

L'oxycoupage au gaz naturel



PRINCIPE

L'oxycoupage est un procédé de coupe des métaux ferreux (aciers doux et alliés).

Les équipements requis sont un chalumeau (manuel ou automatique), un gaz combustible, de l'oxygène pur et des buses d'oxycoupage. Une buse d'oxycoupage est associée à une épaisseur de coupe.

Les chalumeaux d'oxycoupage permettent de réaliser des coupes de forme variée de différentes épaisseurs (de 3,2 mm à plus de 300 mm [$\frac{1}{8}$ po à plus de 12 po]).

AVANTAGES DU GAZ NATUREL

- Coût avantageux (25 à 35 % moins cher que l'acétylène et 15 à 20 % moins cher que le propane) (Tableau 3)
- Approvisionnement en continu et sécuritaire (pas d'entreposage de bouteilles de gaz)
- Qualité de coupe
- Vitesse d'avance identique au propane et au propylène
- Vitesse d'avance légèrement inférieure à l'acétylène (5 à 10 % moins rapide)

DOMAINES D'APPLICATION RECOMMANDÉS

Il est recommandé d'utiliser le gaz naturel lorsque :

- le temps de coupe prédomine sur le temps de chauffe¹
- la plaque d'acier est limitée à 50-65 mm (2 po-2½ po) d'épaisseur
- le gaz naturel est accessible dans l'usine à la pression requise.

¹ Exemple: pour une plaque de 50 mm d'épaisseur, une longueur de coupe d'environ 3 m est à favoriser comparativement à une coupe de quelques centimètres (temps de chauffe: 25-30 s, durée de coupe: 8-9 min pour une longueur de coupe de 3 m et 20-25 s pour une longueur de coupe de quelques centimètres).

L'oxycoupage au gaz naturel



DESCRIPTION DU PROCÉDÉ

Le procédé d'oxycoupage est composé de deux phases successives :
l'**amorçage** et la **coupe**.

L'AMORCE

Amorçage

Cette première phase consiste à porter un point de la surface du métal à la température d'inflammation du fer dans l'oxygène pur ($T = 870\text{ °C}$ à $1\,000\text{ °C}$ [$1\,600\text{ °F}$ à $1\,830\text{ °F}$]). Durant cette phase, la flamme dite « flamme de chauffe » provient de la combustion du combustible et de l'oxygène de chauffe.

Temps d'amorçage

Le temps d'amorçage est la durée minimale pendant laquelle l'extrémité du cône bleu de la flamme de chauffe doit être dirigée sur un point de la surface de la plaque d'acier avant que l'envoi du jet d'oxygène de coupe ne perce instantanément cette plaque. Le temps d'amorçage est fonction de deux paramètres : la puissance de chauffe optimale requise selon l'épaisseur du matériau et la puissance spécifique du front de flamme du combustible (celle-ci étant fonction de la vitesse de déflagration du combustible et de son pouvoir calorifique).

Le temps d'amorçage avec le gaz naturel est plus long comparativement aux autres combustibles, en raison de la puissance spécifique² moindre du front de flamme. Typiquement, le temps d'amorçage est de 25 à 30 s pour le gaz naturel comparativement à moins de 10 s pour l'acétylène, pour une tôle d'acier doux de 50 mm (2 po) d'épaisseur. Aussi, plus le temps de coupe prédomine sur le temps d'amorçage et plus l'utilisation du gaz naturel comme gaz combustible sera favorisée.

Le Tableau 1 met en évidence le ratio du débit d'oxygène de chauffe sur le débit de combustible tel que pratiqué dans l'industrie (ratio O_2 /combustible pratique). Il est à noter que le ratio pratiqué dans l'industrie est généralement moindre que celui stœchiométrique.

² La puissance spécifique du front de flamme est d'environ 4 kW/cm^2 pour le gaz naturel, comparativement à $5,3\text{ kW/cm}^2$ pour le propane, $5,5\text{ kW/cm}^2$ pour le propylène et 23 kW/cm^2 pour l'acétylène.

