HAL
open science

Modèle d'estimation des coûts des assemblages soudés

Faouzi Masmoudi, Wafik Hachicha, Zoubeir Bouaziz

To cite this version:

Faouzi Masmoudi, Wafik Hachicha, Zoubeir Bouaziz. Modèle d'estimation des coûts des assemblages soudés. 17ème Congrès Français de Mécanique, Sep 2005, Troyes, France. hal-00266500

HAL Id: hal-00266500

https://hal.science/hal-00266500

Submitted on 23 Mar 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Manuscrit auteur, publié dans "17ème Congrès Français de Mécanique, Troyes : France (2005)"

Modèle d'estimation des coûts des assemblages soudés

Faouzi MASMOUDI[a,b], Wafik HACHICHA[a], Zoubeir BOUAZIZ[b,c]

[a] *Unité de recherche de Mécanique, Modélisation et Production, Ecole Nationale d'ingénieurs de Sfax, BP W, 3038 Sfax, Tunisie*
[b] *Département de génie mécanique, Ecole Nationale d'ingénieurs de Sfax, B.P. W, 3038 Sfax, Tunisie*
[c] *Laboratoire de Mécanique, des Solides, des Structures et de Développement Technologique, Ecole Supérieure des Sciences et Techniques de Tunis, B.P. 56 . Bab Menara, 1008 Tunis, Tunisie*

Résumé :

Cet article présente un modèle d'estimation des coûts des assemblages par soudage. Il est basé sur la décomposition du produit en pièces et par la suite en assemblages. L'étude porte sur une proposition d'une définition originale des entités de préparation et de soudage attribuées pour chaque assemblage. Il consiste en premier lieu à utiliser une méthode analytique pour modéliser les temps de soudage et cela nous permet dans un second lieu à développer par la méthode paramétrique la structuration des coûts engendrés par les différentes Entité Coût Préparation et Entités Coût Soudage.

Abstract :

This paper presents a cost estimation model of weld assemblages. It is based on the product decomposition into parts and then into assemblages. The study is about a proposition of an original definition of welding and preparing features attributed to each assemblages. The proposed model consists in combining two cost estimating model applied to the products and to the processes un one hand, we have use an analytic model for the formalizing of the welding time, of the electrode consumption and of gas consumption according to the different parameters of the preparing and the welding features. The decomposition into features allows to formalize the time estimating expertise related to the welding.

Mots clefs : Estimation de coût ; Modèle entité ; Entité coût ; Soudure.

1 Introduction

La mise en place d'un système fiable en matière d'estimation des coûts revêt d'une importance considérable pour les entreprises manufacturières travaillant sur commande. La précision et la rapidité de la réponse d'une méthode d'estimation de coûts contribuent à la confirmation de la commande par le client.
Dans le domaine de la mécanique, plusieurs travaux ont été réalisés, en particulier dans l'estimation du coût des pièces forgées [1], des pièces cylindriques [2], etc. Le calcul des coûts, pour la plupart de ces méthodes, dépend de la précision de la méthode d'estimation des temps de fabrication. L'évolution actuelle des méthodes d'estimation des coûts [3-7], consiste à intégrer à la fois les caractéristiques géométriques et techniques du produit qui vont se conserver eux mêmes durant tout le processus de fabrication. Ceci présente les bases de la modélisation par entité, cette méthode est utilisée, dans cette étude, pour développer une application d'assemblages soudés des structures métalliques.
Dans cet article, nous proposons le principe de la modélisation d'un assemblage mécano-soudé par deux entités : «entité de préparation et entité de soudure» afin de calculer le temps relatif à chaque opération en utilisant des modèles analytique. Ensuite nous appliquons le principe de l'entité coût pour chaque activité permettant d'estimer le coût total de l'assemblage.

2 Modélisation des assemblages soudés

L'objectif est de fournir un modèle qui intègre les informations nécessaires à la définition du produit et de son processus de fabrication, de manière à assurer une estimation des temps et des coûts. La modélisation d'un assemblage en soudage tient compte de l'opération de préparation qui dépende elle même du procédé

hal-00266500, version 1 - 23 Mar 2008

de soudage choisi et par la position de soudage. Pour chaque assemblage, nous définissons deux types d'entités : entité de préparation et entité de soudage.

