатний для шорсткого вимірювального оточення.

Для статичного визначення профілів твердих тіл відомі також різні безконтактні оптичні способи. Подібні способи і відповідні пристрої, як це описано, наприклад, у монографії Bernd Breuckmann «Bildverarbeitung und optische Messtechnik», München: Franzis', 1993, Kapitel 6, об'єднані також під терміном «телеметрична 3D-вимірювальна техніка». Як один із топометричних способів описана при цьому лазерна триангуляція, причому під терміном «триангуляція» потрібно розуміти розроблений уперше Снелліусом у 1615р. для геодезичних цілей спосіб вимірювання, при якому вимірювану величину визначають непрямо, за іншими вимірюваними величинами з використанням тригонометричних відношень.

При лазерній триангуляції за допомогою лазера на вимірюваний об'єкт проєктують світлову пляму. Відбите від об'єкта світло, зокрема, розсіяне світло, відображають на світлоприймачі, такому як позиційно-чутливий детектор. Подібні детектори називаються по-англійськи PSD - «position sensitive devices» - позиційно-чутливі пристрої. За геометрією оптичної конструкції, а також кутом між напрямками освітлення і розгляду за допомогою триангуляції визначають положення, зокрема висотне положення, точки об'єкта, що розглядається. Методи лазерної триангуляції дозволяють сьогодні провести безконтактні вимірювання на відстані до кількох метрів із розрізненням по глибині аж до мкм-діапазону.

Модифікацією лазерної триангуляції є відомий, також описаний у названій монографії спосіб, при якому лазерний світловий промінь розширюють до лінійної світлової смуги, так званого світлового зрізу. Для реєстрації відбитого світла можна використовувати при цьому поверхневий детектор, наприклад відеокамеру. Обробка відбувається також на основі триангуляції. Характерним для цього способу є діапазон вимірювання висоти профілю від 1мм до 1м при розрізненні приблизно від 1 до 50 тисячних цього діапазону. У названій монографії постулюється принципова придатність способу світлового зрізу для застосування біля безперервно рухомих об'єктів, проте щодо можливостей застосування і меж відомостей не міститься. Спосіб динамічного, тобто в реальному часі, визначення профілю рухомого твердого тіла стикається, однак, на практиці з тією проблемою, що через переміщення вимірюваної поверхні виникають спотворення, які унеможливають застосування класичного триангуляційного способу, оскільки таким чином не можна отримати відповідних реальності даних вимірювань.

В основі даного винаходу лежить завдання створення способу безконтактного динамічного визначення профілю твердого тіла описаного вище роду, який забезпечував би нетривалий час вимірювання, охоплював би такий діапазон вимірювання, що перекинув би, щонайменше, три порядки величин, такі як десяті міліметра, міліметри і сантиметри, забезпечував би високу точність вимірювання і міг би застосовуватися у тяжких умовах експлуатації, зокрема для визначення зносу деталей.

Згідно з винаходом, це досягається за допомогою способу, при якому, щонайменше, один створений лазерним пристроєм, розширений, щонайменше, до однієї лінійної світлової смуги світловий промінь проєктують, щонайменше, на одну ділянку поверхні твердого тіла, причому тверде тіло переміщують повз лазерний пристрій, відбите від ділянки поверхні твердого тіла світло фокусують у пристрої відображення, оптична вісь якого розташована під постійним триангуляційним кутом до напрямку проєкції лазерного пристрою і на постійній базовій відстані від лазерного пристрою, і з високою порівняно зі швидкістю руху твердого тіла частотою реєструють за допомогою поверхневого світлоприймача, після чого за сигналами, що подаються світлоприймачем, залежно від триангуляційного кута і базової відстані за допомогою тригонометричних відношень й у зв'язку з визначуваними відповідно до швидкості руху твердого тіла поправковими значеннями у пристрої обробки даних отримують виміряні значення профілю, які зберігають у пристрої обробки даних у вигляді профілограм.

Тверде тіло може являти собою при цьому оберतालне симетричне тіло, що здійснює поступальний, обертальний рух або переважно рух кочення, зокрема колесо транспортного засобу. Спосіб, згідно з винаходом, являє собою, тим самим, можливість визначити профілі колеса під час руху і зробити з цього висновки про знос.

Додатково до зв'язку з визначуваними згідно зі швидкістю руху твердого тіла поправковими значеннями, які переважно забезпечують не «змазане» швидкістю визначення профілю, можна, зокрема, в названому як переважний випадок для вільного від спотворень визначення профілограми отримати також дані вимірювань профілю у зв'язку з визначуваними відповідно до ділянки поверхні твердого тіла поправковими значеннями.

