

液晶式自動遮光溶接面の切換え時間

奥野 勉^{*1} 小林 憲弘^{*2}

近年、アーク溶接作業現場では、液晶式自動遮光溶接面（液晶面）が普及しつつある。液晶面は、その液晶フィルタプレートを、アークが点灯している場合には暗く、消灯している場合には明るくなるよう自動的に変化させる。したがって、液晶面は、アークの点滅にかかわらず、常に着用していることができる。アークの点灯から、液晶面がこれを検知し、液晶フィルタプレートを暗くするまでの時間が切換え時間である。切換え時間は、着用者の光への曝露を減らすため、短い方が望ましい。本研究では、液晶面の切換え時間の試験装置を開発し、これを用いて、現在、我国で市販されている液晶面の製品を評価した。調査した液晶面の切換え時間は、すべて規定値の60分の1以下であり、EN 379の規定を満たしていた。しかし、切換え時間の逆数として求めた切換え速度は、カタログなどに記載されている切換え速度の公称値と、一般に、異なっていた。特に、一部の製品では、測定値が公称値よりかなり小さかった。その理由としては、液晶面を製造または販売する個々の会社が、切換え時間とは無関係に独自に切換え速度を定義し、その値を公表していることが考えられる。本結果は、切換え速度の公称値によって、切換え性能に関する製品の優劣を判断できないことを示している。液晶面を製造、販売するすべての会社が、同一の基準に従って切換え速度を評価し、その値を公表することが望まれる。

キーワード： 液晶式自動遮光溶接面、切換え時間、アーク溶接、遮光保護具

1 はじめに

アーク溶接作業では、アークおよびその近傍から、強い有害光線（紫外放射と光）およびスパッタが発生する。これらの有害因子から顔と目を守るため、および、目に入射する光を減衰させ、適切な明るさの視野を得るため、アーク溶接を行う際には、溶接用保護面（溶接面）を着用する必要がある。

溶接面としては、現在、我国では、ハンドシールド形が非常に多く使用されている。その場合、アークの点滅に従ってすばやく溶接面を着脱する必要があるため、作業者は、作業の間、常に溶接面を片手で保持している。このため、両手を作業に使用することができない。また、アークを点灯する際、溶接面の装着が遅れ、作業者が有害因子へ曝露される危険性がある。

一方、近年、アーク溶接作業現場では、従来の溶接面の代わりに、液晶式自動遮光溶接面（液晶面）が普及し

つつある。液晶面（図1）は、明るさ（透過率）が変化する液晶フィルタプレートと、アークの点滅を検知する光センサをもつ。液晶面は、液晶フィルタプレートを、アークが点灯している場合には暗く、消灯している場合には明るくなるよう自動的に変化させる。したがって、従来の溶接面と異なり、液晶面は、アークの点滅にかかわらず、常に着用していることができる。このため、作業者は、両手を作業に使い、また、アークを点灯する際に、装着が遅れ、有害因子へ曝露されることもない。ただし、液晶面の場合には、アーク溶接の開始の際、液晶面がアークの点灯を検知し、液晶フィルタプレートを暗くするまでの短い時間、作業者の目がアークの光へ曝露される。

アークの点灯から、液晶面がそれを検知し、液晶フィルタプレートを暗くするまでの時間は、切換え時間と呼ばれる。切換え時間は、液晶面の性能を表す重要な数値であり、短い方が望ましい。切換え時間が短い製品では、アークを点灯する際の光への曝露量が小さく、また、その際に感じられるちらつきも小さい。

液晶面の製品のカタログなどでは、明状態から暗状態への切換え速度（遮光速度、反応速度などとも呼ばれる）を、何分の1秒という形で表示していることが多い。その場合、分母の数値が切換え速度であり、おおむね切換え時間の逆数に相当すると考えられる。切換え速度の場合には、その値が大きいほど、製品が優れている。

これまで、我国では、液晶面を製造または販売する会社も、また、公的な試験機関も、その試験装置をもっていなかったため、液晶面の切換え時間の測定は行われていなかったと思われる。本研究では、液晶面の切換え時間の試験装置を開発し、これを用いて、現在、我国で市販されている液晶面の製品を評価した。本稿では、これについて報告する。

