

Système et procédé de contrôle de la qualité d'un objet

L'invention concerne un système et un procédé d'évaluation de la qualité d'un objet fabriqué notamment sur une chaîne de production à forte cadence.

Certains domaines industriels tels que l'aéronautique ou encore
5 l'aérospatiale, requièrent que chaque pièce composant une structure soit réalisée avec une très grande précision dans ses dimensions, sa forme ou encore son aspect de surface et de savoir si chacune de ces pièces respecte bien les tolérances de fabrication requises.

Il est en effet capital dans des domaines techniques tels que celui de
10 l'aéronautique de s'assurer de l'absence de défauts dans une pièce de sorte que ce défaut ne se propage pas suite aux sollicitations de service.

On connaît ainsi différentes méthodes permettant d'évaluer la qualité de fabrication d'une pièce ou d'un produit.

L'inspection manuelle des pièces ou produits issus d'une chaîne de
15 fabrication est rarement mise en œuvre dans des domaines industriels tels que l'aéronautique, car elle est trop consommatrice de temps et certains défauts restent par ailleurs difficilement repérables à l'œil nu de sorte qu'un contrôle manuel dépend principalement de l'expérience du contrôleur.

Ces interventions manuelles sont donc longues, coûteuses et
20 présentent une marge d'erreur incompatible avec les exigences toujours plus élevées des domaines industriels tels que l'aéronautique et le spatial.

On connaît également des méthodes de contrôle automatisé parmi lesquelles on citera notamment celle mettant en œuvre des dispositifs de

palpation pour déterminer les dimensions et la forme d'une pièce ou d'un produit fini.

Toutefois, ces dispositifs de palpation sont complexes, peu flexibles et mal adaptés à des pièces de petites dimensions.

5 De plus, le contrôle de ces petites pièces lorsqu'elles sont de forme complexe est très difficilement automatisable.

L'automatisation requiert également une programmation qui peut s'avérer lourde.

10 On connaît encore des méthodes d'évaluation de la qualité d'une pièce par ultrasons.

Toutefois, une petite dérive dans la géométrie de la pièce ou du produit, acceptable dans les critères qualité, peut conduire à des problèmes de positionnement rédhibitoires lorsqu'il s'agit de contrôler par ultrasons car le faisceau acoustique doit en permanence être perpendiculaire à la surface de
15 cette pièce ou de ce produit.

L'objectif de la présente invention est donc de proposer un système et un procédé pour l'évaluation automatique de la qualité d'un produit ou d'une pièce issus d'une chaîne de fabrication, simple dans leur conception et dans leur mode opératoire, rapide et permettant de regrouper l'ensemble des
20 opérations de contrôle et d'évaluation sur un seul poste pour gagner sur les coûts de main d'œuvre récurrents et sur les temps de cycle.

L'invention vise notamment un système d'évaluation automatique et flexible de la qualité d'un produit ou d'une pièce capable d'absorber de fortes cadences de fabrication tout en protégeant le ou les opérateurs présents sur
25 la chaîne de fabrication d'éventuelles fuites de lumière laser qui pourraient survenir par réflexion des faisceaux lasers sur la pièce ou le produit à inspecter, notamment lorsque ceux-ci ont des formes complexes.

Un autre objet de la présente invention est une installation de fabrication d'une pièce ou d'un produit ou encore d'un assemblage
30 comprenant un tel système de contrôle placé en bout de chaîne.

A cet effet, l'invention concerne un système de contrôle de la qualité d'un objet.

Selon l'invention, ce système de contrôle comprend:

- une enceinte de sécurité comportant un port d'entrée par lequel ledit objet à inspecter est introduit dans ladite enceinte et au moins un port de sortie, ladite enceinte ayant une zone d'inspection,

5 - un dispositif de transport pour acheminer ledit objet à inspecter dans ladite zone d'inspection et assurer son évacuation au travers dudit au moins un port de sortie,

 - un appareil de pesée pour peser ledit objet dans ladite zone d'inspection,

10 - un ensemble de mesure dimensionnelle sans contact de l'objet dans ladite zone d'inspection,

 - un ensemble d'analyse de la structure de l'objet dans ladite zone d'inspection par faisceaux lasers, respectivement et/ou par rayons X, et

15 - ladite enceinte de sécurité est réalisée dans un matériau opaque pour les longueurs d'onde desdits faisceaux lasers en fonctionnement, respectivement, pour les longueurs d'onde desdits faisceaux lasers en fonctionnement et lesdits rayons X, pour prévenir toute fuite de rayonnement.