У розумінні повного визначення профілю переважно, якщо декілька профілограм визначають як часткові профілограми з використанням, щонайменше, трьох лазерних пристроїв, які проєктують світлові смуги на

ділянки, що лежать по різні боки від поверхні твердого тіла, і наданих їм пристроїв відображення, часткові профілограми зберігають у пристрої обробки даних і отримують на основі цього загальну профілограму. У твердого тіла, в основному, циліндричної або кільцеподібної основної форми, такого як колесо транспортного засобу, щонайменше, три ділянки, на які проєктують світлові смуги, можуть лежати при цьому переважно на обох зовнішніх поверхнях або на бічній поверхні циліндра або кільця. Профілограму, часткові профілограми і/або загальну профілограму можна потім порівнювати з відповідно однією або декількома еталонними профілограмами і реєструвати відповідні відхилення від даної еталонної профілограми, яка є мірилом виникаючого зносу або мірилом того, чи перебуває ще виникаючий знос у допустимому діапазоні. За допомогою корелятивних зв'язків між виникаючою тривалістю навантаження твердого тіла і зареєстрованим зносом можна у зв'язку з цим зробити також екстраполюючий висновок про те, як довго, не викликаючи побоїв, може ще тривати навантаження або коли виявиться необхідною повторна перевірка.

Крім того, переважно, якщо профілограму, часткові профілограми, загальну профілограму, відповідну еталонну профілограму і/або відповідні відхилення співвідносять із постійною, протягом тривалого часу незмінною геометричною базовою величиною, такою як внутрішня периферія обода колеса, що не піддається зносу. Таким чином, поверхню зносу можна зобразити, наприклад, у вигляді розгортки, на якій висотний профіль порівняно з базовою величиною відображають відповідними образотворчими засобами. Наприклад, профілограму, часткові профілограми, загальну профілограму, відповідну еталонну профілограму і/або відповідні відхилення можна візуалізувати в індикаторному пристрої, наприклад на дисплеї.

Базову величину можна отримати при цьому переважно, щонайменше, із трьох вимірних значень, отримуваних також за допомогою безконтактних динамічних вимірювань на рухомому твердому тілі, здійснюваних так само, як і визначення профілограми або часткових профілограм. Для цього існує можливість проведення вимірювань на рухомому твердому тілі в задані інтервали часу, щонайменше, у три моменти часу за допомогою єдиного розширеного до лінійної світлової смуги світлового променя або проведення вимірювань одночасно за допомогою, щонайменше, трьох розширених до лінійних світлових смуг світлових променів при заданій відстані між ділянками поверхні твердого тіла, на які проєктують світлові смуги.

Як світлоприймачі можуть використовуватися переважно пристрої, що подають цифровані сигнали, такі як ПЗС-камери з тригерним керуванням, або позиційно-чутливі детектори (position sensitive devices), такі як фотодіодні матриці. У першому випадку потрібно врахувати, що світлоприймач чутливий до інтенсивності світла, тоді як у другому випадку він подає еквівалентні кількості світла сигнали.

Що стосується використовуваного лазерного пристрою, згідно з винаходом, то особливо переважними виявилися наступні характеристики:

- з точки зору високої відтворюваності результатів і високої точності вимірювань: довжина хвилі створеної світлової смуги в діапазоні 400-1000нм, зокрема, 650-700нм;

- також із цієї точки зору: потужність лазерного пристрою в діапазоні 0,5-50мВт;

- з точки зору високої надійності роботи (клас лазера 2 по DIN EN 60825-1:2001-11): довжина хвилі світлової смуги у видимій ділянці і граничне значення доступного випромінювання (GZS) лазерного пристрою менше за 1мВт, причому потрібно врахувати, що при потужності лазера більше за 1мВт за рахунок відповідних заходів граничне значення доступного випромінювання може бути знижене до необхідного значення;

- з точки зору мінімізації витрат на спосіб (витрати): використання св -твердотільного діода (діода з незгасаючою хвилею), що складається, наприклад, із напівпровідникового матеріалу, такого як GaAs, AlGaAs, InGaP, GaAsSb, InP, PbSnTe і т.п., переважно VLD (діод із видимим лазером), який аналогічно використовується в лазерному маркері, - видима світлова смуга полегшує до того ж юстирування лазерного пристрою відносно вимірюваного твердого тіла.

