ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1992
Seria: INFORMATYKA z. 21 Nr kol. 1191

Ludovic MACAIRE et Jack-Gèrard POSTAIRE
Université des Sciences et Techniques de Lille Flandres Artois

Un systeme d'inspection visuel multi–poste de tôle galvanisée et peinte

Rèsumé. Nous proposons dans cet article une autre approche pour l'inspection automatique de la production de tôle galvanisée et peinte. Ce système est destiné à la détection et à la classification des défauts en temps réel. L'inspection est répartie à chaque stade du process en sous–systèmes d'inspection. Chaque sous–système détecte des défauts spécifiques à l'outil en amont du poste d'inspection. Les conditions difficiles de l'inspection nous ont conduit à utiliser une architecture hardware standard pour supporter les différentes tâches logicielles de sous–système d'inspection.

WIELOSTANOWISKOWY SYSTEM WIZYJNEJ INSPEKCJI BLACHY GALWANIZOWANEJ I MALOWANEJ

Streszczenie. Artykuł przedstawia nowe podejście do automatycznej inspekcji blachy galwanizowanej i malowanej. Celem systemu jest wykrywanie i klasyfikacja wad, dokonywana w czasie rzeczywistym. Inspekcję blachy realizują podsystemy umieszczone na poszczególnych odcinkach linii produkcyjnej. Każdy podsystem wykrywa wady charakterystyczne dla narzędzia, za którym dokonuje inspekcji. Trudne warunki inspekcji skłoniły nas do zastosowania standardowej architektury sprzętowej do realizacji poszczególnych zadań podsystemów.

A MULTI-STAND VISUAL INSPECTION SYSTEM FOR GALVANIZED AND PAINTED SHEET METAL

Summary. The article proposes a different approach to automatic inspection of galvanized and painted sheet metal. The purpose of the system is to detect and classify faults in real time. The inspection is done by subsystems placed at each stage of the technological process. Each subsystem detects faults characteristic of the tool preceding it on the production line. Difficult conditions of the inspection led us to use a standard hardware architecture to support the various processing tasks of the subsystems.

1. Introduction

Cet article décrit un systeme d'inspection destiné à la détection et à la classification automatique des défauts d'aspect apparaissant dans la production en continu de tôle galvanisée et peinte. Ce système a été conçu pour répondre aux contraintes suivantes:

— le système doit analyser l'image de la surface de la tôle pour y détecter les défauts d'aspect, afin de pouvoir, le cas échéant, alerter l'opérateur le plus tôt possible de tout dysfonctionnement.

— le système d'inspection doit objectivement évaluer la gravité de chaque défaut détecté, en analysant ses caractéristiques géométriques. Chaque défaut est ainsi classé dans une catégorie prédéfinc, ce qui permet de dresser une cartographie de la production.

Le système proposé est destiné à se substituer à la procédure actuelle de contrôle de la qualité d'aspect de la tôle qui est assuré par deux services:

— les opérateurs de la ligne qui inspectent visuellement la tôle en défilement tout en conduisant le process. Ce contrôle est donc réalisé de façon intermittente et non exhaustive. De plus, pour des raisons de fatigue, cette première inspection humaine ne peut pas être assurée avec une attention constante.

— le service du contrôle qualité qui échantillonne l'inspection en prenant de la bobine plusieurs morceaux d'un mètre de long environ. Ce contrôle par sondage ne peut fournir qu'une inspection approximative de la qualité des bobines. Il constitue cependant la procédure de décision pour le déclassement de la bobine.

2. Description de la ligne de galvanisation et de peinture

A l'entrée de la ligne de production est déroulée une bobine de tôle écrouie, précédemment décapée (afin d'en extraire toutes les impuretés dues au laminage à chaud) et laminée à froid (pour mettre la bande à l'épaisseur et largeur désirées). La bande de la tôle est élevée en trois étapes afin de la préparer pour la galvanisation. Puis la tôle est plongée dans un bain de zinc sous atmosphère contrôlée. Ainsi, la tôle ècrouie est recouverte d'une couche de zinc qui forme une protection contre l'oxydation. A ce stade du procédé, l'aspect de surface est fortement texturé par des fleurs de galvanisation bien contrastées. Ces fleurs peuvent être éliminées à la demande du client graâce à l'action chimique d'une solution de phosphate projetée sur toute la surface de la bande, ce qiu lui donne un aspect uniforme. Cette opération s'appelle "le minimiser". Après une opération de skin-passage (laminage à froid de la tôle), les deux faces sont peintes simultanément au moyen de rouleaux applicateurs. La peinture est séchée dans un four à induction. Enfin, cette tôle galvanisée puis peinte est alors enroulée pour être envoyée vers une ligne de parachèvement sous forme de bobines.