2.1 Décomposition d'une structure mécano soudé

La démarche proposée se base sur la décomposition de la structure métallique à souder en N assemblages, cette structure sera appelée Produit « P » pour la suite de cet article, voir figure 1. Chaque assemblage est assuré par deux types d'opérations : opérations de préparation et opérations de soudage. Cette décomposition est donnée par la gamme d'assemblage qui comporte aussi les paramètres techniques de soudage. On attribue, pour un assemblage A_{ij} donné, $k_{(i,j)}$ entités de soudage et entités de préparation associées. Chaque assemblage peut contenir une ou plusieurs entités de soudage et par la suite une ou plusieurs entités de préparation.

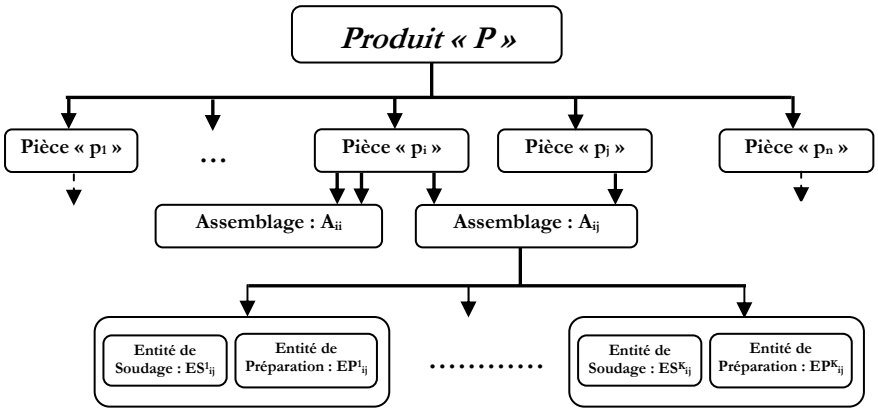


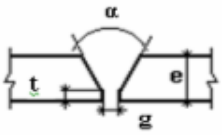
FIG. 1 – Démarche de décomposition en entités de soudage et entités de préparation.

Les concepts d'entité de soudage et d'entité de préparation reposent sur une démarche d'analyse des caractéristiques de forme, de matériau, du procédé et d'assemblage.

2.2 Modèle d'entités

2.2.1 Entités préparation

L'entité de préparation comporte l'usinage des bords en V, X, etc. et d'autre part le positionnement des pièces à souder : (écartement, alignement, pointage, etc.). Elle est définie principalement par la forme géométrique qui délimite l'espace à remplir par le métal d'apport. Le tableau 1 présente un exemple d'entité de préparation en V.

	Schéma	Paramètres de l'entité
L'entité de préparation « bout à bout en V »		Epaisseur: **e** Métal de base: **Acier** Forme de préparation: **En V** Angle d'ouverture du chanfrein: **α** Ecartement ou jeu: **g** Talon ou hauteur du méplat: **t**

TAB. 1 – Exemple de paramétrage d'une entité de préparation en V.

hal-00266500, version 1 - 23 Mar 2008

hal-00266500, version 1 - 23 Mar 2008

2.2.2 Entités de soudage

Suivant les procédés et les techniques de soudage, le cordon de soudure est obtenu en une ou plusieurs passages de l'opérateur. L'entité de soudage est définie principalement par les paramètres présentés sur le tableau 2.

ENTITE DE SOUDAGE	
Paramètres de soudure	
Métal de base	**Exemple : acier**
Epaisseur	**e** (mm)
Type d'assemblage	**Exemple : bout à bout**
Position de soudage	**Exemple : à plat**
Procédé de soudage	**Exemple : SMAW**
Nombre de reprise	**z**
Intensité de soudage	**I** (A)
Nature du courant	**Exemple : continu**
Diamètre de l'électrode	**ϕ** (mm)
Rendement de l'électrode	**ϱ**
Densité du gaz de protection	**D**
Paramètres géométriques	
Section de soudage	**SS**
Hauteur de soudage	**h**

TAB. 2 – Paramétrage d'une entité de soudage

3 Calcul des temps et des coûts

3.1 Calcul du temps de soudage par la méthode analytique

Pour l'estimation des temps de soudage d'une entité pour un assemblage, on propose une approche qui se base sur l'évaluation de la section de soudage à partir d'une modélisation géométrique.