Що стосується умов вимірювання способом відповідно до винаходу, то особливо переважними або оптимальними для профілометрії з метою контролю зносу виявилися наступні характеристики, причому для відповідно отриманої профілограми, часткових профілограм і загальної профілограми може бути досягнуте розрізнення менше за 2мм, зокрема, менше за 0,5мм:

- ширина світлової смуги: в діапазоні 0,3-6,5мм, зокрема 0,8-2,2мм, за рахунок розходження при збільшенні, за необхідності, бажаної середньої робочої відстані (вимірювальної відстані) відбувається збільшення ширини світлової смуги, що, однак, знижує точність вимірювань;

- довжина світлової смуги: в діапазоні 50-750мм, зокрема 200-400мм, відповідно до геометрії ділянки поверхні вимірюваного твердого тіла;

- триангуляційний кут: у діапазоні 15-40°, зокрема, 20-30°, збільшення кута підвищує точність вимірювань, однак зростає також небезпека неоднорідного освітлення поверхні твердого тіла і виникнення затінення;

- базова відстань між пристроєм відображення, зокрема, центром фокусуючої лінзи пристрою відображення, і оптичною віссю лазерного пристрою в діапазоні 30-450мм, зокрема, 60-270мм;

- середня робоча відстань між лазерним пристроєм і/або пристроєм відображення і ділянкою поверхні твердого тіла, на яку проєктують світлову смугу: в діапазоні 20-650мм, зокрема, 150-350мм;

- швидкість, за необхідності, поступального руху твердого тіла: менша за 3,5м/с, переважно менша за 1,5м/с;

- кутова швидкість, за необхідності, обертального руху твердого тіла: менша за 15с^{-1} , переважно менша за 6с^{-1} і переважно постійна;

- частота, з якою відбите від поверхні твердого тіла світло реєструють за допомогою світлоприймача: в діапазоні 25Гц-100кГц, переважно 1-100кГц.

Що стосується частоти, то вона повинна бути узгоджена зі швидкістю руху твердого тіла - більш висока частота зменшує вплив швидкості твердого тіла на спотворення сигналів світлоприймача. Для визначення отриманих відповідно до швидкості руху поправкових значень, які можуть являти собою, зокрема, векторні, пропорційні швидкості руху коефіцієнти і/або додатки, які відповідають природі вимірюваних значень профілограми, може бути тому здійснений переважно корелятивний зв'язок швидкості руху з частотою реєстрації відбитого світла. Для вказаних діапазонів швидкості руху твердого тіла при цьому можна

переважним чином знехтувати нелінійностями.

Отримані відповідно до ділянки поверхні твердого тіла поправкові значення можуть бути, зокрема, відповідними природі вимірюваних значень профілю векторними коефіцієнтами і/або додатками, отриманими залежно від радіуса обертального симетричного тіла, причому у названого радіуса мова може йти про таку ж незмінну протягом тривалого часу геометричну базову величину, що служить як еталонна величина для визначення профілограм.

Інші переважні варіанти здійснення винаходу містяться в залежних пунктах формули і в нижченаведеному детальному описі.

Винахід більш детально пояснюється на прикладі його здійснення, зображеному на доданому кресленні, на якому представляють:

Фіг.1: схематично при вигляді збоку принципове зображення для пояснення способу згідно з винаходом;

Фіг.2: схематично в перспективі інше принципове зображення для пояснення способу згідно з винаходом;

Фіг.3: у перспективі стенд для контролю зносу коліс рейкового транспортного засобу, таких як залізничні колеса, причому застосований спосіб згідно з винаходом;

Фіг.4: відповідну Фіг.3 подробицю під кутом розгляду зовнішньої сторони колеса, вибраним відносно напрямку руху спереду;

Фіг.5: відповідну Фіг.3 подробицю, однак під кутом розгляду внутрішньої сторони колеса, вибраним відносно напрямку руху ззаду;

Фіг.6: схематично визначення геометричної базової величини, з якою може бути співвіднесена отримана, згідно з винаходом, профілограма;

Фіг.7 і 8: отримані, згідно з винаходом, профілограми.

На різних фігурах однакові деталі позначені однаковими посилальними позиціями, так що вони описані, як правило, також відповідно тільки один раз.

Як показано на Фіг.1 в одновимірному відносно вимірюваного об'єкта, що рухається зі швидкістю v твердого тіла 1, зображенні, відповідно до способу, згідно з винаходом, світловий промінь, що йде від лазерного пристрою 2, фокусують за допомогою оптики (не показана) так, що в діапазоні Dz вимірювання, що виникає з різниці між максимально вимірюваним значенням z_{\max} і мінімально вимірюваним значенням z_{\min} глибини або висоти z профілю, ширина b променя лежить у заданому діапазоні. Світловий промінь розширений при цьому до світлової смуги 3, як це показано в двовимірному зображенні на Фіг.2.

У місці z_A падіння світлової смуги на поверхню твердого тіла 1 внаслідок дифузного розсіювання світла (відбите світло RL) утворюється вимірювальна пляма, яка може сприйматися з напрямів, які відрізняються від напрямку падіння, що визначається оптичною віссю $O-O$ лазерного пристрою 2.