3. La Strategie d'inspection

Il existe déjà une solution pour inspecter une tôle peinte qui consiste à contrôler l'aspect de la tôle juste avant la fin de la ligne. Malheureusement un tel concept ne peut pas donner de résultats satisfaisants. En effet un défaut déclassé crée à un stade précis du procédé peut être caché par les traitements suivants. Par exemple, un grain à la surface de la bande, qui a été créé par des impuretés flottant à la surface du bain de zinc, peut être masqué s'il est recouvert d'une peinture foncée. De plus, il va s'écouler un temps trés lomg entre la détection du défaut à la fin de la ligne et l'alerte donnée à l'opérateur. On en conclue alors qu'une grande partie de la bobine sera déclassée par la présence du défaut avant que l'opérateur ne puisse réagir.

Ces faits nous ont amenés à proposer de contrôler la tôle immédiatement à la sortie de chaque partie du process, au lieu de contrôler l'aspect de la production en fin de ligne. Le système est donc divisé en quatre sous-systèmes d'inspection, chacun placé à la fin d'une phase du process et inspectant les deux faces de la tôle. Un sous-système a pour tâche de détecter en temps réel uniquement les défauts qui sont créés en amont du poste d'inspection. La répartition sur la ligne des sous-systèmes est la suivante: en entrée de la ligne, après galvanisation, avant le laquage et en sortie de la ligne (Cf fig 1).

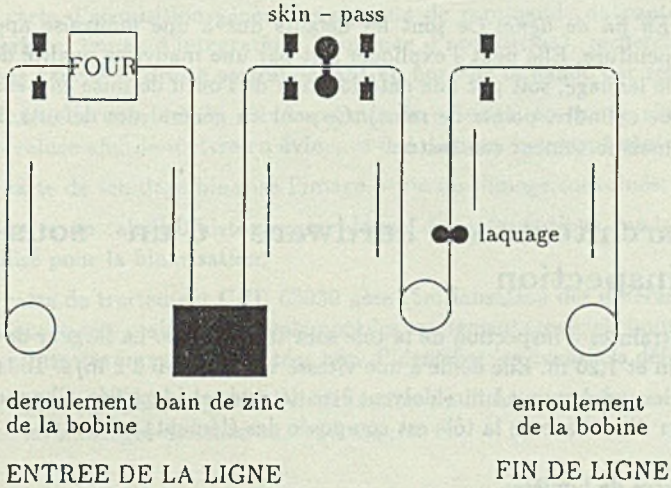

Fig. 1. Implantation des sous - systemes sur le process
Fig. 1. Placement of subsystems on process line

4. Description des defauts

Les caractéristiques des défauts créés sur la ligne peuvent être regroupées en quatre groupes, correspondant aux quatres postes d'inspection:

— *Entrée de la ligne:* Il s'agit de défauts provenant du laminage à chaud (pailles, marques), d'un mauvais décapage (calamine incrustée dans la tôle) ou du laminage à froid (marques de cylindre)

— *Après la galvanisation:* Ce sont les défauts créés dans le four, dans la cuve à zinc ou lors du minimiser. Ces défauts peuvent se situer sur le bord de la bande (dents de scie, défauts de rive) ou sur le reste de la surface. On peut classer ces défauts en quatre familles:

— Les défauts locaux: défauts de petite taille, bien contrastés, qui apparaissent généralement en grand nombre et regroupés (grains, tâches noires)

— les défauts globaux: défauts de grande taille, sans forme géométrique précise (grandes tâches, défaut du "minimiser");

— les défauts de texture: ils correspondent à des variations de la taille des fleurs de zinc sur la largeur de la bande;

— les griffes: marques continues parallèles au sens de défilement de la bande.

— *Avant la peinture:* Il s'agit des défauts créés par le skin-pass (laminage à froid), à savoir des marques de cylindre, des griffes ou des cassures de métal dues au mauvais réglage de la pression des rouleaux de laminage.

— *En fin de ligne:* Ce sont les défauts dus à une mauvaise application de la peinture. Elle peut s'expliquer soit par une mauvaise qualité de la tôle avant le laquage, soit par une détérioration de l'outil de mise en peinture (marques de cylindre, points de refus). Ce sont en général des défauts de petite taille, mais fortement contrastés.

