

одиночного показника для окремого виробу, кількох зразків з партії, чи цілої партії виробів для порівняння з аналогічними виробами іншого виробника. Якщо рівень імовірності P_1 для виробів одного виробника є вищий, ніж імовірність P_2 для того самого діапазону допустимих значень іншого виробника, то це буде свідчити про відповідно вищу якість цього виробу за окремим одиничним показником.

Отримане значення P є дуже вигідним в подальшому використанні, тому що воно є безрозмірною величиною, значення якої

коливаються в межах від 0 до 1. Для того, щоб знайти сумарний якісний рівень за двома і більше показниками, вираженими в такій формі, достатньо лише знайти добуток окремих значень імовірностей за кожним показником.

1. *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement: First edition.* – ISO, Switzerland, 1993.
2. Чистяков В.П. *Курс теории вероятностей.* – М: "Наука" Главная редакция физико-математической литературы. 1982.

УДК 531.7, 620.179.1.082.5.05

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ВИРОБІВ ІЗ ЛИСТОВОГО МЕТАЛУ

© Вельган Р., 2006

Національний університет "Львівська політехніка"

Представлені результати огляду науково-технічної літератури і порівняльного аналізу існуючих методів контролю деталей, виготовлених шляхом формування листового металу. Найпоширеніші методи проаналізовано з точки зору придатності до контролю поверхні і розподілу товщини

Процеси формування різних виробів із листового металу завдяки їх ефективності є широко розповсюдженими у виробництві. З плоских заготовок шляхом формування виготовляють складні деталі, такі як елементи кузовів автомобілів, захисні оболонки електричного обладнання, елементи різноманітних механічних виробів тощо.

На стадіях проектування і виробництва існує необхідність контролю формованих деталей. Створення інструментів формувального виробництва (наприклад, штемпелів, матриць тощо) пов'язане із довготривалим процесом налаштування шляхом "проб і помилок" пробну деталь формують, вимірюють, підганяють параметри процесу і форму, а тоді формують нову деталь і т.д. Тому від створення креслення нової деталі і створення інструментів для її формування до відпрацювання процесу минає багато часу. В результаті цього вартість інструментів для формування є істотною частиною виробничих витрат. Зміна матеріалу чи зношення інструментів на такому виробництві вимагає знову додаткового налаштування. З причини великих затрат на обладнання і значних затрат робочого часу персоналу у серійному виробництві виконуються час від часу тільки вибіркові вимірювання. Такі вибірки здійснюються часто вже після виявлення явних дефектів. Це робить можливим небезпеку того, що велика частина деталей з тих, що були

виготовлені в часі між вибірками, є бракованими. Тому існує необхідність безперервного контролю продукції в процесі виробництва.

Потреби зменшення коштів, скорочення циклу розробки і високі вимоги до якості вимагають швидких, неруйнівних, здатних до інтегрування в автоматизоване виробництво і незалежних від суб'єктивного впливу оператора засобів контролю. Контролю піддають матеріали, що надходять у виробництво, операції виробничих процесів, параметри деталей, характеристики готової продукції.

Модерні системи машинного бачення, використовуючи цифрові камери і програмні продукти для опрацювання зображень, можуть детектувати, візуалізувати і ідентифікувати деякі поверхневі дефекти [1]. Об'єктом спостереження таких систем звичайно є якість поверхні вальцьованого листового металу. Прикладами поверхневих дефектів є подряпини, ямки, відбитки стружки, сліди ржі тощо. Проте результатом такого інспектування є тільки двовимірні дані і інспектування є придатним тільки для плоских деталей.

Потрібно враховувати, що продукція з листового металу часто має дефекти з незначним заглибленням, але великим латеральним поширенням. Це такі дефекти, як вм'ятини/випучення, прогини, хвилястості, складки

і інші, яких майже не видно але які є добре помітними після лакування. Системи збирання тривимірних даних [2-4] дають можливість суттєво покращити можливості виявлення дефектів форми. Проте такі дефекти, як лотоншення (котре є передвісником можливих розривів матеріалу) можна виявити тільки маючи додаткову інформацію про товщину деталі. Отже, щоб гарантувати форму і стабільність деталей з листового металу необхідно визначати також розподіл товщини в критичних ділянках контрольованих деталей.

У даній роботі йдеться про контроль геометричних розмірів формованих деталей з використанням вимірювальних операцій перед процесом лакування.