Якщо вимірювальну пляму під триангуляційним кутом φ відобразити відповідною фокусуючою лінзою 4 пристрою 5 відображення на поверхневому світлоприймачі 6, то залежно від віддалення місця z_A падіння між мінімальним x_{\min} і максимальним x_{\max} значеннями встановлюється положення x_A плями зображення на світлоприймачі 6.

Геометрія конструкції пристрою, що використовується для здійснення способу, згідно з винаходом, визначається при цьому, крім твердо встановленого триангуляційного кута φ , також постійною базовою відстанню B між оптичною віссю $A-A$ фокусуючої оптики 4 пристрою 5 відображення і положенням лазерного пристрою 2, що визначається його оптичною віссю $O-O$.

Використовуючи тригонометричні відношення, можна за вимірюваним положенням x_A плями зображення визначити віддалення місця z_A падіння, тобто відстань між поверхнею твердого тіла 1 і лазерним пристроєм 2 за рівнянням

$$z_A = H / (1 - B/x_A) \quad (1),$$

де H означає відстань між фокусуючою лінзою 4 пристрою 5 відображення і його світлоприймачем 6, як це показано на Фіг.1.

Відносна точність dz_A/z_A вимірювання складає при цьому

$$dz_A/z_A = 1 / (1 - x_A/B) * dx_A/x_A \quad (2),$$

де відносне розрізнення dx_A/x_A положення плями зображення залежить від швидкості v твердого тіла відносно до частоти f , із якою відбите світло RL сприймається світлоприймачем 6, а також від шуму сигналу і виду світлоприймача 6. Величина dz_A у рівнянні (2) являє собою при цьому абсолютне значення точності зміни.

Для підвищення розрізнення остаточні виміряні значення z_B профілю (на Фіг.1 і 2 позначений буквою P) отримують при зв'язку значень z_A з отриманими відповідно до швидкості v руху твердого тіла 1 поправковими значеннями K_v , які являють собою, зокрема, векторні, пропорційні швидкості v руху коефіцієнти і/або додатки. При цьому для визначення отриманих відповідно до швидкості v руху поправкових значень K_v здійснюють корелятивний зв'язок швидкості v руху з частотою f реєстрації відбитого світла RL .

За рахунок зміни описаної вище геометрії, зокрема, базової відстані B , триангуляційного кута φ і/або середньої робочої відстані (на Фіг.1 позначено довжиною L) між пристроєм 5 відображення або лазерного пристрою 2 і ділянкою поверхні твердого тіла 1, на яку проєктують світлову смугу 3, можна переважним способом довільно встановлювати діапазон Dz вимірювання і, тим самим, точність dz_A/z_A вимірювання просто за рахунок відповідного вибору геометричних величин конструкції. Окремі пристрої необов'язково повинні бути при цьому взяті в загальний корпус 7, як це показано на Фіг.1. Розширення діапазону Dz вимірювання приводить при цьому до зниження точності вимірювання і навпаки.

У зображеному здійсненні як світлоприймач 6 використана камера Sony HCC 400. Оскільки розрізнення залежить від величини діапазону Dz вимірювання, то для розрахунку пристрою для здійснення способу, згідно з винаходом, це означає, що кількість реєструючих головок камери залежить безпосередньо від необхідного або вибраного розрізнення.

Для зйомки топографії тривимірного твердого тіла 1, як уже сказано і показано на Фіг.2, потрібно розглянути у двох вимірах систему, яка розглядалася досі тільки як одновимірна. Це означає, що працюють із

лазерним променем, розширеним до світлової смуги 3. При цьому говорять про спосіб лазерного зрізу. Після реєстрації відбитого від поверхневого світлоприймача 6 світла RL за поданим світлоприймачем 6 сигналом з урахуванням триангуляційного кута φ і базової відстані B у пристрої обробки даних (не показано), такому як ПК, визначають виміряні значення профілю P, які зберігають у пристрої обробки даних у вигляді профілограм PG. Така профілограма PG схематично позначена на Фіг.2 лінією на світлоприймачі 6. Профілограми на основі реальних вимірювань показані в різних виглядах на Фіг.7 і 8.

Як лазерний пристрій 2, що проектує світлові смуги 3 ділянки, що лежать на поверхні твердого тіла 1, використовувався звичайний лінійний лазерний модуль L200 з довжиною LB ліній (Фіг.2) 300мм, шириною b ліній (Фіг.1) 1,5мм, потужністю 30мВт і видимим червоним світлом (довжина хвилі 680nm).

На Фіг.3, як уже сказано, зображено типове застосування способу, згідно з винаходом, а саме для визначення зносу. Тут у перспективі показаний стенд 8, розрахований на колеса 1а як вимірювані тверді тіла 1, що котяться по рейках 9, рухаються повз із поступальною v і кутовою ω швидкостями.