20 Ce système de contrôle permet ainsi avantageusement de concentrer sur un seul poste l'ensemble des étapes d'évaluation de la qualité d'une pièce, d'un produit ou d'un assemblage. Elle assure également la protection du ou des opérateurs travaillant sur la chaîne de fabrication de fuites accidentelles de lumière laser et/ou de rayons X.

 Dans différents modes de réalisation particuliers de ce système d'évaluation, chacun ayant ses avantages particuliers et susceptibles de nombreuses combinaisons techniques possibles:

25 - ledit dispositif de transport comportant une bande de convoyage, ledit dispositif de pesée est placé sous cette bande,

30 - l'ensemble d'analyse de la structure de l'objet dans ladite zone d'inspection comprend une source de rayons X et un capteur, l'objet à inspecter étant placé dans ladite zone d'inspection entre ladite source de rayons X et ledit capteur,

 - ledit ensemble de mesure dimensionnelle sans contact de l'objet dans ladite zone d'inspection comprend un ensemble de mesure dimensionnelle par interférométrie laser et/ou un ensemble de mesure par projection d'un motif lumineux et détection par un système de stéréovision,

- le système comprend un détecteur de présence pour stopper ledit dispositif de transport lorsque l'objet à inspecter est placé dans ladite zone d'inspection,

5 - ledit appareil de pesée émettant un signal en réponse à la pesée dudit objet, ledit ensemble de mesure dimensionnelle sans contact de l'objet émettant un signal de mesure dimensionnelle de l'objet et ledit ensemble d'analyse de la structure de l'objet émettant un signal relatif à la mesure d'analyse structurelle dudit objet, le système comporte une unité centrale reliée à un support d'enregistrement comprenant au moins un fichier
10 d'informations préalablement enregistré sur ce support d'enregistrement pour définir les paramètres de référence dudit objet, ladite unité centrale recevant chacun desdits signaux pour les comparer auxdits paramètres de référence,

- le système comprend un dispositif de marquage dudit objet lorsque l'évaluation de sa qualité révèle un ou plusieurs défauts,

15 - le système comprend de plus un ensemble de contrôle de l'aspect de surface de l'objet et/ou un dispositif de tomographie par cohérence optique (OCT – "Optical coherent Tomography").

Ce dernier dispositif permet par exemple de contrôler les flashs de résine dans les rayons des pièces courbes pliées.

20 L'invention concerne également une installation pour la production d'un objet, cette installation étant équipée d'un système de contrôle de la qualité de cet objet tel que décrit précédemment.

L'invention concerne encore un procédé d'évaluation de la qualité d'un objet dans lequel on positionne ledit objet dans une zone d'inspection puis on
25 réalise au moins la première des étapes suivantes sur cet objet placé dans cette zone d'inspection:

- a) on pèse ledit objet,
- b) on réalise une mesure dimensionnelle sans contact dudit objet,
- c) on réalise une analyse structurelle dudit objet, et

30 - à l'issue de chacune de ces étapes, on compare le résultat obtenu avec une ou plusieurs mesures de référence, si elles correspondent aux incertitudes de mesure près, on passe à l'étape suivante, si elles sont distinctes, on met l'objet au rebut.

Avantageusement, on contrôle en plus l'aspect de surface de cet objet.

De préférence, à l'étape d'analyse structurelle dudit objet, on envoie un premier faisceau laser sur ledit objet pour générer des ondes ultrasonores dans ledit objet à inspecter, on illumine ledit objet avec un second faisceau laser de sorte qu'une partie de ce deuxième faisceau soit réfléchiée par ledit objet et on mesure par interférométrie cette partie du deuxième faisceau réfléchiée, l'ensemble de ces faisceaux laser passant par une même tête de lecture optique.

L'invention sera décrite plus en détail en référence aux dessins annexés dans lesquels:

- la figure 1 représente schématiquement de profil un système de contrôle de la qualité d'un objet selon un mode de réalisation particulier de l'invention;

- la figure 2 est une vue partielle et élargie du dispositif de transport de la Figure 1;

Les Figures 1 et 2 montrent schématiquement un système de contrôle de la qualité d'un objet selon un mode de réalisation préféré de l'invention.