5. L'architecture hardware d'un sous-systeme d'inspection

Les contraintes d'inspection de la tôle sont très sévères. La largeur de la bande varie entre 0,80 m et 1,20 m. Elle défile à une vitesse variant de 0 à 2 m/s. Tous les défauts de taille supérieure à 1 mm x 1 mm doivent être détectés et identifiés. Chaque sous-système d'inspection d'une face de la tôle est composée des éléments suivants:

- la source de lumière:
  Une source de lumière specifique éclaire toute la largeur de la bande. L'éclairage est créé par un tube fluorescent alimenté en haute fréquence pour obtenir une répartition et une intensité constante du flux lumineux.

- la caméra linéaire:
  Une caméra linéaire de haute résolution (2048 pixels) et de fréquence d'acquisition élevée (16 Mhz maximum) permet d'acquérir une image ligne permettant de mettre en évidence les défauts de taille minimale exigée. La caméra muni d'un objectif de 35 mm est placée à 2 m de la tôle afin d'obtenir une image de toute la largeur de bande en minimisant les distorsions sur les bords de l'image. L'angle de visée entre la

caméra et la bande est égal à 45°. La caméra vise le "reflet" de lumière sur la bande afin de faire apparaître les défauts d'aspect avec un meilleur contraste. Le capteur d'images de type linéaire scrute une ligne transversale de la bande qui correspond à l'axe de l'image de la source lumineuse réfléchie par la bande. Cette réflexion est très importante car la tôle galvanisée possède un fort pouvoir de réflexion. Lorsqu'un défaut traverse la ligne d'analyse du capteur d'image, il introduit une perturbation locale de la géomértie de la surface et par voie de conséquence une variation de l'angle de réflexion. Ainsi l'énergie lumineuse reçue par le capteur varie lors du passage d'un défaut, ce qui se traduit par une zone contrastée sur l'image. L'angle de visée permet d'amplifier ce contraste et donc de simplifier les traitements pour la détection des défauts.

- le système de traitement:
  Une machine de traitement orienté temps réel permet d'analyser les images. Elle est bâtie autour d'une architecture VME composée d'une CPU 68030, d'un système de vision à architecture pipe–line, le tout sous environnement OS–9 (système d'exploitation temps réel multi–tâche). L'ensemble fonctionne en temps réel et supporte un flot de données image à 16 Mhz qui transite entre les cartes via un bus vidéo. Le sous–système est composé de cartes dont les fonctions sont les suivantes:

  — la carte d'acquisition génère les signaux de commande du capteur d'images (horloge, temps d'integration, fréquence d'acquisition), recherche les transitions gauche et droite correspondant au bord de la bande par seuillage;

  — la carte de convolution câblée permet de calculer, en temps réel, une image convoluée afin de mettre en évidence des défauts fortement contrastés;

  — la carte de seuillage binarise l'image brute ou l'image convoluée;

  — la carte de calcul d'histogramme donne des informations sur la valeur seuil utilisé pour la binarisation;

  — la carte de traitement CPU 68030 gère l'initialisation des différentes cartes et du bus vidéo, mais assure également les traitements logiciels pour analyser les résultats des images prétraitées afin d'identifier les éventuels défauts;

  — une carte graphique gère la visualisation de l'image acquise ou traitée, ainsi que les messages destinés aux opérateurs.

6. Le systeme software

Le besoin de réaliser l'inspection sur la ligne en temps réel et de reconnaître un éventail important de défauts comme une texture non homogène, des craquements, des marques de cylindre, des grains ou des griffes, etc..., nous a conduit à développer, pour chaque sous–système, une architecture standard supportant les différents traitements. Puisque le contrôle est assuré en temps réel, l'inspection est divisée en plusieurs tâches qui travaillent en parallèle.

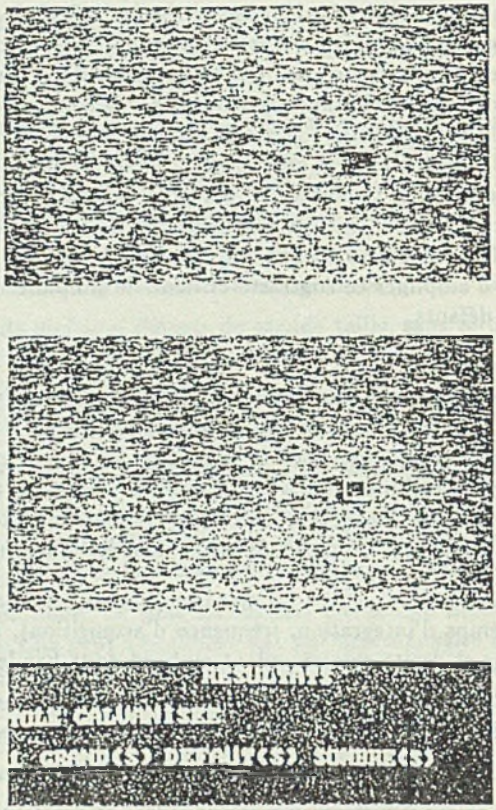

Fig. 2. Détection et reconnaissance d'une tâche noire
Fig. 2. Black spot detection and recognition