Видно, що на цьому стенді 8 визначають декілька профілограм PG у вигляді часткових профілограм (на Фіг.7 позначені PG_a, PG_b і PG_c) з використанням трьох лазерних пристроїв 2, які проектує світлові смуги 3а, 3b, 3с на ділянки, що лежать на різних сторонах D₁, D₂, M поверхні твердого тіла 1, і наданих ним пристроїв 5 відображення. Часткові профілограми PG_a, PG_b і PG_c можуть зберігатися в пристрої обробки даних, і на їх основі можна отримати загальну профілограму GPG.

Колесо 1а рейкового транспортного засобу 10 являє собою оберально-симетричне тверде тіло 1, в основному, циліндричної або кільцеподібної основної форми, причому три ділянки, на які проектує світлові смуги 3а, 3b, 3с, лежать на обох зовнішніх поверхнях D₁, D₂ і на бічній поверхні M циліндра або кільця. Як показано на Фіг.3 і детально на Фіг.4 і 5, три світлові смуги 3а, 3b, 3с для визначення загальної профілограми GPG необов'язково повинні утворювати замкнену лінію. Також необов'язково, щоб проектувана на бічну поверхню M світлова смуга 3b проходила паралельно осі колеса 1а. Відповідне відхилення від осепаралельності може бути компенсоване за рахунок того, що виміряні значення z_b профілю P отримують у зв'язку з поправковими значеннями K₀, що визначаються відповідно до ділянки поверхні твердого тіла.

На Фіг.5 показана перша, а на Фіг.6 - друга зі згаданих можливостей визначення радіуса R обода колеса 1а як твердої, протягом тривалого часу незмінної геометричної базової величини, з якою можуть бути співвіднесені профілограма PG, часткові профілограми PG_a, PG_b, PG_c і загальна профілограма GPG. Радіус визначають при цьому в обох випадках, щонайменше, за трьома виміряними значеннями Z₁, Z₂, Z₃, які отримують за рахунок безконтактних динамічних вимірювань на рухомому колесі 1а і які здійснюють так само, як і отримання профілограм PG або часткових профілограм PG_a, PG_b, PG_c.

На Фіг.5 безконтактні динамічні вимірювання на колесі 1а, що котиться, здійснюють одночасно за допомогою, щонайменше, трьох, розширених до лінійних світлових смуг 3с1, 3с2, 3с3 світлових променів при відповідно заданих відстанях N₁, N₂ між ділянками поверхні твердого тіла 1, на які проектує світлові смуги 3с1, 3с2, 3с3.

На Фіг.6 безконтактні динамічні вимірювання на колесі 1а, що котиться, здійснюють у задані інтервали Δt часу, щонайменше, у три моменти t₁, t₂, t₃ часу за допомогою єдиного розширеного до лінійної світлової смуги 3 с світлового променя.

Вимірювання здійснюють, таким чином, однонаправлено, тобто при однаковій орієнтації відповідних світлових смуг 3с1, 3с2, 3с3 відповідно у трьох точках S₁, S₂, S₃, причому три виміряні значення z_b, z₂, z₃ кола з радіусом R, які лежать на одній дузі, визначають як значення ординат точок S₁, S₂, S₃ в декартовій системі координат. Надані точкам S₁, S₂, S₃, як це показано на Фіг.6, виміряні значення z₁, z₂, z₃ відповідають вимірювальній довжині лінійної світлової смуги 3с або 3с1, 3с2, 3с3. Вимірювальні довжини лінійної світлової смуги 3с або 3с1, 3с2, 3с3 можуть бути при цьому без проблем трансформовані для цієї відповідності таким чином, що виміряні значення z₁, z₂, z₃ представляють відповідно половину довжини хорди s₁, s₂, s₃. Відповідні цим виміряним значенням z₁, z₂, z₃ значення x₁, x₂, x₃ абсциси (на Фіг.6 позначено у вигляді існуючих у моменти t₁, t₂, t₃ часу відстаней між центрами M₁, M₂, M₃ кіл і світловою смугою 3с) виникають або в першому випадку з відстаней N₁, N₂ на Фіг.5, або у другому випадку - із заданих трьома моментами t₁, t₂, t₃ часу вимірювання інтервалів Δt часу шляхом множення інтервалів Δt часу на кутову швидкість ω . Кутова швидкість ω може бути при цьому або твердо задана, або також отримана безконтактними динамічними вимірюваннями на колесі 1а, що котиться, за допомогою однієї або декількох лінійних світлових смуг 3. Обробка полегшена, якщо швидкість, тобто, з одного боку, оберальний, а, з іншого боку, поступальний рух колеса 1а, постійна.

