

Etude de l'erreur de positionnement de l'outil dans le procédé de soudage FSW robotisé

F. DARDOURI, G. ABBA

LCFC, ENSAM, France + fawzia.dardouri@ensam.eu

LCFC, ENIM, France + abba@enim.fr

Résumé :

Le soudage par friction-malaxage (Friction Stir Welding FSW) est un procédé de soudage qui permet d'assembler deux pièces sans fusion de matière. Généralement, ce procédé est réalisé par des machines FSW rigides et spécialement développées qui offrent d'excellentes caractéristiques, mais qui nécessitent des investissements importants. Pour cette raison, cette étude porte sur la robotisation du procédé par l'utilisation de manipulateur industriel capable de manipuler de fortes charges.

Le procédé FSW nécessite des forces d'appui très importantes, qui peuvent aller jusqu'à 10kN. Lors du soudage, l'application de ces efforts engendre une déformation du robot liée au manque de rigidité. Cette déformation provoque des erreurs entre la position désirée et la position réelle de l'outil. L'objectif de ce travail est de trouver des solutions pour minimiser l'erreur par des dispositifs d'assistance mécanique liés au robot.

Abstract:

The friction stir welding is a welding method which allows assembling two parts by friction. Usually this process is performed by specially developed machines, that offer excellent welds but they require very large investments, and its applications are limited to simple geometries, so the goal of this work is to perform welding using industrial robot manipulators. FSW requires very high forces, which can go up to 10kN. During welding, the application of these forces leads to a deformation of the robot. This deformation causes errors between the desired position and the actual position of the tool. In this study, we will try to find a solution to improve this error.

Mots clefs : Robot, Friction Stir Welding (FSW), Le système d'équilibrage, Gravité, Masse, Force, Erreur de déviation.

1 Introduction

Le but de ce travail est de réduire les efforts transmis par la chaîne cinématique du robot, diminuer les déformations et faciliter ainsi le positionnement précis de l'outil. Deux solutions ont été étudiées : la première consiste à modifier le système d'équilibrage du robot fig1(a) (commande hydraulique du vérin de compensation) et la deuxième consiste à ajouter une masse sur l'organe terminal fig1(b).

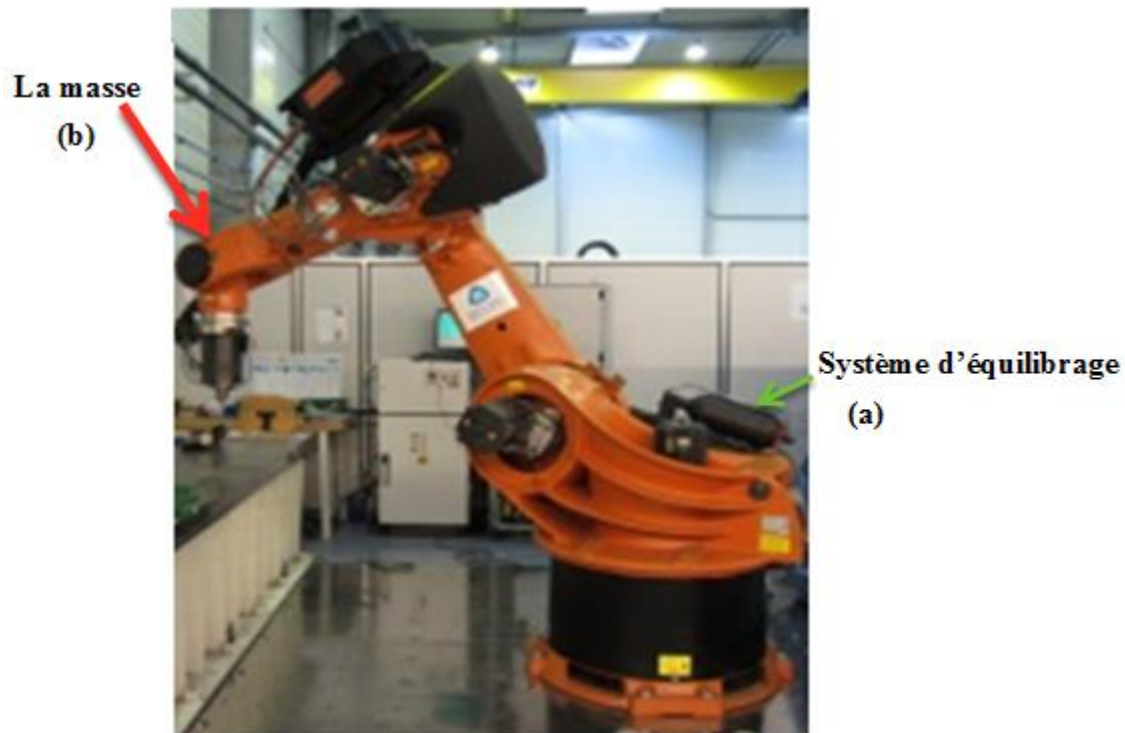


Fig1 : Robot Kuka KR500-2MT de l'Institut de Soudure de Goin

2 L'erreur de positionnement de l'outil dans l'espace cartésien

La flexibilité dans les manipulateurs industriels limite souvent leur utilisation pour les opérations de haute qualité de soudage en raison des erreurs de déformations produites par les efforts d'interactions pièces-outil.

