

# Les applications en métallurgie

Un des domaines les plus prometteurs d'applications du plasma est celui des industries de l'acier et des métaux ferreux pour améliorer ou remplacer les procédés conventionnels tels que les hauts fourneaux. Les nouveaux procédés plasma, aujourd'hui industrialisés ou en cours d'industrialisation, utilisent une approche où les rôles d'agent réducteur et de source de chaleur sont plus clairement séparés. L'objectif des procédés plasma associés à des hauts fourneaux est de substituer de l'énergie électrique et du charbon bon marché à du coke métallurgique onéreux, tout en augmentant la productivité. Il en résulte une baisse des coûts du métal produit. Les systèmes font appel à des générateurs plasma à arc non-transféré pour produire la chaleur nécessaire.

Les fours à arc électrique sont les équipements les plus couramment utilisés pour l'élaboration d'acier à partir de ferraille. Ils peuvent produire des aciers ordinaires ou des aciers fortement alliés et des aciers spéciaux. Ils peuvent également être utilisés dans des fonderies, pour la production de pièces moulées en acier et en fonte.

Au cours de ces dernières années, de nombreuses études ont été consacrées aux avantages de l'utilisation d'un générateur de plasma en combinaison avec un four à induction dans le domaine de la métallurgie. Ces études ont conduit au développement du four à induction à plasma. Il s'agit là d'un nouveau four de fusion et d'affinage pour des métaux et alliages ferreux et non-ferreux. Le four combiné plasma-induction réunit les avantages de l'unité de fusion par induction, qui peut traiter un grand nombre de matériaux de différentes dimensions, et ceux du plasma qui assure une fusion rapide et aisée du flux ajouté au bain à des fins d'affinage.

## Découpage par plasma

Pour effectuer le coupage thermique en utilisant un plasma d'arc, on emploie généralement une torche à plasma transféré. Le jet de plasma, largement supersonique, est en mesure de fondre tout le métal rencontré sur sa trajectoire. Le métal fondu est ensuite éjecté de la saignée par l'énergie cinétique du gaz. Il s'agit d'un processus purement physique, sans oxydation ni combustion du métal. L'allumage s'effectue dans un premier temps entre l'électrode et la tuyère avec un arc de faible intensité. Cet allumage est initié par une source de haute fréquence ou par un court-circuit entre les deux pièces. Pour la coupe, l'arc est transféré ensuite sur la pièce. Compte tenu de l'utilisation possible de nombreux gaz et mélanges gazeux comme fluide plasmagène, deux types principaux de torches sont employés :

- les torches à écoulement laminaire axial du gaz autour d'une électrode pointue en tungstène,
- la torche à écoulement centrifuge du gaz autour d'une cathode en cuivre à extrémité plate comportant un insert en tungstène, hafnium ou zirconium.

Tous les matériaux conducteurs sont accessibles au coupage thermique par plasma d'arc transféré. Les températures des différents plasmas sont supérieures aux températures de fusion des métaux dits réfractaires. C'est les métaux qui ne peuvent

être coupés par oxycoupage que l'utilisation du plasma trouve tout son intérêt (aciers inoxydables, cuivre, aluminium et alliages). Les possibilités du coupage plasma sont les suivantes :

- pour aciers non alliés : 0.4 à 150 mm d'épaisseur,
- pour aciers inoxydables : 0.4 à 150 mm d'épaisseur,
- pour les alliages légers : 2 à 200 mm d'épaisseur,
- pour les alliages cuivreux : 2 à 90 mm d'épaisseur.

### Soudage par plasma

En soudage, on utilise essentiellement le principe de l'arc transféré. Par suite, ce procédé ne peut être utilisé que sur des matériaux conducteurs de l'électricité. La torche de soudage utilise un gaz plasmagène et un gaz de protection arrivant en périphérie du plasma et protégeant le bain du métal fondu du contact avec l'air ambiant et en particulier avec l'oxygène. Le procédé plasma peut s'appliquer sur presque tous les métaux métallurgiquement soudables, à l'exception de l'aluminium et ses alliages. Toutefois, le principal domaine d'application du soudage plasma demeure le soudage des aciers alliés et en particulier des aciers inoxydables austénitiques. Le soudage plasma est utilisé en complément du procédé de soudage TIG, c'est-à-dire pour les faibles épaisseurs (inférieures à 0.5 mm) sous la forme de plasma à faible énergie et pour les épaisseurs supérieures à 3 mm en soudage avec jet débouchant.

### Usinage par plasma

Le principe de l'usinage assisté par plasma à arc transféré utilise la propriété de la plupart des matériaux d'être plus facilement usinables quand ils sont chauffés. En effet la résistance au cisaillement de ces matériaux diminue lorsque leur température augmente.

Les qualités spécifiques des torches à plasma permettent de maîtriser la conduite de programmes de chauffe superficielle, sans qu'il y ait fusion du métal. L'usinage assisté par plasma est particulièrement adapté au travail des matériaux difficiles à usiner ou seulement usinables par rectification. Parmi ceux-ci, on peut citer certains aciers inoxydables, les aciers fortement alliés, les aciers trempés ou traités, les alliages de nickel, les dépôts par projection ou par soudure. Sur des matériaux de ce type, ce procédé permet d'augmenter le taux d'enlèvement du métal de 40 %, grâce en particulier à une vitesse d'usinage de 5 à 20 fois plus grande. Les opérations qui permettent une application aisée de ce procédé sont le tournage, le rabotage et le perçage.

➔ Les articles et les ouvrages référence dans ce domaine :

- N. Ponghis, proceedings of the ironmaking Conference of ISS of AIME, vol. 38, 1979.
- N.A. Barcza, the developpement of large-scale Thermal-plasma Systems, Mintek Review n°6, 1987.
- A.F. Combe, R. Egee, Le coupage thermique par plasma d'arc transféré (conférence prononcée sur le coupage thermique, Ljubjana, 1982.

- B. Le Bourgeois, [Soudage à l'arc](#), Tome 3 - Procédés avec électrode réfractaire. Publications de la soudure Autogène - Eyrolles.
- G. Laroche, Les plasmas dans l'industrie, Electra - 1991.
- Welding Processes and Power Sources, Burgess, E. Pierre.
- Welding Handbook (de l'AWS US).

➔ Les journaux où la recherche est publiée :

- [Welding in the world](#),
- [LIA journal](#),
- [AWS Welding Journal](#),
- [JPS Welding Journal](#),
- [Journal of Thermal Spray Technology](#),
- [Journal of Physics D: Applied Physics](#).

➔ Les conférences nationales et internationales :

- [ISPC](#),
- ICGD,
- ICCT, Allemagne,
- [ICALEO](#),
- [Japan Welding Show](#).

➔ Les laboratoires et les entreprises :

- [ICAM](#),
- [Ecole Polytechnique Universitaire de Nantes](#),
- [The Paton Institute of Welding](#), Ukraine,
- [The Welding Institute](#), UK,
- [CSIRO](#), Australie.
- [Air Liquide](#) - Paris.
- [ESAB](#) - Suède.
- [Lincoln Electric](#) - USA.
- [HYPERTHERM](#) - USA.
- [KJELLBERG](#) - Allemagne
- [Fronius](#) - Autriche.
- [Linde](#) - Allemagne.
- [BOC](#) - UK.
- [Air Products](#) - USA.
- [Messer Griesheim](#) - Allemagne.
- [TRUMPF](#) - Allemagne.
- [BYSTRONIC](#) - Allemagne.
- [IPG Photonics](#) - UK.