L'oxycoupage au gaz naturel



LA COUPE

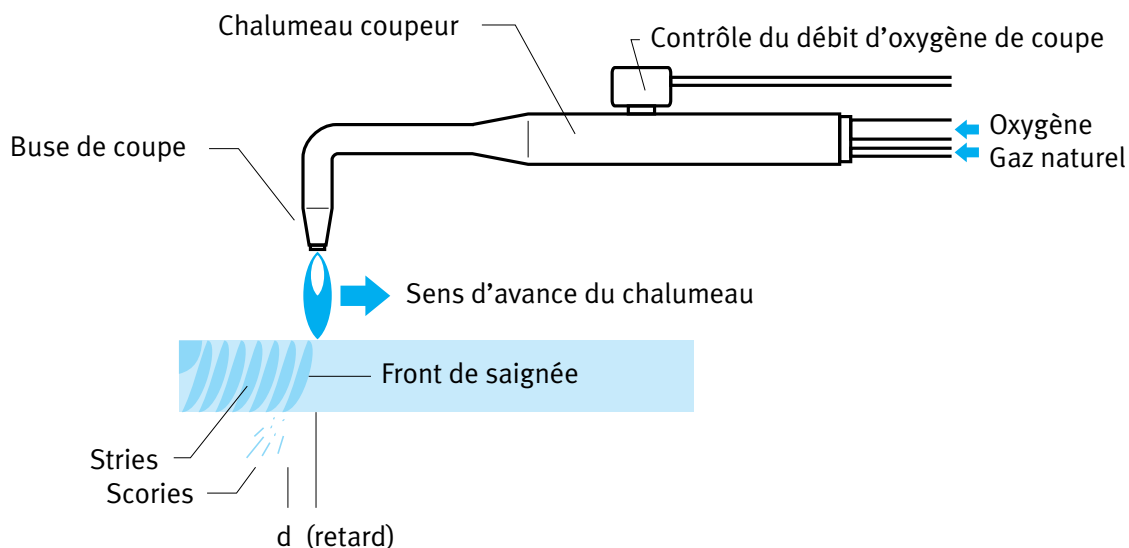
Coupage

Un jet d'oxygène « de coupe » est dirigé sur le point préalablement chauffé par la flamme de chauffe et amorce instantanément la combustion du métal, et non sa fusion. La réaction d'oxydation est exothermique et la quantité de chaleur libérée est ajoutée à celle de la flamme de chauffe. Le déplacement du jet d'oxygène et l'utilisation en continu de la flamme de chauffe permettent la réalisation de la coupe.

Vitesse de coupe

La vitesse de coupe est fonction principalement de l'épaisseur du matériau (voir Tableau 2) et dans une moindre mesure, du type de combustible et du type de buse. Selon l'exemple du Tableau 2, la vitesse de coupe d'une buse d'oxycoupage au gaz naturel est identique à celle d'une buse de coupage au propane ou au propylène et est quelque peu moins rapide que celle d'une buse alimentée en acétylène.

Certains chalumeaux permettent d'ajuster la pression de l'oxygène de chauffe séparément de la pression de l'oxygène de coupe (ex. : modèle MT300 de Victor, P_{O_2} chauffe = 70 à 350 kPa [10 à 50 psig]) pour offrir plus de flexibilité. Certaines buses permettent quant à elles d'augmenter la vitesse de coupe par une augmentation de la pression d'oxygène de coupe (ex. : modèle MTHM de Victor; augmentation de la vitesse de coupe d'environ 20% par rapport à une buse standard; augmentation d'environ 100% de la pression d'oxygène de coupe).



L'oxycoupage au gaz naturel



QUALITÉ DU TRAVAIL

La coupe est considérée comme bonne lorsqu'il n'y a pas de fusion d'arête, que les dépôts n'adhèrent pas aux faces coupées et que les faces coupées sont planes et d'équerre.

Avec le gaz naturel, la qualité de coupe est remarquable. Il n'y a pas de fusion d'arête, les stries sont généralement négligeables et la pellicule d'oxydes sur les faces oxycoupées n'est pas adhérente, ce qui évite le meulage. D'un point de vue métallurgique, les surfaces de coupe sont très peu carburées, ce qui facilite les opérations de finition.