Ce travail présente une approche pour améliorer la performance du robot en minimisant les erreurs de déviation latérale en position fig2(A) et fig3(A) et l'orientation de l'effecteur terminal fig2(B) et fig3(B) pendant le soudage par FSW. Nous avons calculé les erreurs de déformation théoriques dans l'espace cartésien x, y, z en utilisant un modèle de raideur et le modèle dynamique du manipulateur, ainsi que le modèle cinématique du robot. Les estimations de ces erreurs sont réalisées avec charge et en choisissant plusieurs configurations du robot dans l'espace opérationnel défini dans le plan (x, z) . La broche est solidaire du dernier axe du robot qui est placé perpendiculaire au plan du travail horizontal pendant l'opération de soudage FSW.

3 Influence du compensateur de gravité sur l'erreur

Dans notre étude, on travaille avec un robot industriel Kuka KR500. Ce manipulateur possède un système d'équilibrage pour compenser l'action de la gravité sur l'axe 2. Dans certaines configurations du robot, les masses des axes 2 à 6 pourraient contribuer à fournir l'effort de soudage. Ainsi les couples fournis par le moteur de l'axe 2 est réduit ce qui contribue à diminuer la déformation du robot. L'idée est donc de commander le compensateur par un système hydraulique. La figure ci-dessous donne l'erreur ainsi obtenue avec charge, pour plusieurs configurations, sans compensateur Fig2(b) et avec compensateur Fig2 (a).

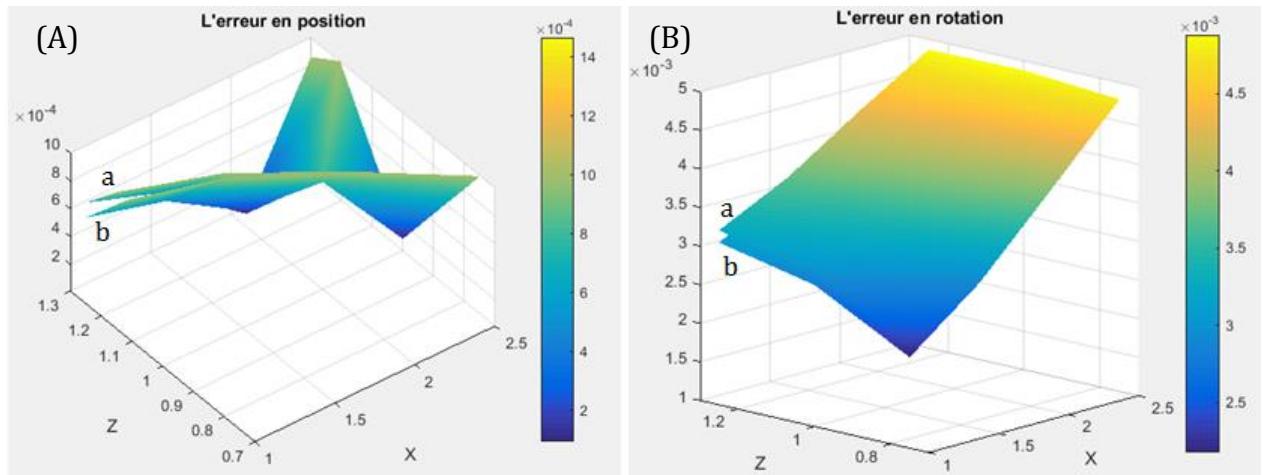


Fig2 : Influence du compensateur de gravité sur l'erreur

4. Dispositif d'assistance au robot par masse additionnelle

L'étude porte sur un dispositif d'assistance au robot installé directement sur le poignet et consiste en l'ajout d'une masse M à l'organe terminal. La figure ci-dessous donne l'erreur ainsi obtenue pour plusieurs configurations pour une masse de 400 Kg Fig3(b).