Для вимірювання товщини формованого листового металу у зонах значного розтягу матеріалу досі застосовуються мікрометри або оптичні вимірювальні мікроскопи [5, 6]. Такі вимірювання є часозатратними і часто потребують руйнування деталі. Для вимірювання товщини мікроскопом деталь треба позиціонувати так, щоб нормалі площини перерізу були паралельними до оптичної осі об'єктива мікроскопа. Тоді оператор візуально знаходить найтонше місце і визначає товщину за допомогою вбудованої шкали або з використанням пересувального стола мікроскопа.

У багатьох випадках швидко і неруйнівне вимірювання товщини здійснюють ультразвуковими приладами [7, 8]. Таке вимірювання є відносним. Тут вимірюється час від посилання акустичних імпульсів до отримання відбитого сигналу. Такі вимірювання є точковими. Крім цього, швидкість поширення хвилі залежить від багатьох факторів і зокрема від властивостей матеріалу деталі. Для кожного матеріалу прилад треба налаштувати на специфічну швидкість. Тому проблематичним є вимірювання товщини деталей, виготовлених із композитних матеріалів.

Для визначення дефектів у формованих деталях часто використовується опромінювання рентгеновським промінням [6, 9]. Цей метод відносного вимірювання дозволяє швидко виявляти розриви, розшарування і різні включення на невеликих ділянках деталей. Особливостями цього методу при вимірюванні товщини є те, що вимірювана деталь повинна бути зорієнтована відповідно до своєї кривизни між випромінювачем і чутливим елементом. Якщо у певній ділянці деталі, внаслідок великої кривизни, поверхня деталі розташована не перпендикулярно до напрямку просвічування, то проміння проходить додатковий шлях і результат такого вимірювання є спотвореним. Використання радіоактивного проміння є затратним і потребує додаткових заходів безпеки.

Саме таке обмеження у вигляді необхідності точного орієнтування деталі має місце при використанні лазерних точкових чи смужкових триангуляційних сенсорів [10]. Тому такий метод більше придатний для вимірювання товщини плоских деталей або, наприклад, для контролювання біжучої стрічки металу на виході неперервного процесу вальцювання. У цьому випадку стрічка металу проходить між двома розташованими один навпроти одного триангуляційними сенсорами, кожен з котрих вимірює відстань до поверхні листового металу. За відомої відстані між сенсорами вдається визначити товщину. Для вимірювання формованих деталей з певною кривизною цей метод потребує довгого і ретельного орієнтування і дозволяє тільки точкові вимірювання.

Слід відзначити, що визначення товщини листового металу за точками, координати котрих отримані в результаті двостороннього (передня і задня поверхні) дотикового зондування деталі, є точним тільки тоді, коли точки лежать одна навпроти іншої. Ця умова при зондуванні дотиковими багатокоординатними установками не може бути виконаною. Точки вимірювання у цьому випадку відповідають певному досить грубому растру (при цьому растри з обох боків деталі не співпадають і можуть різнитися). Тому необхідно інтерполювати між отриманими точками, що впливає на точність такого вимірювання. Зондування із більшою густиною і відповідно вужчим растром спричиняє додатково великі часові затрати. Швидко з великою просторовою роздільною здатністю вимірювання товщини листового металу у зонах з підвищеною кривизною, використовуючи дотикові багатокоординатні вимірювальні установи, є проблематичним.

Для аналізу процесів формування успішно застосовується площинний аналіз зміни форми міток растра (найчастіше кола) [11, 12], які перед формуванням за допомогою лазерного або електрохемічного маркування наносять на листовий метал. В процесі формування форми міток і відстані між ними повторюють зміни (розтяг/стиск) матеріалу. Більше спотворення свідчить про більший розтяг матеріалу. Аналізуючи зміни оптично вимірюваних міток визначають розтяг і за розтягом судять про зміну товщини матеріалу і розраховують діаграму границі формування. Товщину у цьому випадку визначають як похідну величину. Для того, щоб обчислити товщину необхідно точно знати товщину заготовки перед формуванням.