3.1.1 Modélisation géométrique

La démarche de calcul de la section de soudage se base sur les paramètres géométriques de l'entité de préparation correspondante. La modélisation géométrique relative à chaque entité de préparation doit être capitalisée dans une base de données techniques. Pour une explication de la démarche on traite l'exemple de l'entité de préparation bout à bout en V. La figure 2 présente une modélisation géométrique dans le but final de déterminer la section de soudage

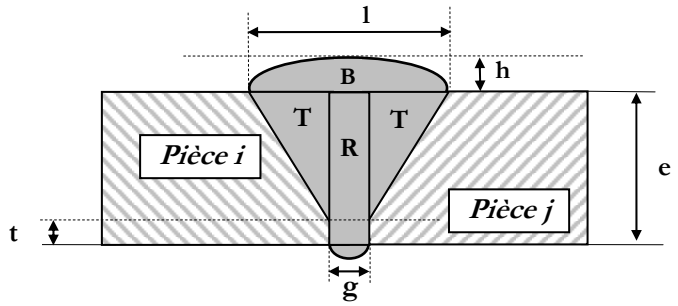


FIG. 2 – Modélisation géométrique d'une entité de soudure bout à bout en V.

La section de l'entité de préparation notée «SP» est représentée par deux fois la surface T. Par contre, la Section de Soudage Théorique est la somme B, R et 2T voir figure 2, elle est donnée par :

$$SST = g \cdot e + (e - t) \cdot (e - t + \frac{3}{2}h) \cdot tg(\frac{\alpha}{2}) + \frac{3}{4} \cdot g \cdot h \quad \textbf{(1)}$$

Généralement, lors de l'exécution de l'opération de soudure, le soudeur n'arrive pas à respecter exactement les limites de la section de préparation. Pour cette raison on suppose que SST doit être corrigée par un coefficient « τ ». Donc la section réelle s'écrie par : $SS = \tau \cdot SST$ **(2)**

3.1.2 Estimation des temps de soudage

Pour déterminer le temps de soudage d'une entité, il est nécessaire de déterminer les paramètres géométriques afin de calculer le volume du métal d'apport en zone de soudage. En connaissant la densité du métal de base, on détermine le poids du cordon de soudure et par la suite le temps de soudage. L'emploi de la méthode analytique d'estimation des temps est parfaitement envisageable. La démarche d'estimation de temps de soudage s'organise autour des étapes suivantes :

Etape 1 : évaluation du volume et de la masse du métal d'apport en soudage : $m_a = \frac{\rho \cdot V_s . d}{\eta}$ **(3)**

Avec $V_s = SS . L_{ij}$; d : représente la densité du métal d'apport ; η : est l'efficacité du procédé ; ρ : est le rendement de l'électrode.

Etape 2 : le temps de l'arc « t_{arc} » est le temps de consommation de l'électrode et du gaz de protection. Il s'exprime par : $t_{arc} = \frac{m_a}{D_a}$ **(4)**

Etape 3 : le temps d'exécution de l'opération de soudage est le temps de l'arc corrigé par l'efficacité de l'opérateur et par le coefficient de difficulté de la position. D'après l'équation (3) et (4) l'expression de temps d'exécution est égale : $t^S = \frac{\rho \cdot p}{\varphi \cdot \eta} \frac{d}{D_a} . SS \cdot L_{ij}$ **(5)**

Avec φ : l'efficacité de l'opérateur ; p : coefficient lié à la complexité de la position de soudage.

3.2 Estimation des coûts

3.2.1 Définition de l'approche Entité Coût

Une entité coût est un groupement de coûts associés aux ressources consommées par une activité. La condition fondamentale tient à l'homogénéité des ressources consommées par l'entité coût, ce qui permet de leur associer un inducteur [4-5]. L'objectif de la modélisation par Entité Coût est de fournir un modèle qui intègre les informations nécessaires à la définition du produit et de son processus de fabrication de manière à assurer une estimation des coûts en phase de préparation à la fabrication.