Ce système de contrôle est placé en bout de ligne de production de produits 1, les produits étant acheminés vers le système par un dispositif de convoyage 2 qui est ici un tapis roulant. Les produits 1 à inspecter sont déposés sur ce tapis roulant sans positionnement très précis.

Chaque produit 1 pénètre dans une enceinte 3 de sécurité par un port d'entrée 4 de cette enceinte, arrive dans une zone d'inspection 5 de cette enceinte où il est détecté par un détecteur de présence (non représenté) qui stoppe alors le dispositif de convoyage 2 pour permettre l'évaluation de sa qualité.

Le produit 1 à inspecter qui se trouve dans la zone d'inspection 5, est prêt à être évalué séquentiellement par un arrangement de dispositifs de mesure et de contrôle.

A l'issue de cette évaluation de la qualité du produit 1 et si ce dernier est trouvé conforme aux tolérances de fabrication tant en terme de dimensions que de qualité de surface et de forme, le dispositif de convoyage 2 redémarre et l'évacue par un port de sortie 6.

S'il est analysé comme étant non conforme, le produit défectueux est marqué par un dispositif de marquage (non représenté) préalablement à son

évacuation par le port de sortie 6. A titre illustratif, le marquage du produit 1 présentant un ou plusieurs défauts peut se faire par projection d'une peinture à sa surface.

5 Dans une première étape d'évaluation de la qualité du produit 1 issu de la ligne de production, le produit 1 à inspecter est pesé par un appareil de pesée 7. L'appareil de pesée 7 est ici une balance placée sous le tapis roulant 2.

10 Cette pesée du produit 1 peut permettre un pré-tri des produits 1 en cas de défaut. Une surcharge du produit 1 par rapport à un poids de référence pourra signifier la présence de corps étranger. A l'inverse, une sous-charge du produit 1 par rapport à ce poids de référence pourra signifier une présence de bulles d'air et/ou une porosité excessive de ce dernier.

15 Afin de procéder à cette comparaison, l'appareil de pesée 7 fournit un signal électrique en réponse à la pesée du produit 1, ce signal électrique représentatif du poids du produit 1 ainsi déterminé, étant envoyé à une unité centrale (non représentée) reliée à un support d'enregistrement (non représenté) comprenant au moins un fichier de données ou une bibliothèque de fichiers de données préalablement enregistrés sur ce support d'enregistrement pour définir les paramètres de référence du produit 1 à inspecter.

20 Cette unité centrale comporte ici un micro processeur configuré pour réaliser la comparaison entre les signaux de mesure reçus des différents dispositifs d'évaluation du système et les paramètres de référence.

25 Si le poids mesuré est égal au poids de référence aux incertitudes de mesure près, on détermine alors les mesures tridimensionnelles de ce produit 1 grâce à un ensemble de mesure dimensionnelle sans contact du produit 1 placé dans la zone d'inspection 5.

30 Cet ensemble de mesure dimensionnelle sans contact comprend ici un ensemble de mesure par projection d'un motif lumineux tel qu'une bande ou une croix à la surface du produit 1 et la détection de ce motif lumineux par un système de stéréovision comportant au moins deux caméras 8, 9 prenant simultanément des prises de vue du motif lumineux projeté à la surface du produit 1. Ces caméras 8, 9 sont par exemple à matrice CCD.

35 Cette méthode de mesure dimensionnelle étant connue de l'état de l'art, elle ne sera pas décrite en détails ci-après. On rappellera simplement

que la stéréovision permet de déterminer la position spatiale de points à partir des coordonnées de leurs images dans deux vues différentes afin de réaliser des mesures tridimensionnelles du produit 1.

Chacune de ces caméras 8, 9 envoie un signal représentatif de la mesure acquise par la caméra correspondante à l'unité centrale qui détermine à partir de ces signaux les dimensions du produit 1. Ces dimensions sont ensuite comparées aux dimensions de référence du produit 1 stockées sur le support d'enregistrement.

Si les dimensions ainsi déterminées du produit 1 correspondent aux dimensions de référence aux incertitudes de mesure près, on analyse alors la structure du produit 1 présent dans la zone d'inspection 5.

