ガス切断に関する二、三の実験 (第 7 報)*

—特殊火口による切断結果について—

水 津 寛 一** 安 田 武 夫**

Some Investigations Regarding Oxygen Cutting (Report 7)*

—Cutting Ability of Twin and Flat Nozzle Tips—

By Kan-ichi Suizu** and Takeo Yasuda**

Abstract

Cutting ability of twin divergent nozzle tips and flat nozzle tips specially made for the experimental use, was investigated.

The results may be summarized as follow :

- (1) Cutting efficiency of the twin nozzle tips is not higher than that of standard single nozzle tips, and decreases with increasing space between both nozzles.
- (2) Cutting efficiency of the flat nozzle tips is conspicuously below that of standard nozzle tips.
- (3) Variation of the nozzle position to the cutting direction, that is tandem or transverse, has no significant effect on the cutting efficiency at usually encountered cutting speed.
- (4) However, at slower cutting speed, the nozzle position has a great influence on the cutting ability. The critical speed, at slower than which the cutting ability decrease abruptly in spite of the increase in oxygen quantity per unit length of cut, of the tandem twin nozzle tips is higher than that of the standard single nozzle tips. On the contrary, when transverse flat nozzle tips are used, the critical cutting speed is greatly lowered.

1. 緒 言

ガス切断火口の切断孔で現在最も広く採用されている形状は平行またはダイバーゼントの円形ノズルであるが筆者らはここに特殊な形状を有する火口を製作し筆者らの考察による楔形試験片を用いて切断実験を行ない、切断効率などについて一般火口との比較を行なった。製作した特殊火口は円形のダイバーゼントノズルの切断孔を二つ有する twin ダイバーゼントノズル火口と偏平な断面形状を有する flat ノズル火口に大別される。前者では単位ノズルの寸法とノズル間隔を種々に変え、後者では偏平さを種々に変えた。

実験の結果ここに用いた火口に関する限りでは flat ノズル火口よりも twin ノズル火口の方が高い切断効率を示した。しかしそれととも一般の単一ノズル火口の切断効率にはおよばないことが判明した。また切断方向に対してたとえば twin ノズルを tandem にしても横向きにしても切断効率にはあまり大差のないことが判明した。切断速度を適度に低くしていった場合切断能力が急激に減小する臨界切断速度の存在が前報において知ら

れた。twin ノズルおよび flat ノズル火口のこのような臨界速度は一般標準火口のそれとはかなり相違し、かつノズルの向きを変えることによって相当変化することが判明した。特に flat ノズルで横向の場合には切断速度が 30mm/min のきわめて低い速度においてもなお切断能力の低下を生じないという興味ある事実も判明した。以下これらについて簡単に報告する。

2. 実験要領

2.1 実験火口

製作した twin ダイバーゼントノズル火口形状、寸法を Table 1 に示した。TD-0, TD-1, TD-3 の単位ノズルはそれぞれ Style 108#0, #1, #3 と同じ寸法としている。twin ノズルのノズル間隔はノズルの喉径 d の 2, 3, 4 倍の 3 種類とした。予熱孔は前報の結果からわかるように十分切断孔に接近せしめかつ孔数を多くして予熱不足により切断効率が低下しないように注意した。

Flat ノズル火口は Table 2 に示す 4 種とした。 $R=0.6\text{ mm}$ に対し $d=1.0$ と 1.5 mm , $R=0.9\text{ mm}$ に対しては $d=1.5\text{ mm}$ と 3.0 mm とした。予熱孔は前と同様に普通のアセチレン流量範囲で十分の予熱効果を有するようにした。

*原稿受付 昭和35年10月31日(昭和35年度秋季溶接学会学術講演会において発表)

**正員 川崎重工業株式会社造船工務部, Member, Kawasaki Dockyard Co., LTD.

Table 1 Twin divergent nozzle tips used

Tip mark	Cutting orifice						Preheating orifice					
	E	L_1	L	d	d_e	S	m_0	P.C.D. of m_0	m_a	dp	t	n
TD-0-12	3.0	9.0	5.0	0.6	0.78	1.2	0.65	10.0	0.8	0.9	3.4	8
TD-0-10	4.0	"	"	"	"	1.8	"	"	"	"	"	"
TD-0-24	"	"	"	"	"	2.4	"	"	"	"	"	"
TD-1-18	"	"	"	0.9	1.17	1.8	0.8	"	1.1	1.1	4.3	"
TD-1-27	5.0	"	"	"	"	2.7	"	"	"	"	"	"
TD-1-36	"	"	"	"	"	3.6	"	"	"	"	"	"
TD-3-24	"	12.0	"	1.2	1.56	2.4	"	"	"	"	4.7	"
TD-6-36	"	"	"	"	"	3.6	"	"	"	"	"	"
TD-3-48	6.0	"	"	"	"	4.8	"	"	"	"	"	"