3.2.2 Formulation paramétrique des coûts

Pour un processus de fabrication donnée, le concept Entité Coût permet d'une part d'estimer le coût direct correspondant aux opérations de fabrication en déterminant pour chacune l'inducteur de l'Entité Coût correspondante.
Soit « C_i » le coût de l'activité « i » et $R_i = R_1, R_2, \ldots, R_k$ l'ensemble des ressources consommées pour cette activité. Par définition le coût d'une ressource s'écrit :

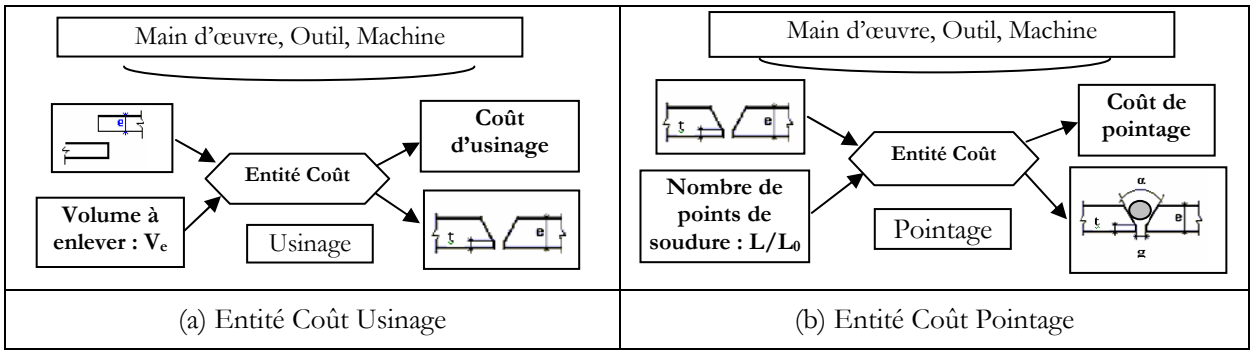
$$\boxed{\text{Coût d'une ressource} = \text{Inducteur}(x_i : \text{nombre}) \times \alpha_k (\text{heure/nombre}) \times \text{Taux d'imputation}(C_k : \text{Coût/heure})}$$

L'équation de base du modèle donnant le coût d'une activité sera alors la somme des coûts des différentes ressources [3] : $C_i = \sum_{k \in R_i} x_i \cdot \alpha_k \cdot C_k$ **(6)**

hal-00266500, version 1 - 23 Mar 2008

3.2.3 Estimation des coûts de préparation

Chaque entité de préparation fait appel à des paramètres intrinsèques qui décrivent le produit et également à des caractéristiques géométriques, de positionnement et d'orientation. L'Entité Coût Préparation se compose donc de l'Entité Coût Usinage figure 3.a et l'Entité Coût Pointage figure 3.b.



(a) Entité Coût Usinage (b) Entité Coût Pointage

FIG. 3 – Structures des entités coûts.

3.2.4 Estimation des Coûts de soudage

Suite à la modélisation analytique appliquée à l'échelle d'une entité et d'après la relation (5), le temps de soudage peut être exprimé comme suit :

$$t^S = \frac{p}{\varphi}\,\frac{m_a}{D_a} \qquad \textbf{(7)}$$

Après avoir estimer les temps de l'arc et le temps de soudage, il est possible de procéder à un calcul détaillé des coûts de chacune des consommations déclenchées par l'activité de soudage.

a) Le coût de la main d'œuvre est : $C^S_{MO} = m_a \cdot \alpha_S . C_s$ **(8)**

Avec : C_s : coût horaire de la main d'œuvre «UM/mn » et $\alpha_s = \dfrac{p}{\varphi \cdot D_a}$: débit massique corrigé

b) Le coût de la consommation de l'électrode est : $C^S_{EL} = m_a . C_e$ **(9)**

Avec : C_e : coût de l'électrode par unité de masse « UM/g ».

c) Le coût de la consommation de gaz est : $C^S_{GA} = \dfrac{D \cdot \chi}{D_a} . m_a \cdot C_g$ **(10)**

Avec, D : la densité du gaz de protection en « g de gaz / cm³ »
χ : le débit volumique du gaz en « cm³/mn ».
C_g : coût de gaz par unité de masse « UM / g de gaz ».

d) Le coût de consommation de l'énergie électrique est [8] : $C^S_{EE} = \dfrac{U . I . m_a}{60 \cdot \mu \cdot D_a}\ C_k$ **(11)**