Le fait que chaque tâche détecte une famille de défauts facilite l'identification des défauts:

- un seuillage adaptatif est pour segmenter l'image brute afin de retrouver les défauts de taille importante (les taches par exemple). Le seuil doit être régulièrement calculé à partir de l'histogramme de l'image brute.
- un filtre linéaire est utilisé pour détecter les défauts locaux de petite taille mais fortement contrastés. Il peut aussi être utilisé pour détecter les griffes.
- l'uniformité de texture est mesurée par l'estimation de la densité locale de points qiu présentent une variation importante de niveaux de gris dans leur voisinage.

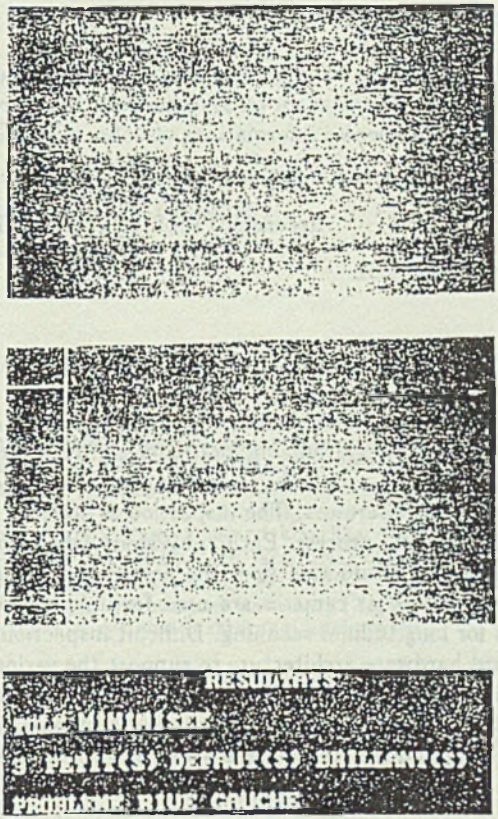

Fig. 3. Détection et reconnaissance d'une surcharge en rive et de points brillants
Fig. 3. Detection and recognition of edge overload and shining points

La classification des défauts dans les groupes prédéfinis nécessite de disposer des informations sur leur géométrie. Une tâche logicielle spécifique calcule les caractéristiques chaque défaut à savoir, sa surface, sa localisation, sa compacité et son niveau de gris moyen. Cette procédure met à jour les caractéristiques géométriques au fur et à mesure de l'acquisition et du traitement des images lignes.

Les figures ci-dessous illustrent deux exemples de détection et de reconnaissance de défauts. La figure 2.a représente l'image brute d'une tôle galvanisée sur laquelle se trouve une tâche noire due à des impuretés provenant du four. Malgré l'aspect brillant de la tôle et la grande vitesse de défilement de la bande, cette tâche noire est correctement détectée (cf fig 2.b). Enfin la figure 2.c indique le message destiné à l'opérateur. La figure 3 illustre le cas d'une tôle avec une surcharge de zinc en rive et des points brillants. La figure 3.c montre le message résultant de la détection et de la reconnaissance de ces deux types de défaut.

7. Conclusion

Le sous-système d'inspection est en cours d'évaluation sur une ligne de galvanisation. Dans le futur, il serait possible d'utiliser un tel système pour le contrôle de la qualité de la ligne. La stratégie serait d'utiliser les informations visuelles analysées pour contôler les paramètres de la fabrication.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Czachórski

Wpłynęło do Redakcji dnia 31.08.92

Abstract

The article describes a system which detects and classifies faults appearing on sheet metal in the process of continuous galvanizing and painting. The purpose of the system is to detect and classify faults in real time. It is intended to replace visual inspection currently performed by human operators. The inspection is done by subsystems placed at each stage of the technological process. Each subsystem detects faults characteristic of the tool preceding it on the production line (the first subsystem detecting faults on the surface of raw material). Linear cameras are used for image acquisition, relying on the motion of the sheet for longitudinal scanning. Difficult inspection conditions led the authors to use a standard hardware architecture to support the various processing tasks of the subsystems. This architecture was built around a 68030 processor, using the VME standard and the OS-9 multi-tasking real-time operating system. Operations like sheet edge detection, thresholding and convolution are wired into specialized circuitry.