Table 2 Flat nozzle tips used

Tip mark	Cutting orifice			Preheating orifice					
	E	d	R	m_0	P.C.D. of m_0	m_a	dp	P.C.D.	n
F-10	3.0	1.0	0.6	0.65	10.0	0.8	0.9	4.0	6
F-20	"	2.0	"	0.8	11.0	1.1	"	5.0	"
F-15	"	1.5	0.9	0.65	10.0	0.8	1.1	5.0	"
F-30	"	3.0	"	0.8	11.0	1.1	"	6.5	"

2. 2 切 断

既報のごとく勾配 $\frac{1}{3}$ の楔形試験片を用い、切断酸素圧力はトーチの火口入口で圧力計により一定値とし、アセチレン流量はロータメータで計測した。

3. 実験結果および考察

3. 1 Twin ノズル火口

先ず各火口の切断酸素流量を測定した。測定の方法は第1報で述べたように筆者らの製作した水・ガス置換の

Fig. 1 Oxygen pressure vs. oxygen flow relation of twin divergent nozzle tip

測定装置によって、測定結果から Fig. 1 にみられる流量対圧力の関係が得られた。各火口とも二つのノズルが接近するほど若干流量が大きくなっているが圧力に関してはほぼ次の関係が成り立つ。

$$V=K \quad (P+1)$$

Style 108 の単一ノズル火口では 7 kg/cm^2 付近で最大の切断効率が得られたが twin ノズルではどのようなかを調査した結果は Fig. 2 のようになった。下の図は最大切断厚さ T_m と圧力 P との関係を、上の図は切断効率 $\eta = \frac{T_m \cdot v}{V}$ (mm^2/l) と圧力 P との関係を示している。これによれば twin ノズルの場合も 7 kg/cm^2 前後の酸素圧力で最大の切断効率が得られている。したが

Fig. 2 Determination of the most suitable oxygen pressure for twin divergent nozzle tip

Fig. 3 Results of cutting with twin divergent nozzle tip (tandem position)

って以下この twin ノズル火口では単一ノズル火口同様に 7 kg/mm^2 を標準圧力とした.

2つの切断孔を切断方向に対し **tandem** に配置して切断を行なった場合の結果を **Fig. 3** に示す。ここにおいても単一ノズル火口の場合と全く同様に低速部分を除き最大切断厚さと切断速度との関係は次式で表わされる¹⁾。

$$T_m = m(\log v - \log 1200)$$

同一寸法のノズルでもノズル間隔の相違により切断能力にも若干差のあることがわかる。

次に **twin** ノズルを切断方向に対し横向にした状態で切断を行なった結果は Fig. 4 のようになった。**tandem** の場合と同様に $T_m - \log v$ は直線的関係にあるが低速においてはやはり T_m が急激している。ただしその臨界速度は **tandem** の場合より一般に若干低速側にあることが Fig. 3 との比較によって認められる。

Fig. 4 Results of cutting with twin divergent nozzle tip (transverse position)

3. 2 Flat ノズル火口

各火口の酸素流量対圧力の関係は Fig. 5 のようになり圧力に関しては twin ノズル火口の場合と同様に

$$V=K \ (P+1)$$

の関係が成立する.

切断速度 $v=200\text{ mm/min}$ として酸素圧力を種々に変えて切断した結果は Fig. 6 のようになった。下の図は T_m を、上の図は T_m から求めた η を示している。この結果によれば約 1.5 kg/cm^2 のきわめて低い圧力において最大の η が得られている。したがって以下本火口は 1.5 kg/cm^2 を標準圧力として実験を行なった。

Fig. 5 Oxygen pressure vs. oxygen flow relation of flat nozzle tip

Fig. 6 Determination of the most suitable oxygen pressure for flat nozzle tip

Fig. 7 Results of cutting with flat nozzle tip (longitudinal position)

まずノズル断面の長軸を切断方向と一致せしめて切断した結果 T_m と v との関係は Fig. 7 のようになった。 $v=100$ mm/min 以上では $T_m - \log v$ は直線的関係を有するが、 $v=100$ mm/min 以下では F-20, F-15, F-10 火口が $v=70 \sim 100$ mm/min の範囲で T_m が減小し、F-30

は 70,50 mm/min においてもなお高い T_m を示し $v=30$ mm/min においてようやく減小している。

次にノズル長軸を横向きにして切断した結果は Fig. 8 のようになった。Fig. 7 と異なる点は F-20, F-15, F-10 火口においては $v=30$ mm/min になってもなお T_m の増大が認められることでこれは一般の火口や前記 twin ノズル火口などには見られなかった現象である。