Еталонний радіус R колеса 1а, що котиться, можна обчислити після визначення вимірних значень z₁, z₂, z₃ з наступної системи рівнянь:

$$R^2 = x_1^2 + z_1^2 \quad (3)$$

$$R^2 = x_2^2 + z_2^2 \quad (4)$$

$$R^2 = x_3^2 + z_3^2 \quad (5)$$

$$x_1 - x_2 = k * (x_2 - x_3) \quad (6)$$

Величини R, x₁, x₂ і x₃ означають невідоме. Величина k у рівнянні (6) є відомим, відповідним заданим інтервалам Δt часу або відстаням N₁, N₂ між ділянками поверхні колеса 1а коефіцієнтом, який у переважному випадку постійних інтервалів Δt часу або еквідистантних відстаней N₁, N₂ набуває значення 1.

Отриманий радіус R може служити, з одного боку, основною лінією для вимірних значень z_b висоти профілю, що визначаються на бічній поверхні M колеса 1а, а, з іншого боку, можна залучити цей радіус R для визначення поправкових значень K₀, що беруться до уваги відповідно до освітлених світловою смугою 3с або 3а, 3b, 3с, 3с1, 3с2, 3с3 ділянкою поверхні твердого тіла 1. Необхідність узяти до уваги подібні поправкові значення K₀ виникає, наприклад, тому, що хорди s₁, s₂, s₃ утворюють відповідно різні центральні кути, внаслідок чого виникають різні локальні спотворення профілю. Центральні кути лежать при цьому між 0° у

першому екстремальному випадку, коли світлова смуга 3 с утворює дотичну до периферії розглядуваної дуги окружності колеса 1а, і 180° в іншому екстремальному випадку, коли світлова смуга 3 с збігається з діаметром 2R розглядуваної дуги окружності колеса 1а. Найбільша довжина хорди s_{13} містить більшість інформації про визначуваний профіль і має найменше спотворення.

З цих причин надзвичайно переважно, якщо зображену на Фіг.7 загальну профілограму GPG твердого тіла 1, що котиться, у цьому випадку колеса 1а, отримують із трьох часткових профілограм, що визначаються на обох зовнішніх поверхнях D_1 , D_2 і на бічній поверхні М одночасно в один момент t_k часу, причому момент t_k часу визначення окремих часткових профілограм вибирають таким чином, що отримане в цей момент t_k часу виміряне значення z_k - у цьому випадку z_3 - щонайменше, із трьох вимірних значень z_1 , z_2 , z_3 , що лежать на одній дузі кола з радіусом R на одній із зовнішніх поверхонь D_1 , D_2 , і що визначаються відповідно в послідовні моменти t_1 , t_2 , t_3 часу і однонаправлено по відповідній довжині LB лінійної світлової смуги 3с, 3с1, 3с2, 3с3 і відповідних половині довжини хорди s_1 , s_2 , s_3 через дугу кола, набуває максимум. Само собою, використання цього критерію вибору моменту t_k часу не обмежується трьома вимірними значеннями z_1 , z_2 , z_3 . Поклавши за основу більше трьох вимірних значень z_1 , z_2 , z_3 , можна досягнути навіть ще кращих результатів, якщо отримана максимальна половина довжини хорди s_{13} менше відрізняється від радіуса R або приймає те ж значення, що й радіус R.

На Фіг.7 показано далі, що відповідну профілограму PG, часткові профілограми PG_a , PG_b , PG_c або загальну профілограму GPG можна порівняти відповідно з однією або декількома еталонними профілограмами - еталонною профілограмою BP1 для максимальних вимірних значень z_b профілю P і еталонною профілограмою BP2 для максимальних вимірних значень z_b профілю P - і визначити відповідні відхилення APG від відповідної еталонної профілограми BP1, BP2. У зображеному випадку подібні відхилення виникають на позначеній штрихпунктиром ділянці. В еталонних профілограмах BP1, BP2 мова може йти переважно про допустимі задані розміри, еталонна профілограма BP1, BP2 може бути також запам'ятовуванням набором даних вимірних значень z_b з попередньої зміни, так що відповідні відхилення APG дають інформацію про те, наскільки великий знос, що виник із моменту попереднього вимірювання.

У той час як зображення профілю P на Фіг.7 лише двовимірне, де виміряні значення z_b профілю P показані у вигляді лінії - вектори x , z - по перетину Q колеса 1а, профіль P на Фіг.8 ілюструє тривимірний характер способу, згідно з винаходом. На Фіг.8 над отриманою за допомогою згаданого радіуса R розгорткою зовнішньої поверхні D_1 колеса 1а різними відтінками сірого зображені вимірні значення z_b профілю P у вигляді векторів x , y , z . Абсолютне значення точності dz_A вимірювання відповідно до рівняння (2) складає біля 0,5мм. Позначена буквою Q, зображена контурна лінія означає при цьому показаний на Фіг.7 переріз Q колеса 1а, причому тут, як зазначено, є частковий профіль PG_a на Фіг.7. Замість відтінків сірого можна для посилення наочності використовувати на відповідному дисплеї також різні кольори.