DONNÉES TECHNIQUES

Les caractéristiques techniques des principaux gaz d'oxycoupage sont regroupées dans le Tableau 1.

Les paramètres de coupe (débit de combustible, débit d'oxygène de coupe, vitesse d'avance) sont regroupés dans le Tableau 2, pour un exemple concret de chalumeau et de buse.

L'oxycoupage au gaz naturel



TABLEAU 1 : Caractéristiques des combustibles courants en oxycoupage

		ACÉTYLÈNE	PROPANE	MÉTHYL- ACÉTYLÈNE PROPADIÈNE (MAPP®)	STARFLAME ^{MD} C (1)	PROPYLÈNE	GAZ NATUREL
Température de flamme, mélange pratique	°C	3 090	2 530	2 930	3 200	2 925	2 540
	(°F)	(5 589)	(4 579)	(5 301)	(5 800)	(5 295)	(4 600)
Énergie de combustion primaire (2)	MJ/m ³	18,9	9,5	19,3	10,6	16,1	0,4
	(BTU/pi ³)	(507)	(255)	(517)	(284)	(433)	(11)
Énergie de combustion secondaire (3)	MJ/m ³	35,9	83,6	70,4	94,1	72,2	37,5
	(BTU/pi ³)	(963)	(2 243)	(1 889)	(2 526)	(1 938)	(1 006)
Énergie de combustion totale	MJ/m ³	54,8	93,1	89,6	104,7	88,3	37,9
	(BTU/pi ³)	(1 470)	(2 498)	(2 406)	(2 810)	(2 371)	(1 017)
Sensibilité aux chocs		Instable	Stable	Stable	Stable	Stable	Stable
Oxygène de chauffe requis – mélange stœchiométrique (vol. O ₂ /vol. comb)		2,5 : 1	5 : 1	4 : 1	3 : 1	4,5 : 1	2 : 1
Oxygène de chauffe requis – mélange pratique (vol. O ₂ /vol. comb) (4)		1,1 : 1	3,5 : 1	2,5 : 1	2 : 1	2,6 : 1	1,5 : 1
Limites d'inflammabilité dans l'air (%)		2,5 - 80	2,4 - 9,6	3,4 - 10,8	2,3 - 9,4	2 - 11,1	4,9 - 14,9
Rapport volume/masse à 15,6 °C (60 °F) – état gazeux	m ³ /kg	0,9	0,5	0,6	0,6	0,6	1,4
	(pi ³ /lb)	(14,4)	(8,6)	(8,8)	(8,8)	(9,0)	(22,6)
Densité relative (air = 1)		0,91	1,52	1,48	1,5	1,47	0,578
État		Gazeux	Liquide	Liquide	Liquide	Liquide	Gazeux

(1) : StarFlame^{MD} C : 99,5% propane; 0,5% Chemtane 2.

(2) : Énergie de combustion primaire : intérieur du cône de la flamme.

(3) : Énergie de combustion secondaire : partie de la flamme située à l'extérieur du cône.

(4) : En usage dans l'industrie; information issue de Praxair – 2011.

L'oxycoupage au gaz naturel



TABLEAU 2 : Paramètres de coupe (associés aux buses de coupage tout usage de la compagnie Victor®; SI)