Avec I : l'intensité du courant « A »
U : la tension du courant électrique « V »
C_k : le coût de l'énergie électrique en «UM/kWh »
μ : le rendement moyen du transformateur

e) Le coût d'utilisation du poste de soudage :
Il correspond au coût engendré lorsque le poste est en fonctionnement, son détermination nécessite la connaissance du coût horaire machine de soudage « C_{ms} ». Il s'exprime de la façon suivante :

$$C^S_{Ma} = \frac{m_a}{D_a} \cdot C_{ms} \qquad \textbf{(12)}$$

hal-00266500, version 1 - 23 Mar 2008

Le coût de soudage est la somme des coûts élémentaires : main d'œuvre, consommation de l'électrode, consommation du gaz de protection, la consommation de l'électricité et d'utilisation du poste de soudage. Il s'écrit sous la forme : $C^S = C^S_{MO} + C^S_{EL} + C^S_{GA} + C^S_{EE} + C^S_{MA}$ **(13)**

En tout état de cause, le coût de matière première n'est pas à négliger. Il est clair qu'il se conserve pendant l'opération de soudage.

Pour généraliser, le coût total de soudage d'une entité « q » est la somme du coût d'usinage, coût de pointage et du coût de soudage pour chaque entité : $C^T_q = C^S_q + C^U_q + C^P_q$ **(14)**

Le coût total de soudage d'un assemblage (i,j) est alors la somme de tous les coûts de soudage des entités qui lui composent : $C^T(i,j) = \sum_{q=1}^{k(i,j)} C^T_q$ **(15)**

Avec k (i,j) : le nombre d'entités de soudage de l'assemblage (i,j)

4. CONCLUSION

La modélisation par entités d'estimation de coût d'assemblages soudés qu'on a développé se caractérise par la description géométrique du cordon de soudure et la définition du volume de la matière ajoutée en soudage. La formalisation des temps de soudage est assurée par une méthode analytique de consommation d'électrode et de gaz en fonction des différents paramètres géométriques de l'entité et du processus de soudage. L'estimation des coûts est assurée par une approche paramétrique. Le modèle englobe toutes les étapes du processus de soudage : préparation et soudage.

Pour automatiser le processus de génération des coûts, il est nécessaire d'intégrer la modélisation des connaissances, la modélisation des raisonnements pour la génération des entités de soudage et de préparation permettant l'identification des Entités-Coût ainsi que leurs inducteurs convenables à l'aide des analyses des contraintes, d'intégration d'un système expert, etc.

References

[1] M. BERLIOZ, P. MARIN, S. TICHKIEWITCH, A fast and reliable cost estimation tool for Hot-forged Parts, 2nd International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering, IDMME'98 Compiègne France ; pp. 985-992 ; May 27-29 1998.

[2] A. SEDDIKI, A. MOISAN, G. LEVAILLANT, Proposition d'un Système d'Assistance à l'Elaboration de Devis d'Usinage basé sur le concept d'entité (SAEDU), Journal Mécanique Industrielle et Matériaux , Vol. 48, N°5, Décembre 1995.

[3] Pascale DUVERLIE « Méthode analogique appliquée aux pièces usinées. Journal Travail et Méthodes ; N°553, pp. 20-24 ; 1999.

[4] Fehmi H'MIDA « Contribution à l'estimation des coûts en production mécanique : l'approche Entité Coût appliquée dans un contexte d'ingénierie intégrée » Thèse de doctorat, Université de Metz France, 20 mars 2002.

[5] Abdennibi TALBI « Approche d'une méthode de classification de données et d'un outil d'aide à la décision dans l'estimation du prix de revient » Troisième Conférence Francophone de Modélisation et Simulation, Troyes France, 25 au 27 avril 2001.

[6] Christian MONTEIX « Un modèle informatique des produits manufacturés pour la fabrication : application à l'élaboration de devis» Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon France ; décembre 1985.

[7] Z. Bouaziz, J.B. Younes and A. Zghal, "A Fast and Reliable Tool for Estimates for Plastic Blowing Moulds", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, N°20, pp. 545-550, 2002.

[8] R. VARISELLAZ « Soudage : éléments de conception et de réalisation » Ed DUNOD ; 1987; pp.4-49 & pp.160-176.

hal-00266500, version 1 - 23 Mar 2008