Необхідну для контролю деталей з листового металу велику густину точок вимірювання можна отримати, використовуючи систему смужкового проектування. Поступ у технології цифрових

сенсорів зображення сприяє розвитку цього швидкого, паралельного і безконтактного методу вимірювання. Цей метод знаходить чимраз ширше застосування [13], але наразі для контролювання деталі тільки з одного боку. Проте розпізнавання потоншань матеріалу потребує вимірювання і точного зведення до купи щонайменше двох видів і створення цілісної моделі ділянки деталі. Тому ще одна задача, яку потрібно вирішити для точного визначення перебігу товщини, – це зведення наборів даних.

Проводячи підсумок вищенаведеному, можна зробити висновок, що найбільш придатним рішенням, яке дозволить отримувати інформацію про розподіл товщини і про поверхню деталі із листового металу, є система смужкового проектування за тієї умови, що вона буде розширена з метою отримання знімків з обох боків деталі (можливим рішенням є інтегрування в систему оберտального стола). Основними задачами при використанні такої системи будуть розробка ефективних обчислювальних алгоритмів і правильна інтерпретація отриманих даних.

1. M. Muehleemann, "Standardizing Defect Detection for the Surface Inspection of Large Web Steel Mike", company publication, Illumination Technologies, Inc., 2000, www.illuminationtech.com/technical/whitepapers/surface_inspection.pdf. 2. J. Grotepass, A. Stuemke, H. Winterberg, T. Rose, "Optischer Nachweis der Oberflaechenqualitaet von Karosseriebauteilen", EFB-Kolloquium Optimierung von Produktionsablaufen in der Blechverarbeitung (Fellbach 18. - 19.03.2003), www.opaq-online.de/download/EFB2003.pdf. 3. F. Berg, Th. Wolf, "Formmesssystem zur Inspektion grossflaechiger Freiformteile", VDI-Berichte 1806 "Oberflaechenmesstechnik". VDI Verlag GmbH, Dusseldorf, 2003. 4. GOM mbH: Soll-/Ist- Vergleich

von Pressteilen und Werkzeugen mit ATOS, <http://www.gom.com/De/Anwendungen/Digital/pub/presparts.html>. 5. W. Beitz, K.-H. Grote, "Taschenbuch fuer den Maschinenbau", Springer, Heidelberg, 2001. 6. P. Profos, T. Pfeifer, "Handbuch der industriellen Messtechnik", Muenchen: Oldenbourg, 1992. 7. R. Rosenberg, "KFZ-Teile sicher pruefen", DGZFP-Jahrestagung 2003: Zerstoerungsfreie Pruefung in Anwendung, Entwicklung und Forschung (Mainz, 26.-28.05.2003), <http://www.ndt.net/article/dgzfp03/papers/v26/v26.htm>. 8. H. Ermert, O. Keitmann-Curdes, H. Meier, P. Knoll, "Entwicklung eines Sensorsystems zur In-Prozess Ermittlung der Werkstueckformaenderung fuer wirkmedienbasierte Fertigungsverfahren", 3. Kolloquium Wirkmedien-Blechumformung im Rahmen des DFG Schwerpunktprogramms 1098 „Wirkmedienbasierte Fertigungstechniken zur Blechumformung“, 2004, S.109-120. 9. K. Winkler, "Digitale Radiographie - Einsatzmoeglichkeiten und Erfahrungsberichte in der industriellen ZFP", DACH-Jahrestagung 2004: Zfp in Forschung, Entwicklung und Anwendung (Salzburg, 17.-19.05.2004), <http://www.dgzfp.de/tagungen/Jahrestagung/Salzburg/KuFa2004.pdf>. 10. M. Krauhausen, "Lasersensoren in der metallverarbeitenden Industrie", LTJ Oktober 2004 Nr. 2, S. 46-48, www.wiley-vch.de/berlin/journals/ljt/04-02/ljt_46_48.pdf. 11. Institut fur Umformtechnik an der Universitat Stuttgart: Automatisierte Formanderungsanalyse an Blechformteilen, <http://www.uni-stuttgart.de/ifu/Institut/mitarbeiter/ww/AFA.htm>. 12. GOM mbH: Formanderungsmessung an Formbauteilen, <http://www.gom.com/De/Produkte/argus.html>. 13. F. Bertagnolli, "Flexible automatisierte Oberflaechenvermessung mit einem optischen 3D-Messsensor auf einem Industrieroboter", VDI-Berichte 1806 "Oberflaechenmesstechnik", VDI Verlag GmbH, Dusseldorf, 2003.