熔 接 學 會 誌

第15卷 第9號

昭和21年9月

アンダーカットの成因

大 西 巖 *
菊 田 米 男 **

On the Occurrence of "Under-Cut"

Yusuo Ohnishi *

Yoneo Kikuta **

Abstract

Under-cut which occurs occasionally in the metallic arc welding is unaccountable phenomenon. We attend to trace the Under-cut to its origin and to describe necessary conditions to promote this occurrence.

As the result of the experiment mechanism of under-cut was illustrated. We can say that it is the natural consequence of the arc welding and conditions to promote the occurrence of it are as follow :—

higher current density,
higher welding speed,
higher temperature of mother metal,
lower melting point of mother metal,
rust of the metal used,
polarity,

to use characteristic coated electrode such as coating material of higher arc voltage, bad fluidity of metal, unsuitable fluidity and freezing point of slag. And finally, improper manipulation of welder.

内 容 梗 概

アンダーカットの発生を防がんとするには先づアンダーカットとは如何なるものか、如何にして生じるかを明にすることが必要である。各種條件の下に於ける電弧熔着並に其の断面検査を行ひたる結果、アンダーカットは電弧により母材面上の掻き取られた部分が熔融金属により充分埋められなかつた場合に残る窪みであり、この窪みの発生

を助長する數種の條件が明らかとなつた。一定の熔接棒を使用する場合には熔接電流と熔接速度とが最大なる影響を及ぼすが、此の他にも等閑視得ざる種々の條件があり、熔接棒自身も亦大なる成因をなす。これ等を實驗的に指摘し考察した。

* 大阪帝國大學教授

Professor of the Osaka Imperial University.

** 大阪帝國大學工學部學生

Student of the Engineering Faculty, O. I. U

た。

I. 緒 言

アンダーカットは電弧溶接に於て屢々見受けられる溶接部の一缺陷であり、強度上切欠効果を與へるのみならず用途によりては著しき局部腐蝕を誘發せしめる原因ともなり、又溶接部の外觀としても不満足である。此のアンダーカットを生じる原因は溶接棒の種類により或は其の他の溶接條件によると考へられてゐるが、扱て如何なる機構により生じるか如何なる條件がこれを助長せしめるかに就ては未だ確然とした答は得られてゐない。アンダーカットの生成を防ぐためにはこれ等の點を明かにすることが必要である。

II. アンダーカットの説明

アンダーカットは「二番食込み」と譯されることがあり、熔着金屬に沿ひて其の隣接する母材表面に生ずる浅き溝と解されてゐる程度で甚だ漠然としてゐる。

抑も「二番」なる言葉は溶接以外の鍛、鑄方面に於て古くより用ひられてゐたものゝ如くで、主要部或は目的部の一番に次ぐ二番であるとも考へられるが、此の言葉の轉用の歴史は其の道の古老に教を乞ふ以外に文献は餘り見受けられない。此の語源に就て或る人は Haupt に對する “Neben” であり、又英語の “neighbour” より來るとし、然るが故に一番なる實用語は存在しないと稱してゐるが、共に穿ち過ぎた感もある。

何れにしても此の「二番」なる非科學的な用語のためにか、アンダーカットは世上往々誤り考へられて甚しきは第1圖(A)の如く圖解されたものさへある。此の圖が誤りであることは熔着部斷面を研磨、腐蝕して見れば極めて明瞭である。即ちアンダーカットの谷の最底部は母材部に存在するのでなく、熔融金屬部と殘存母材部との境界を

なすものであり、當然第1圖(B)の如く圖示すべきである。

III. アンダーカットの發生機構

元來金屬電弧溶接は母材金屬面と金屬溶接棒間にて發生する電弧により兩金屬を熔融し、これを利用して金屬接合の目的を達するのであるが、普通の場合溶接棒金屬は其の全體が熔融するに反し、母材金屬は其の一部分のみが熔融するのである。

今簡單のために金屬板上に熔着する場合を考へる。兩者間に電弧を發生した瞬間先づ母材面は第2圖(A)の如く削り除かれて浅き窪みを造る。次に此の窪みの部分を溶接棒よりの熔融金屬が充填して熔込ある熔着部となる。此の場合充填する金屬量が過少なるか或は熔融金屬が窪みの全周囲に迄流れ亘る迄に凝固して熔着を終了すれば熔着金屬の周圍部には第2圖(B)の如く浅き溝を残すことになる。熔着金屬量に比較して電弧により造られた母材面の溝の大き過ぎる場合も亦同様である。これが所謂アンダーカットであり、溶接棒を次第に移動さしビードを造り行く場合はアンダーカットは熔着金屬の兩側に生じることになる。

第3圖(A)は溶接棒と母板との間に電弧を發生せしめ、直ちに溶接棒を他の位置に移動せしめた場合に電弧發生位置に生じた窪みのスケッチにして、電流値の大となるに従ひ窪みは大きくなつて行く。又第3圖(B)は電氣植付溶接に於て電弧を發生せる瞬間器械が作動せず停止し、眞鍮棒の降下を伴はざりし場合に母板面に生じる窪みのスケッチである。此の窪みの部分にありし金屬は如何なる形にて何處に去りしかは別とし、窪みは必ず生じてゐる。

最後に故意にアンダーカットを造らんとする極端なる例を述べて説明する。一般にアンダーカットを起こし易き條件を具備する場合のビード終端のブール(轆)には必ずこれが現れてゐる。即ち