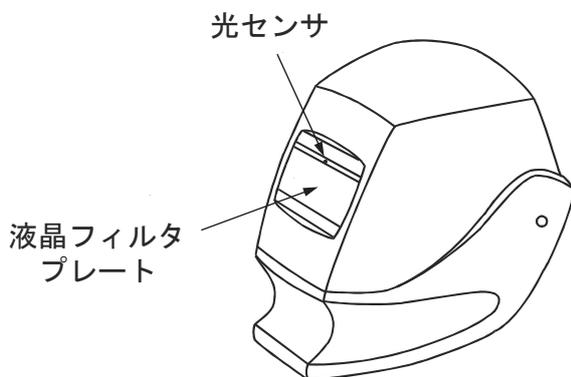


図1 液晶式自動遮光溶接面の一例

*1 人間工学・リスク管理研究グループ

*2 株式会社社研オプテック

2 方法

多くの液晶面の製品では、液晶フィルタプレートは、ヨーロッパ規格（EN 規格）EN 379¹⁾に適合しており、切り換え時間を含むその性能は、同規格の規定を満たしていると考えられる。そこで、本研究では、この EN 規格によって定義される切り換え時間を測定した。

切り換え時間は、次の式で表される。

$$t_s = \frac{1}{\tau_1} \int_0^{t_0} \tau(t) dt \quad (1)$$

ここで、 t_s は切り換え時間、 t は時刻であり、アークを点灯した時点点をゼロとする。 $\tau(t)$ は時刻 t における液晶フィルタプレートの視感透過率であり、視感透過率の経時的变化を表す。 τ_1 は明状態における液晶フィルタプレートの視感透過率である。 t_0 は、液晶フィルタプレートの視感透過率が暗状態における視感透過率の 3 倍になる時刻、すなわち、 $\tau(t) = 3\tau_2$ を満たす時刻である。ここで、 τ_2 は暗状態における液晶フィルタプレートの視感透過率である。図 2 に、切り換え時間の概念を模式的に示す。

なお、この視感透過率は、EN 規格 EN 379¹⁾ と EN 165²⁾ によって、次のように定義されている。

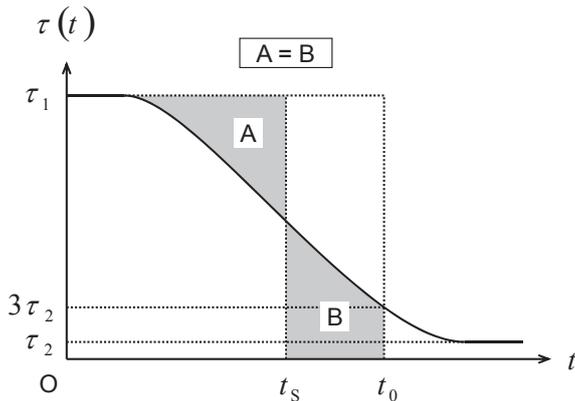


図2 視感透過率の経時的变化と切り換え時間の関係
A と B の部分の面積が等しくなる時刻が、切り換え時間である。

$$\tau_v = \frac{\int_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} \phi_A(\lambda) T(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} \phi_A(\lambda) V(\lambda) d\lambda} \quad (2)$$

ここで、 τ_v は視感透過率、 $T(\lambda)$ は、フィルタの分光透過率である。 $\phi_A(\lambda)$ は標準イルミナント A の相対分光分布であり、ISO 規格 ISO 11664-2³⁾ によって定義される。 $V(\lambda)$ は、標準比視感度である。

液晶面の切り換え時間の測定には、LCF 検査装置 (TS-3, 理研オプテック) を改造したものを使用した。本装置は、標準イルミナント A と同じ相対分光分布の光を液晶フィルタプレートに入射させ、その透過光を標準比視感度と同じ相対分光感度をもつ光センサで受けることによって、液晶フィルタプレートの視感透過率を直接測定する。また、LED の赤外放射を液晶フィルタプレートの光センサに照射することによって、液晶フィルタを作動させ、明状態から暗状態へ変化させる。その際の液晶フィルタプレートの視感透過率の経時的变化から切り換え時間を求める。本装置は、1 回の試行について、自動的に 4 回測定を行い、その測定値の平均値、最大値、最小値を表示する。