Спосіб, згідно з винаходом, забезпечує переважним чином визначення профілю P у надзвичайно короткий час. Так, протягом 5 секунд за допомогою розташованих з обох боків рейок 9, по яких повз котиться рейковий транспортний засіб 10, лазерних пристроїв 2 і пристроїв 5 відображення для п'яти возиків, тобто десяти колісних пар, отже, 20 коліс 1а можна скласти відповідну тривимірну загальну профілограму GPG.

Даний винахід не обмежується зображенням прикладом його здійснення, а включає в себе всі подібно діючі в значенні винаходу засоби і заходи. Так, інша можливість полягає в застосуванні так званих смугових проекційних способів із використанням структурованого або кодованого освітлення. Ці способи засновані також на принципі триангуляції, причому все тверде тіло 1 освітлюють відповідним лазерному пристрою 2 проектором із заданим розрахунковим шляхом світловим узором. Під час зйомки світловий узор змінюють певним чином з можливістю визначення топографії за результуючим розподілом інтенсивності знятого зображення.

Крім того, фахівець може доповнити винахід додатковими переважними заходами. Так, для виконання всіх обчислювальних операцій, наприклад приведених рівнянь (1)-(6), у пристрої обробки даних можуть використовуватися відповідні програмні модулі.

Далі винахід не обмежується охарактеризованою в п.1 формули винаходу сукупністю ознак, а може бути охарактеризований також будь-якою іншою сукупністю певних ознак зі всіх розкритих, загалом, окремих ознак. Це означає, що, в принципі, практично будь-яка окрема ознака п.1 може бути випущена або замінена, щонайменше, однією окремою ознакою, розкритою в іншому місці заявки. У цьому відношенні п.1 потрібно розуміти лише як першу спробу формулювання винаходу.