Pour cela, on met en œuvre un ensemble d'analyse de la structure de l'objet dans ladite zone d'inspection comprenant :

- une première source laser 10 destinée à générer un premier faisceau laser pour créer des ondes ultrasonores dans le produit 1,
- une deuxième source laser 11 destinée à générer un deuxième faisceau laser pour illuminer le produit 1 à inspecter,
- un interféromètre 12 pour mesurer une partie du deuxième faisceau réfléchi par le produit 1 placé dans la zone d'inspection 5, cet interféromètre 12 étant apte à générer un signal électrique représentatif de cette mesure, lequel est envoyé vers l'unité centrale pour comparaison avec un paramètre de référence.

Ces première et deuxième sources laser 10, 11 ainsi que l'interféromètre 12 sont couplées optiquement à une tête de mesure 13 placée dans l'enceinte 3, cette tête de mesure 13 comportant un scanner optique permettant de balayer la surface du produit 1 à inspecter. Ce scanner optique comprend ici deux miroirs montés sur galvanomètre.

La première source laser 10 qui est ici un laser au dioxyde de carbone (CO_2), génère un premier faisceau laser de longueur d'onde $10,6 \mu\text{m}$ ayant une énergie de l'ordre de 200 mJ. Ce premier faisceau est reçu par le scanner optique de la tête de mesure 13 qui le dirige vers le produit 1 placé dans la zone d'inspection 5 de manière à autoriser le scan de ce produit 1. Ce premier faisceau laser génère des ondes ultrasonores dans le produit 1 à inspecter.

Le deuxième faisceau émis par la deuxième source laser 11 couplée optiquement à la même tête de mesure optique 13, est également envoyé par

cette tête de mesure 13 vers le produit 1 à inspecter. Une partie de ce deuxième faisceau est alors réfléchi par le produit 1 en étant déphasée par les ondes ultrasonores générées par le premier faisceau dans ce produit 1.

5 Le faisceau laser réfléchi est alors reçu par l'interféromètre 12 apte à générer un signal électrique représentatif de cette partie de faisceau réfléchi ainsi mesurée. Ce signal électrique est envoyé vers l'unité centrale pour traitement en vue de sa comparaison avec un ou plusieurs paramètres de référence du produit 1.

10 Si le produit 1 s'avère conforme, le tapis roulant 2 avance pour évacuer ce produit 1 et placer dans la zone d'inspection 5, un nouveau produit 1 à inspecter.

Alternativement, le scanner optique peut comporter un seul miroir de balayage suivant un axe perpendiculaire à l'axe longitudinal du tapis roulant 2. Le tapis roulant est alors utilisé comme second axe de balayage de manière à autoriser le scan de chaque produit 1.

15 Le deuxième faisceau laser est émis ici par un laser solide pompé par diode, tel qu'un laser Nd :YAG émettant un faisceau laser de longueur d'onde $\lambda = 1064$ nm et d'une puissance typiquement de 150W. L'interféromètre 12 est ici un interféromètre de Fabry-Perot et/ou un interféromètre de mélange à deux ondes (TWM – "Two-wave mixing interferometer").

20 L'enceinte de sécurité 3 est réalisée dans un matériau opaque pour les longueurs d'onde des faisceaux lasers en fonctionnement pour prévenir toute fuite de lumière laser susceptible de nuire à la santé des opérateurs en activité sur la ligne de production.