測定を行った液晶面は、我国の会社 4 社 (A, B, C, D の記号で表す) が市販する合計 9 モデル (A 社のモデルは A1, A2, B 社のモデルは B1, B2, B3, 以下同様の記号で表す) である (表 1)。すべてのモデルにおいて、液晶フィルタプレートは、EN 379¹⁾ に適合している。同じモデルの製品の間で性能の差がある可能性を考慮し、各モデルについて、2 個ずつ製品を調べた。一般に、液晶面は、使用する作業に応じて、暗状態の遮光度番号を複数の値から選ぶことができる。本研究では、液晶面の暗状態の遮光度番号を、比較的明るい条件である 9 に設定した。

測定は、温度 21°C の室内で行った。

各製品について、測定した切り換え時間の逆数を計算し、切り換え速度とした。

3 結果と考察

表 1 液晶式自動遮光溶接面の試料

製造または 販売会社 (記号)	モデル (記号)	試験商品数	切り換え速度 (s ⁻¹) (公称値)	遮光度番号	
				明状態	暗状態
A	A1	2 個	20,000	4	9
	A2	2 個	25,000	4	9
B	B1	2 個	2,500	3	9
	B2	2 個	10,000	3	9
	B3	2 個	10,000	3	9
C	C1	2 個	16,000	3.65	9
	C2	2 個	20,000	3	9
D	D1	2 個	3,333	4	9
	D2	2 個	6,000	4	9
合計	4 社	9 モデル			
		18 個			

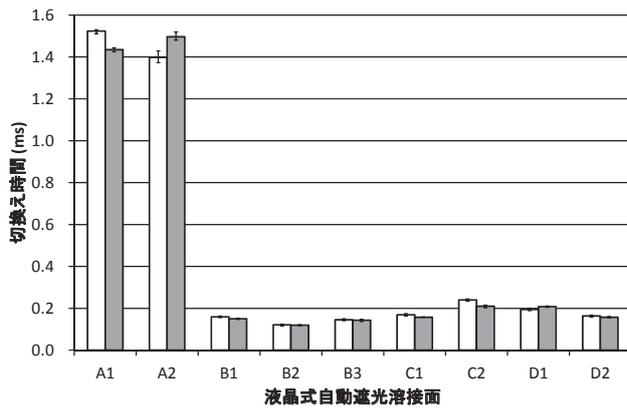


図3 切換え時間の測定値

各モデルの2本の棒は、そのモデルの2個の製品のデータを示す。棒の高さは、4回の測定の平均値、誤差棒は、最大値と最小値を表す。

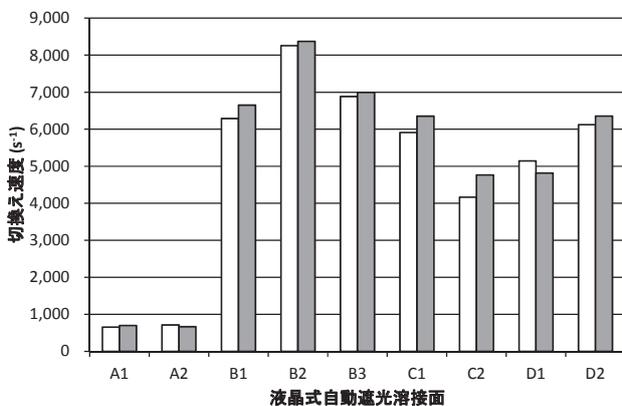


図4 切換え速度の測定値

各モデルの2本の棒は、そのモデルの2個の製品のデータを示す。

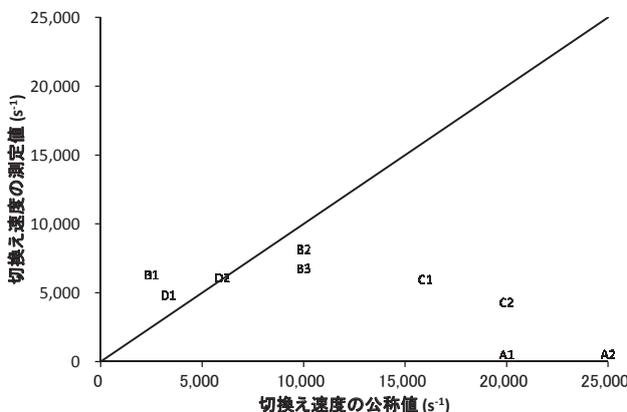


図5 切換え速度の測定値と公称値の関係

記号はそのモデルを、直線は測定値と公称値が等しい場合を示す。

切換え時間の測定値(表2, 図3)は、製品によって異なり、0.12 msから1.52 msまでの広い範囲にあった。ただし、A社の製品のみが突出して長く、それを除外すると、0.12 msから0.24 msまでの範囲となった。