Перелік посилальних позицій

1 - тверде тіло

1а - колесо

2 - лазерний пристрій

3, 3а, 3b, 3с, 3с1, 3с2, 3с3 - світлові смуги

4 - лінза

5 - пристрій відображення

6 - світлоприймач

7 - корпус

8 - стенд для контролю зносу

9 - рейка

10 - рейковий транспортний засіб

A-A - оптична вісь

B - базова відстань

b - ширина

Dz - діапазон вимірювання

dz_A - розрізнення

D_1 , D_2 - зовнішні поверхні

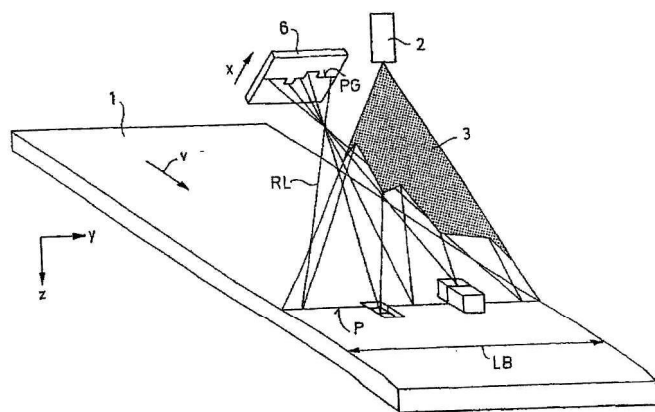


Fig. 2

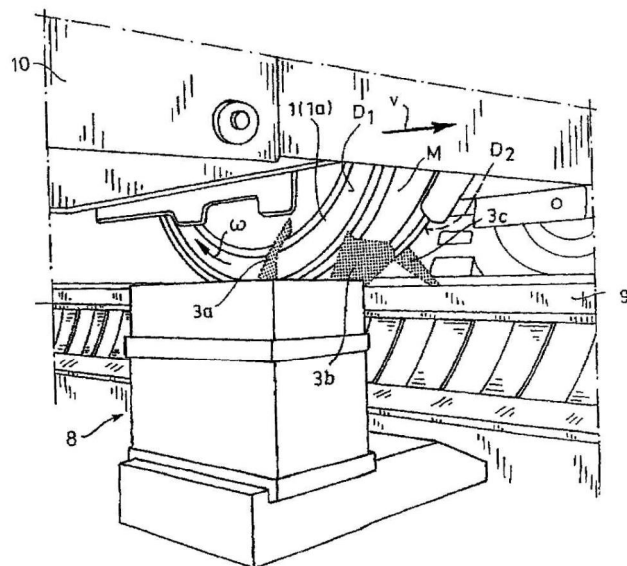


Fig. 3

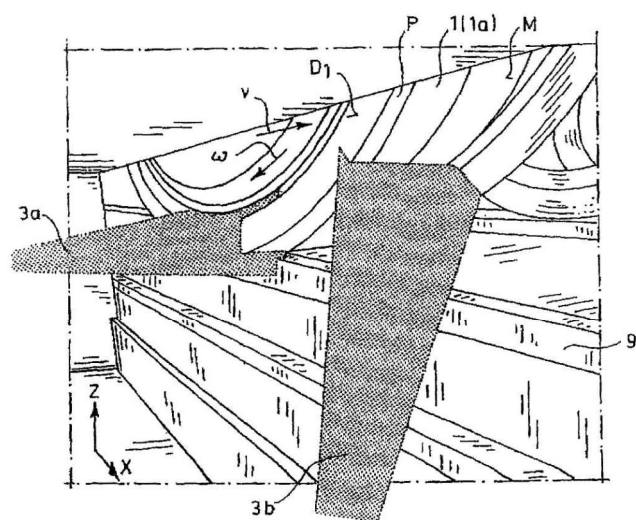


Fig. 4

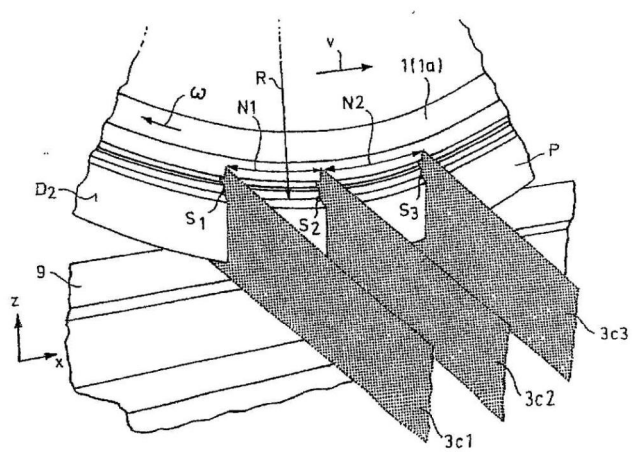
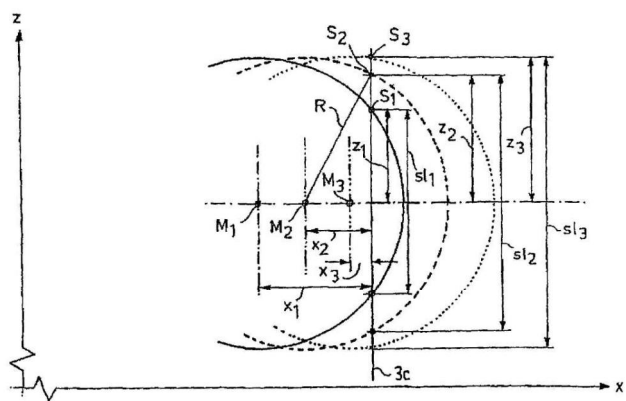
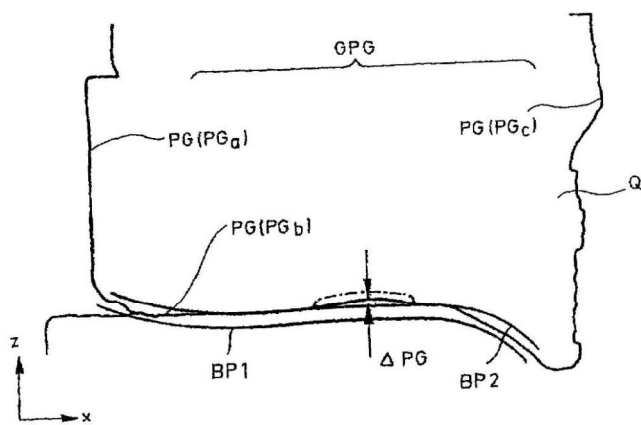


Fig. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

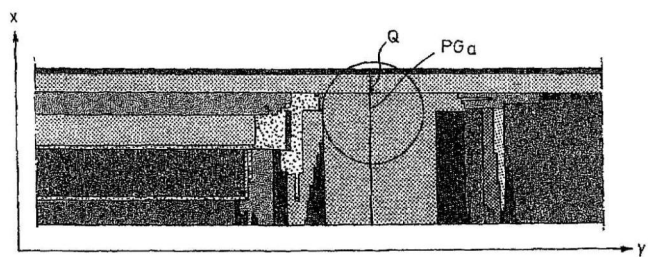


Fig. 8