Fig. 8 Results of cutting with flat nozzle tip (transverse position)

3. 3 標準火口との比較

以上 twin ノズル, flat ノズル両火口の切断結果からいずれの場合も v が小さい場合を除けば最大切断厚さ T_m と切断速度 v との関係は

$$T_m = m (\log v - \log 1200)$$

で表わされたから切断効率 η は

$$\eta = \frac{T_m \cdot v}{V} = \frac{m (\log v - \log 1200) \cdot v}{V}$$

となる。したがって酸素流量 V をベースにとれば m の絶対値の大小をもって η の大小が比較される。この比較を Fig. 9 に示した。左の図は twin ノズルを tandem に、flat ノズル長軸を切断方向にした場合を、右の図は反対の場合を示している。図に示した点線は Style 108, 102 の標準火口の m を表わしている。まず twin ノズル火口についてみると TD-0, TD-1 と二つのノズル間隔が大きくなるほど m の絶対値は小さくなっており、かつノズルの向きによる相違はあまりないことがわかる。

しかしいずれも Style 108, 102 よりも低い値を示している。TD-3 火口になるとノズル間隔の相違による差はきわめて小さくかつほぼ Style 102 火口程度の切断効率を有している。また tandem の場合がわずかによいようである。Flat ノズル火口は twin ノズル火口よりもさらに低い値を示しその向きによる相違もあまりないことがわかる。

以上切断速度のきわめて低い場合を除けば一般に twin ノズル火口も flat ノズル火口も標準の火口以上の切断効率は得難いことが判明した。

次に低速になった場合 T_m の減少し始める臨界切断速

Fig. 9 Comparison of cutting ability on the basis of oxygen consumption

度であるがこれは第6報からもわかったごとく予熱アセチレン流量などによっても若干異なり普遍的な臨界速度は決め難いが前記の $T_m - \log v$ 曲線の T_m の最大値に対応する切断速度を臨界切断速度 v_c として図から求めた値をプロットすると Fig. 10 のようになった。標準の Style 108, 102 の値は第6報の結果から求めたものをあげた。これによれば twin ノズルの tandem はもっとも高い v_c を示している。これに対する単純な説明としては前者は後続ノズルの高速気流によってスラグの除去が速められて反応部が冷却し、定常的反応域の消滅がはやめられるのに反し後者の場合は比較的遅い速度の切断気流で巾の広いカーフを切断反応が進行していくので定常的反応域の消滅が生じ難いためと考えられる。なお flat ノズル火口においてノズルの偏平さを変えたにもかかわらず切断効率や上記臨界速度にあまり差のないことはシ

Fig. 10 Comparison of critical cutting speed

ュリーレンによる酸素気流の観察からも判明したことであるがノズルの偏平さを大としてもそれに応じては切断気流の偏平さが増大しないことによるのではないかと考えられる。

以上本実験の範囲から結論されることは、切断気流を

細めても切断効率は高くならず酸素流量に応じてある適当な巾を有する気流が要求せられる。また低速においては巾が広くかつ速度のおそい気流のほうがかえって好ましいものといえる。このことは切断機構の理解と必然的に低速となる厚物切断用火口の設計に対し1つの重要な示唆を与えるものと考えられる。

4. 結 言

以上 twin ノズル火口および flat ノズル火口を用いて切断実験を行なった結果判明したことがらを要約するとおおよ次のようになる。

- 1) Twin ノズル火口の切断効率は単一ノズル火口のそれよりも低く、かつ両ノズル間隔を大とするほど切断効率が低下する。
- 2) Flat ノズル火口はさらに切断効率が低下する。
- 3) Twin ノズルあるいは flat ノズルの向きを切断方向に対し tandem (縦向き) または横向としても切断効率に大きな差は生じない。
- 4) 以上は切断速度が 100~150mm/min 以上の速度範囲における結果であるが切断速度が低くなると異なった結果となる。すなわち低速において切断能力の急減する臨界切断速度は tandem の twin ノズル火口が最も高くおよそ 100~120mm/min で横向の flat ノズル火口がもっとも低くおよそ 30mm/min 以下となる。これは標準火口の 80mm/min 前後の値に対しかなり大な相違である。

謝 辞

本実験を行なうに当って大阪大学工学部教授大西巖博士、同水野政夫助教授ならび当社造船工作部長兼技術研究所溶接研究室長吉田俊夫博士から終始御懇切な御指導を賜わった。ここに併記して感謝の意を表します。

文 献

- 1) 水澤, 安田: ガス切断に関する二, 三の実験(第1報), 川崎技報, 第19号(1959年7月)および本誌, Vol. 29(1960), No. 2.