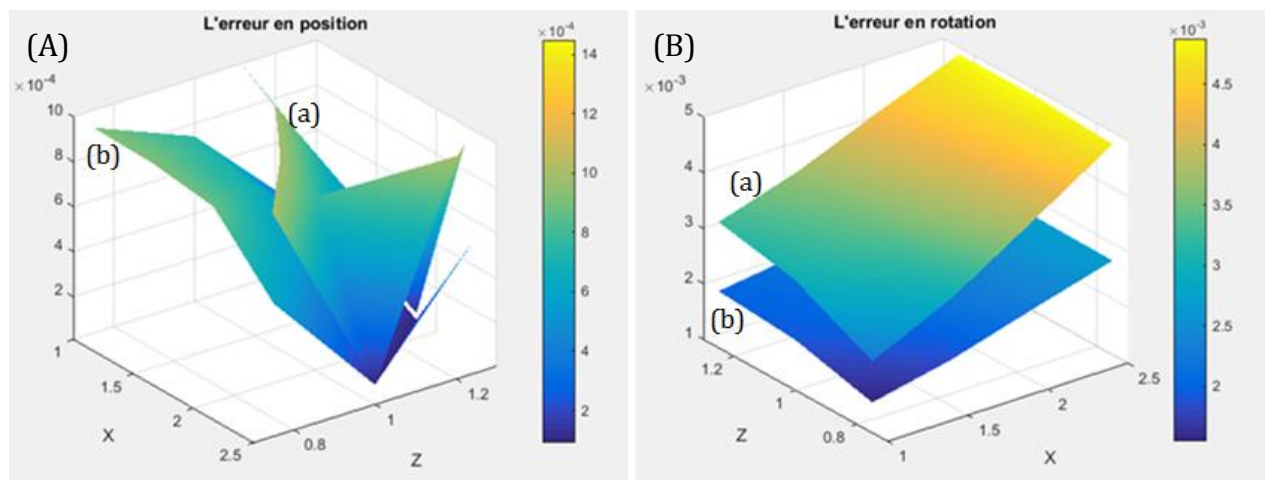


Fig3 : Influence de la masse sur l'erreur

5. Analyse des résultats

Ce travail se concentre sur un robot industriel Kuka KR500-2MT pour la réalisation du soudage FSW. Les erreurs d'orientations et de position de l'effecteur d'extrémité ont été estimées avec une force de 10KN pour différentes configurations du robot. En utilisant Matlab nous avons calculé dans un premier temps, ces erreurs avec et sans le système de compensation de gravité et dans un deuxième temps en ajoutant une masse sur l'outil.

Les résultats obtenus pour la première solution montrent que pendant le procédé de soudage et dans certaines configurations la désactivation du compensateur diminue de 10 % l'erreur en position et de 2% l'erreur en rotation. Ensuite, l'addition de la masse sur l'effecteur diminue grandement l'erreur de déviation. Dans certaines configurations du robot, la différence peut aller jusqu'à 80 % pour l'erreur en position et jusqu'à 50% pour l'erreur en orientation.

6. Conclusion

Avec les solutions proposées, la précision du positionnement de l'outil et les performances de soudage FSW peuvent être énormément améliorées par la commande du compensateur de la gravité et l'ajout d'un dispositif d'assistance (la masse) sur l'organe terminale. Nous avons analysé ces méthodes pour des trajectoires linéaires simples, cette étude peut être également appliquée sur des trajectoires complexes tant que l'axe de la broche reste proche du vertical. Les travaux futurs s'intéressent à l'ajout de dispositifs actifs parallèles entre la broche et le plan de travail.

Références

- [1] Khalil, W., & Dombre, E. (1999). *Modélisation, identification et commande des robots*. Hermès science publ..
- [2] Jain, A., Qin, J., & Abba, G. (2013). *Optimal workplacement for robotic friction stir welding task*.
- [3] Qin, J. (2013). *Commande hybride position/force robuste d'un robot manipulateur utilisé en usinageet/ou en soudage (Doctoral dissertation, Paris, ENSAM)*.
- [4] Craig J.J., \Introduction to Robotics: Mechanics and Control", 3rd edition,Addison-Wesley, (2004).
- [5] Gautier, M., A. Jubien, G. Abba and J. Qin (2013b). *Livrable l4.2 : Identification des torsions localisees, du modele de flexion et du modele dynamique du robot porteur. Technical report. IRCCyN et LCFC*.
- [6]Qin, J. (2013). *Commande hybride position/force robuste d'un robot manipulateur utilisé en usinageet/ou en soudage (Doctoral dissertation, Paris, ENSAM)*.
- [7]Zimmer, S. (2009). *Contribution à l'industrialisation du soudage par friction malaxage (Doctoral dissertation, Arts et Métiers ParisTech)*.
- [8]N. Balasubramanian, B. Gattu, R. S. Mishra, 2009, *Process forces during friction stir welding of aluminium alloys, Science and Technology of Welding and Joining 2009, VOL 14-NO 2 p.: 141 – 145*