PARAMÈTRES DE COUPE SUR ACIER DOUX PROPRE (manuel, automatique) – SI											
Épaisseur de l'acier (mm)	Type d'orifice	Acétylène *		Oxygène de coupe *		Vitesse de coupe (m/h) *	Gaz naturel, propane, propylène **		Oxygène de coupe **		Vitesse de coupe (m/h) **
		Pression (kPa)	Débit (L/min)	Pression (kPa)	Débit (L/min)		Pression (kPa)	Débit (L/min)	Pression (kPa)	Débit (L/min)	
3,2	000	21 - 34	1 - 2	138 - 172	9 - 12	43 - 49	21 - 34	2 - 3	138 - 172	6 - 7	37 - 43
6,4	00	21 - 34	2 - 3	138 - 172	14 - 17	41 - 46	21 - 34	2 - 3	138 - 172	10 - 12	32 - 38
9,5	0	21 - 34	2 - 4	172 - 207	26 - 28	37 - 43	21 - 34	4 - 5	172 - 207	21 - 26	30 - 37
12,7	0	21 - 34	3 - 5	207 - 241	28 - 31	30 - 37	21 - 34	4 - 5	207 - 241	24 - 26	27 - 34
19,1	1	21 - 34	4 - 6	207 - 241	38 - 40	26 - 32	28 - 41	5 - 6	207 - 241	33 - 38	23 - 30
25,4	2	21 - 41	5 - 8	241 - 276	66 - 71	23 - 29	28 - 55	6 - 7	241 - 276	54 - 59	21 - 27
38,1	2	21 - 48	6 - 8	276 - 310	71 - 76	20 - 26	34 - 62	6 - 7	276 - 310	59 - 64	18 - 24
50,8	3	28 - 62	7 - 10	276 - 310	99 - 106	18 - 23	34 - 62	7 - 8	276 - 345	71 - 83	15 - 21
63,5	3	28 - 69	8 - 12	310 - 345	106 - 113	15 - 20	41 - 69	7 - 8	310 - 345	83 - 94	14 - 18
76,2	4	34 - 69	8 - 14	276 - 345	127 - 151	14 - 18	55 - 83	8 - 9	310 - 345	99 - 118	12 - 17
101,6	5	41 - 83	10 - 16	310 - 379	184 - 201	12 - 17	55 - 83	9 - 14	310 - 379	142 - 170	11 - 15
127,0	5	34 - 90	12 - 18	345 - 379	201 - 212	11 - 14	55 - 83	9 - 14	345 - 379	156 - 170	9 - 14
152,4	6	48 - 90	14 - 21	310 - 379	236 - 283	9 - 12	69 - 103	12 - 17	310 - 379	189 - 236	8 - 11
203,2	6	48 - 97	16 - 24	310 - 379	236 - 283	8 - 9	69 - 103	12 - 17	379 - 448	212 - 236	6 - 9
254,0	7	69 - 103	19 - 26	310 - 379	330 - 401	6 - 8	–	–	–	–	–
304,8	8	69 - 103	23 - 29	310 - 379	425 - 472	5 - 8	–	–	–	–	–

*: Source : Buse standard pour acétylène : Victor® types 1-101,3-101 oxyacétylène.

** : Source : Buse standard pour le gaz naturel : Victor® types 303MP, GPN, GPP.
Les débits de gaz naturel, de propane, de propylène et d'oxygène sont exprimés en L/min à l'état gazeux.

L'oxycoupage au gaz naturel



TABLEAU 2 (SUITE): Paramètres de coupe (associés aux buses de coupe tout usage de la compagnie Victor®; Impérial)

