

Essais et instrumentations pour la simulation des procédés

F. HILD^a

a. Université Paris-Saclay / CentraleSupélec / ENS Paris-Saclay / CNRS LMPS – Laboratoire de Mécanique Paris-Saclay

Résumé

Afin de diminuer les cycles de conception / fabrication de nouvelles pièces, les procédés de fabrication sont appelés à être optimisés tout en garantissant de hauts niveaux de fiabilité (notamment dans l'industrie des transports). Il s'agit notamment de diminuer les temps de fabrication de pièces aux formes toujours plus complexes avec une très bonne qualité de fini et une répétabilité forte. Par exemple, le choix des paramètres opératoires a un impact direct sur l'intégrité de surface pour les procédés par enlèvement de matière. Les connaissances actuelles ne permettent pas encore de prévoir de manière fiable l'influence du procédé de fabrication sur la pièce finie avant qu'il ne soit mis en œuvre. Ainsi, le choix des paramètres opératoires est très souvent empirique, ce qui diminue la productivité des procédés. Une des voies de progrès par rapport aux défis précédents fait appel à la simulation numérique grâce à l'amélioration continue des logiciels de calculs par éléments finis et la puissance des calculateurs. Cependant, un des freins concerne la méconnaissance du comportement des matériaux sous des sollicitations représentatives des conditions rencontrées dans les procédés de fabrication (qui sont souvent très éloignées des essais élémentaires sous sollicitations quasi statiques et isothermes). L'idéal est alors de pouvoir identifier les paramètres des lois de comportement à partir de données obtenues in situ (i.e., lors du procédé de fabrication proprement dit). Cela permet non seulement d'avoir accès à des lois de comportement plus représentatives des conditions (souvent extrêmes) rencontrées mais également de valider toute la chaîne numérique. Afin d'atteindre cet objectif ambitieux, il s'agit de pouvoir instrumenter de manière la plus exhaustive possible le procédé de fabrication envisagé. Par exemple, le suivi de l'effort de coupe à l'aide de platines dynamométriques et la mesure de l'épaisseur de copeaux a permis le développement des premiers modèles analytiques. Des mesures de températures ont ensuite été entreprises afin d'enrichir la base de données disponibles. De plus, des mesures cinématiques (par corrélation d'images) sont venues compléter les informations extraites in situ. Toutes ces données restent globales (résultante d'efforts) voire de surface (thermographie infrarouge et corrélation d'images). Pour d'autres types de processus (p.ex., solidification, polymérisation), des informations internes ont été collectées par radiographie et tomographie aux rayons X. Celles-ci permettent alors d'avoir une vision de plus en plus complète des mécanismes mis en jeu. L'exposé illustrera, sur différents exemples, la manière dont l'instrumentation a évolué au cours des dernières années afin d'enrichir le plus possible la base de données expérimentales in situ. Les défis actuels seront également discutés.

Références

- [1] T. Baizeau, 2016, Développements expérimentaux et numériques pour la caractérisation des champs cinématiques de la coupe de l'acier 100 CrMo 7 durci pour la prédiction de l'intégrité de surface. Thèse de doctorat, ENSAM Paris Tech.
- [2] B. de Parscau Du Plessix et al., 2019, In situ real-time 3D observation of porosity growth during composite part curing by ultra-fast synchrotron X-ray microtomography. *Journal of Composite Materials*, 53 (28-30), pp. 4105-4116.
- [3] N. Limodin et al., 2009, In situ and real-time 3-D microtomography investigation of dendritic solidification in an Al–10wt.% Cu alloy. *Acta Materialia*, 57 (7), pp. 2300-2310.
- [4] C. Poissenot-Arrigoni, 2023, Etude des champs cinématique et thermique lors de la coupe de l'Inconel 718 et modélisation inverse de son comportement. Thèse de doctorat, ENSAM Paris Tech.
- [5] G. Reinhart et al., 2023, In-situ X-ray monitoring of solidification and related processes of metal alloys. *NPJ Microgravity*, 9 (1), 70.