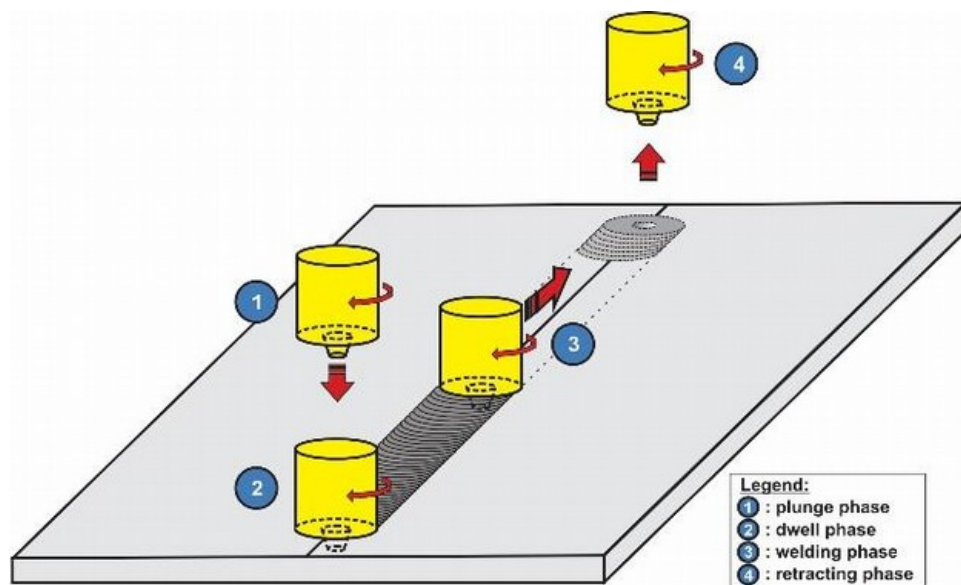


Optimisation du soudage par friction et agitation pour les alliages d'aluminium

soumis par Kirk Fraser et François Nadeau (Conseil national de recherches Canada)

Description du contexte

Dans beaucoup d'industries on peut utiliser diverses méthodes (collage, attaches, soudage, etc.) pour joindre entre eux des alliages d'aluminium. Récemment on a proposé une nouvelle approche, appelée soudage par friction et agitation (SFA). Dans ce processus, un outil en acier durci s'enfonce en tournant dans les plaques en aluminium qui doivent être jointes. Le frottement de l'outil sur l'aluminium engendre de la chaleur à cause de la friction à l'interface de l'outil et de la plaque. Cette chaleur assouplit l'aluminium et le rend malléable. Lorsque la température de la zone de soudage atteint 80 ou 90 pour cent de la température de fonte, les plaques d'aluminium se mélangent mécaniquement et un joint solide est créé. Le processus est décrit schématiquement dans la figure ci-dessous.



Le processus SFA est en train de devenir une des plus importantes techniques de soudage pour les alliages d'aluminium dans des industries telles que les industries aérospatiale, automobile, ferroviaire et navale. L'objectif ultime de n'importe laquelle de ces industries est de réaliser des soudages de qualité suffisante aussi rapidement que possible afin de maximiser les profits et de minimiser le temps nécessaire pour fabriquer un produit et le vendre. Un des défis du processus SFA est que la vitesse de création du soudage a un grand impact sur la qualité du soudage. Dans des conditions idéales, le soudage serait réalisé aussi vite que possible. Toutefois, s'il est réalisé trop vite, le soudage présentera des imperfections. Lorsqu'une imperfection est détectée dans un soudage industriel, la pièce est rejetée, ce qui entraîne un temps d'arrêt injustifié. Ces temps d'arrêt doivent être éliminés.

Nous effectuons une simulation numérique du processus afin de déterminer la plus grande vitesse possible de soudage. Les méthodes conventionnelles d'éléments finis ne peuvent pas être employées, à cause de l'énorme déformation plastique ayant lieu pendant le processus : en effet le maillage se déforme grandement (c'est-à-dire que la correspondance entre les domaines calculatoire et géométrique s'écroule) et le calcul échoue avant que des résultats utilisables aient été produits.

Le problème

Le CNRC a des partenariats avec des acteurs importants des industries automobile et ferroviaire. Dans le cadre de plusieurs de nos projets, nous devons déterminer les paramètres optimaux du soudage, sous la contrainte qu'il n'y aura pas d'imperfection dans le joint. À l'heure actuelle, nous employons une méthode sans maillage appelée hydrodynamique des particules lisses (« Smoothed Particle Hydrodynamics » ou SPH en anglais) pour simuler le processus de soudage (voir Fraser et al. [2] pour des détails sur cette méthode). Même si la méthode sans maillage est bien adaptée aux problèmes présentant de grandes déformations, ses temps d'exécution sont beaucoup trop longs.

Nos partenaires industriels ont besoin d'une approche par simulation fournissant des paramètres de processus optimaux aussi rapidement que possible. Ils considèrent comme un handicap le fait d'attendre les résultats (c'est-à-dire les paramètres optimaux) pendant des journées ou même des semaines. Nous devons trouver une approche plus efficace afin de répondre aux besoins des entreprises.

Le défi

Nous devons concevoir un modèle menant à des calculs efficaces pour prédire la présence d'imperfections dans un joint SFA. Les points suivants jouent un rôle important dans le processus SFA.

1. grande déformation plastique
2. mélange de matériaux
3. génération de chaleur due à la déformation plastique et à la friction
4. diffusion de la chaleur à travers l'aluminium
5. transfert de la chaleur à l'outil SFA et à la structure de soutien
6. évolution de la microstructure dans la zone de soudage

Les données expérimentales suivantes sont disponibles afin de valider les résultats obtenus par l'équipe.

1. l'historique de la température en différentes positions à l'intérieur des plaques d'aluminium
2. la localisation des imperfections et leurs tailles respectives

3. les forces et le couple de serrage sur l'outil de soudage

Une fois l'approche validée, elle pourra être utilisée pour trouver des paramètres optimaux qui ne produiront pas d'imperfection. Un algorithme d'optimisation efficace devra être utilisé afin de minimiser le nombre d'itérations permettant de calculer les paramètres optimaux. Le but ultime de ce projet est de permettre à nos partenaires industriels de déterminer rapidement la vitesse de création d'une soudure. Ceci leur permettra de minimiser leurs coûts et maximiser leur productivité.

Références

1. L. I. Kiss, L. St-Georges, and E. de Varennes, *Tool-material Interface in Friction Stir Welding*, 7th International Symposium on Friction Stir Welding, 2008.
2. K. Fraser, L. St-Georges, and L. I. Kiss, *A Mesh-free Solid-Mechanics Approach for Simulating the Friction Stir-Welding Process*, in *Joining Technologies* (M. Ishak, Éd.), Rijeka, Croatia : InTech, 2016, pp. 27-52.