PARAMÈTRES DE COUPE SUR ACIER DOUX PROPRE (manuel, automatique) – Impérial											
Épaisseur de l'acier (po)	Type d'orifice	Acétylène *		Oxygène de coupe *		Vitesse de coupe (po/min) *	Gaz naturel, propane, propylène **		Oxygène de coupe **		Vitesse de coupe (in/min) **
		Pression (psig)	Débit (scfh)	Pression (psig)	Débit (scfh)		Pression (psig)	Débit (scfh)	Pression (psig)	Débit (scfh)	
¼	000	3 - 5	3 - 5	20 - 25	20 - 25	28 - 32	3 - 5	5 - 6	20-25	12 - 14	24 - 28
¼	00	3 - 5	4 - 6	20 - 25	30 - 35	27 - 30	3 - 5	5 - 7	20-25	22 - 26	21 - 25
¾	0	3 - 5	5 - 8	25 - 30	55 - 60	24 - 28	3 - 5	8 - 10	25-30	45 - 55	20 - 24
½	0	3 - 5	6 - 10	30 - 35	60 - 65	20 - 24	3 - 5	8 - 10	30-35	50 - 55	18 - 22
¾	1	3 - 5	8 - 13	30 - 35	80 - 85	17 - 21	4 - 6	10-12	30-35	70 - 80	15 - 20
1	2	3 - 6	10-16	35 - 40	140 - 150	15 - 19	4 - 8	12-15	35-40	115 - 125	14 - 18
1 ½	2	3 - 7	12-18	40 - 45	150 - 160	13 - 17	5 - 9	12-15	40-45	125 - 135	12 - 16
2	3	4 - 9	14-22	40 - 45	210 - 225	12 - 15	5 - 9	14 - 18	40-50	150 - 175	10 - 14
2 ½	3	4 - 10	16-26	45 - 50	225 - 240	10 - 13	6 - 10	14 - 18	45-50	175 - 200	9 - 12
3	4	5 - 10	18-30	40 - 50	270 - 320	9 - 12	8 - 12	16-20	45-50	210 - 250	8 - 11
4	5	6 - 12	22-34	45 - 55	390 - 425	8 - 11	8 - 12	20-30	45-55	300 - 360	7 - 10
5	5	5 - 13	26-38	50 - 55	425 - 450	7 - 9	8 - 12	20-30	50-55	330 - 360	6 - 9
6	6	7 - 13	30-44	45 - 55	500 - 600	6 - 8	10 - 15	25-35	45-55	400 - 500	5 - 7
8	6	7 - 14	34-50	45 - 55	500 - 600	5 - 6	10 - 15	25-35	55-65	450 - 500	4 - 6
10	7	10-15	40-56	45 - 55	700 - 850	4 - 5	–	–	–	–	–
12	8	10-15	48-62	45 - 55	900 - 1000	3 - 5	–	–	–	–	–

*: Source: Victor® types 1-101,3-101 oxyacétylène.

** : Source: Victor® types 303MP, GPM, N, P, 312, 200, 212, 244.

Les débits de gaz naturel, de propane, de propylène et d'oxygène sont exprimés en L/min à l'état gazeux.

Note 1 : Le débit total d'oxygène requis lors du procédé d'oxycoupage est composé du débit d'oxygène de chauffe pratique (Tableau 1) et du débit d'oxygène de coupe (Tableau 2).

Note 2 : Lorsque le gaz naturel est utilisé pour l'oxycoupage, il est nécessaire de vérifier la pression du gaz en aval du régulateur, afin de s'assurer que la pression est suffisante.

L'oxycoupage au gaz naturel



TABLEAU 3 : Comparaison des coûts d'opération

		ACÉTYLÈNE	PROPANE	PROPYLÈNE	GAZ NATUREL
Débit de combustible à l'état gazeux	L/min	8,5	7,6	7,6	7,6
Débit d'oxygène de chauffe	L/min	9,3	26,4	19,6	11,3
Débit d'oxygène de coupe	L/min	102,7	76,7	76,7	76,7
Vitesse de coupe	m/min	0,34	0,30	0,30	0,30
Consommation de combustible par plaque	L	75	76	76	78
Consommation d'oxygène par plaque	L	981	1022	953	872
Coût en combustible par plaque	\$	1,51	0,25	1,07	0,04
Coût en oxygène par plaque	\$	3,8	4,0	3,7	3,4
Coût d'opération total par plaque	\$/plaque	5,34	4,24	4,79	3,44

HYPOTHÈSES

Client fictif ayant besoin de couper des plaques de 50 mm (2 po) d'épaisseur, sur une longueur de 3 m (10 pi). Le temps de chauffe n'est pas pris en compte, car il est négligeable. Les prix sont à titre indicatif étant donné qu'ils varient le fournisseur, la consommation mensuelle, la date et la région.

PRIX DES GAZ³

- Acétylène : 20,00 \$/m³
- Propane : 0,82 \$/lb
- Propylène : 3,57 \$/lb
- Oxygène : 3,90 \$/m³
- Gaz naturel : 48,5 ¢/m³.

³ Prix non négociés, novembre 2011, pour une consommation de 1 cylindre de 10 m³ d'acétylène par semaine, 1 cylindre de propane toutes les deux semaines (1 cylindre = 100 lb); 1 cylindre de propylène toute les deux semaines (1 cylindre = 105 lb), 15 cylindres d'oxygène par semaine (1 cylindre = 6,9 m³) et prix du gaz naturel, avril 2012, pour un client consommant 25 000 m³ annuellement.