本研究では、液晶面が遮光度3または4の明状態から遮光度9の暗状態へ移行する場合の切換え時間を測定した(表1)。EN 379では、切換え時間が、遮光度3から9への移行の場合には100 ms、遮光度4から9への移行の場合には200 msを超えてはならないとしている¹⁾。今回調査した液晶面の切換え時間は、すべて規定値の60分の1以下であり、EN 379の規定を満たしていた。

同一の製品に対する4回の繰り返し測定では、結果にあまり差はなく、液晶面が安定して動作することがわかった。また、同一のモデルの2個の製品の結果もあまり差はなく、切換え時間に関する製品の個体差が小さいことがわかった。

切換え時間の逆数として求めた切換え速度(表2, 図4)は、A社の製品では、660 s⁻¹から720 s⁻¹まで、それ以外の製品では、4170 s⁻¹から8370 s⁻¹までの範囲にあった。切換え速度の測定値と公称値は、一般に、異なっていたが、特に、A社とC社のモデルでは、測定値が公称値よりかなり小さかった(表2, 図5)。また、測定値と公称値の間に、明らかな相関は見られなかった(図5)。その原因としては、液晶面を製造または販売する個々の会社が、切換え時間とは無関係に独自に切換え速度を定義し、その値を公表していることが考えられる。本結果は、切換え速度の公称値によって、切換え性能に関する製品の優劣を判断することができないことを意味している。液晶面を製造または販売するすべての会社が、同一の基準に従って切換え速度を評価し、その値を公表することが望まれる。

本研究では、液晶面の切換え時間の試験装置を開発し、測定に使用した。しかし、本装置は、試作段階のものであり、その測定の信頼性については、検証されていない。したがって、本研究の結果を解釈するには、そのような不確実性を考慮する必要がある。

4 まとめ

本研究では、我国の会社4社が市販する液晶面9モデル、合計18製品について、切換え時間を測定し、その逆数として、切換え速度を求めた。その結果、次のことがわかった。

- すべての製品において、切換え時間の測定値がEN 379¹⁾の規定値よりも小さかった。すなわち、EN 379の規定を満たしていた。
- 多くの製品において、切換え速度の測定値は、公称値よりも小さかった。

表 2 切換え時間の測定の結果

モデル	製品	切換え時間 (ms)			切換え速度 (s ⁻¹)	
		平均値	最大値	最小値	測定値	公称値
A1	製品 1	1.523	1.530	1.511	656	20,000
	製品 2	1.435	1.444	1.425	697	
A2	製品 1	1.398	1.429	1.373	715	25,000
	製品 2	1.496	1.519	1.480	668	
B1	製品 1	0.159	0.163	0.155	6289	2,500
	製品 2	0.150	0.152	0.147	6650	
B2	製品 1	0.121	0.124	0.115	8257	10,000
	製品 2	0.119	0.122	0.117	8373	
B3	製品 1	0.145	0.150	0.141	6884	10,000
	製品 2	0.143	0.147	0.137	6992	
C1	製品 1	0.169	0.174	0.163	5911	16,000
	製品 2	0.157	0.159	0.157	6354	
C2	製品 1	0.240	0.245	0.234	4165	20,000
	製品 2	0.210	0.215	0.203	4765	
D1	製品 1	0.194	0.200	0.189	5144	3,333
	製品 2	0.208	0.211	0.205	4816	
D2	製品 1	0.163	0.168	0.158	6122	6,000
	製品 2	0.157	0.161	0.154	6355	

・切換え速度の測定値と公称値の間に、明らかな相関は見られなかった。

参 考 文 献

1) Comité Européen de Normalisation (CEN). EN 379:2003+A1:2009 Personal eye-protection — Automatic welding filters. CEN; 2009.

2) Comité Européen de Normalisation (CEN). EN 165:2005 Personal eye-protection — Vocabulary. CEN; 2005.
 3) International Organization for Standardization (ISO). ISO 11664-2:2007 Colorimetry — Part 2: CIE standard illuminant. ISO; 2007.