25

REVENDICATIONS

1. Système de contrôle de la qualité d'un objet, caractérisé en ce qu'il comprend

- 5 - une enceinte de sécurité (3) comportant un port d'entrée par lequel ledit objet à inspecter est introduit dans ladite enceinte et au moins un port de sortie, ladite enceinte ayant une zone d'inspection (5),
 - un dispositif de transport pour acheminer ledit objet à inspecter dans ladite zone d'inspection (5) et assurer son évacuation au travers dudit au
 - 10 moins un port de sortie,
 - un appareil de pesée (7) pour peser ledit objet dans ladite zone d'inspection (5),
 - un ensemble de mesure dimensionnelle sans contact de l'objet dans ladite zone d'inspection (5), comprenant un ensemble de mesure
 - 15 dimensionnelle par interférométrie laser et/ou un ensemble de mesure par projection d'un motif lumineux et détection par un système de stéréovision (8, 9),
 - un ensemble d'analyse de la structure de l'objet dans ladite zone d'inspection (5) par faisceaux lasers, respectivement et/ou par rayons X, et en
 - 20 ce que
 - ladite enceinte de sécurité (3) est réalisée dans un matériau opaque pour les longueurs d'onde desdits faisceaux lasers en fonctionnement, respectivement, pour les longueurs d'onde desdits faisceaux lasers en fonctionnement et lesdits rayons X, pour prévenir toute fuite de rayonnement.
- 25 2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit ensemble d'analyse de la structure de l'objet dans ladite zone d'inspection (5) comprend:
 - une première source laser (10) destinée à générer un premier faisceau laser pour créer des ondes ultrasonores dans ledit objet à inspecter,
 - 30 - une deuxième source laser (11) destinée à générer un deuxième faisceau laser pour illuminer ledit objet à inspecter,
 - un interféromètre (12) pour mesurer une partie du deuxième faisceau réfléchi par ledit objet à inspecter, ledit interféromètre (12) étant apte à générer un signal électrique relatif à cette mesure,

- lesdites sources laser (10, 11) et ledit interféromètre (12) étant couplées optiquement à une tête de mesure optique (13) placée dans ladite enceinte (3), ladite tête de mesure (13) comportant un scanner optique.

5 3. Système selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit ensemble d'analyse de la structure de l'objet dans ladite zone d'inspection (5) comprend une source de rayons X et un capteur, l'objet à inspecter positionné dans ladite zone d'inspection (5) étant placé entre ladite source de rayons X et ledit capteur.

10 4. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend un détecteur de présence pour stopper ledit dispositif de transport lorsque l'objet à inspecter est placé dans ladite zone d'inspection (5)

15 5. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit appareil de pesée (7) émettant un signal en réponse à la pesée dudit objet, ledit ensemble de mesure dimensionnelle sans contact de l'objet émettant un signal de mesure dimensionnelle de l'objet et ledit ensemble d'analyse de la structure de l'objet émettant un signal relatif à la mesure d'analyse structurelle dudit objet, le système comporte une unité centrale reliée à un support d'enregistrement comprenant au moins un fichier
20 d'informations préalablement enregistré sur ce support d'enregistrement pour définir les paramètres de référence dudit objet, ladite unité centrale recevant chacun desdits signaux pour les comparer auxdits paramètres de référence.

25 6. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de marquage dudit objet lorsque l'évaluation de sa qualité révèle un ou plusieurs défauts.

7. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend de plus un ensemble de contrôle de l'aspect de surface de l'objet et/ou un dispositif de tomographie par cohérence optique.

30 8. Installation pour la production d'un objet équipée d'un système de contrôle de la qualité dudit objet selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

9. Procédé d'évaluation de la qualité d'un objet dans lequel on positionne ledit objet dans une zone d'inspection (5) puis on réalise au moins

la première desdites étapes suivantes sur cet objet placé dans cette zone d'inspection (5):

- a) on pèse ledit objet,
 - b) on réalise une mesure dimensionnelle sans contact dudit objet dans
5 ladite zone d'inspection (5) avec un ensemble de mesure dimensionnelle sans contact comprenant un ensemble de mesure dimensionnelle par interférométrie laser et/ou un ensemble de mesure par projection d'un motif lumineux et détection par un système de stéréovision (8, 9),
 - c) on réalise une analyse structurelle dudit objet, et en ce que
10 - à l'issue de chacune de ces étapes, on compare le résultat obtenu avec une ou plusieurs mesures de référence, si elles correspondent aux incertitudes de mesure près, on passe à l'étape suivante, si elles sont distinctes, on met l'objet au rebus.
10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'on contrôle
15 en plus l'aspect de surface de cet objet.
11. Procédé selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce qu'à l'étape d'analyse structurelle dudit objet, on envoie un premier faisceau laser sur ledit objet pour générer des ondes ultrasonores dans ledit objet à inspecter, on illumine ledit objet avec un second faisceau laser de sorte
20 qu'une partie de ce deuxième faisceau soit réfléchiée par ledit objet et on mesure par interférométrie cette partie du deuxième faisceau réfléchiée, l'ensemble de ces faisceaux laser passant par une même tête de lecture optique.