例へば熔接電流を相當強くし、何等運棒上の技巧を加へずに生じる電の周圍或は最終端部等には第 4 圖 (A) の如く殆どアンダーカットが現はれる。此の電の中央部附近より第 4 圖 (B) の如く再び熔着を経續して行けば此の部分のアンダーカットは最後迄残ることとなる。即ち熔接中運棒の速度が無意識の間に亂れたとすれば其の部分には上記の如きアンダーカットを生じることが叩ける。

以上を要約するにアンダーカットは電弧熔接には必ず伴ひ得る性質のものであり、此の發生を助長し、其の殘存を決定づける種々の條件が存在する。

IV. アンダーカットの發生を助長する

各種の條件

各種の被覆熔接棒及び裸熔接棒を使用して交流或は直流により、熔接電流値、熔接速度或は極性等を變へ、低炭素鋼板及び各種金屬版上に熔着金屬を造り或は各種接手の熔接を行ひアンダーカットの發生に就て試験せる結果を總括して述べると次の如くである。

1. 被覆熔接棒

アンダーカットの成因の前述の如くであり、主として熔接電流値と熔接速度とにより助長される故、裸熔接棒による熔接にも當然生じ得べきものではあるが、特に著しく生じ易いのは被覆熔接棒を使用した場合である。

(a) 被覆の厚さ

厚被覆熔接棒によれば電弧は被覆に囲まれて集中し、又眞の電弧長も或る程度大となつており、機械的に電氣的に局部に強熱が得られてゐる筈である。故に母材に出来る溝も當然深く大きくなり、アンダーカットの機會も多いことと考へられるが、實驗結果によれば厚被覆熔接棒は必ずしもアンダーカットを生じ易いとは限らない。即ち單

なる被覆の厚さよりも他の條件による影響の方が著しい。

(b) 熔滓の凝固溫度及び流動性

熔滓の流動性が適當でなく、第 5 圖 (A) に示すが如き形になり易く、而も其の凝固溫度が適當でなく、圖の如く電弧により創り取られた溝中に速かに凝固して残り、熔融金屬が此の部分に流れ込むことを妨げる種類の被覆熔接棒はアンダーカットの發生を助長する。

第 5 圖 (B) の如く片側の被覆を取り去りたる或る種の熔接棒を圖の如き方向に移動せしめて得たる熔着金屬に於て熔滓の片寄りたる側には此の原因によるアンダーカットが得られた。

(c) 熔劑が示す電弧電壓

假令薄被覆熔接棒であつても使用せる被覆熔劑が高電弧電壓を示す種類の熔接棒はアンダーカットを生じ易い。其の理由は熔接棒の過熱、赤熱化するを防止しながら熔接電流値を増加せる場合とし

て考へ得られる。第 6 圖の實驗結果に於ける限界線の幅は此の傾向を明らかに示してゐる。

2. 熔接電流、熔接速度

アンダーカットを発生せしめるためには熔接電流値は出来得る限り大きいことが必要である。但し棒全體が一時に熔融、滴下するが如き過大電流値の場合は勿論例外にして此の場合の熔着金屬は完全なものとは稱し得ない。

次に熔接電流値を大にするとともに熔接進行速度が極めて遅々たる場合はアンダーカットの発生を期待することが出来ない。即ち熔接速度も或る程度速かなことが同時に必要である。又例へば裸熔接棒の直流熔接の如く他のアンダーカット助長條件が貧弱なる場合に於ては熔接速度は時々變化することが必要にして急に速かとなりし部分にアンダーカットが現はれ易い。即ち速度不定の點より言へば手動熔接が特に必要條件となる譯である。

第6圖は熔接電流と熔接速度とを種々に變へた場合のアンダーカット發生の有無を示す。直徑4mmの軟鋼芯線を使用し、交流により軟鋼版上に熔着金屬を造つたのであるが母版の熱的條件、寸法、表面の銹其の他の諸條件に注意し、これ等による影響を防いだ。又被覆熔剤としては酸化チタニウム（電弧電壓20V或は以下）、酸化鐵（電弧電壓25V前後）、酸化アルミニウム（電弧電壓30V或は以上）、硼砂（電弧電壓35V前後）を夫に單獨にて使用し4種類の被覆熔接棒とした。

第6圖の斜線を施せる範圍内がアンダーカットを生じ得る領域である。限界を示す實線の傾向より窺へば本實驗の場合、熔接速度は少くとも5mm/sec以上なることが必要となつてゐる。但し本實驗結果は上記4種類の被覆熔接棒に就ての結果であり、被覆熔剤が異れば前述せるが如き種々の條件が著しく影響するを以て數値は當然異つて来る。唯熔接電流大なることと且つ熔接速度速かなることの必要なる一例を示したに過ぎない。

3. 極 性

一般に熔接棒を負極に接続した場合にアンダー

カットを生ずる傾向の多いことは當然考へられるが、被覆熔接棒に於ては被覆の影響が著しいためか極性の影響は殆ど現れない。但し裸熔接棒の場合は此の影響が明らかであつた。

4. 母材の温度

母材が高温度となる程アンダーカットを生じ易い。又母材の寸法が餘り大きくない場合には熔着開始部及び其の附近にはアンダーカットを生じなくとも熔着金屬終端部に近づくに従ひアンダーカットを生じ易い。

一般にアンダーカットを起こし易き條件を具備する場合には若し何等の運棒技巧を加へなければ、熔着金屬終端の處には必ずアンダーカットが現はれてゐる。

5. 母材の熔融點

母材の熔融點が熔接棒の熔融點より低い程アンダーカットは生じ易い。鑄鐵面に軟鋼熔接棒を熔着せるに軟鋼面にこれを熔着せる場合に比しアンダーカットは著しい。黃銅熔接に於ても使用する銅合金熔接棒の熔融點が如何により此の傾向が確認される。

母材の沸騰點が熔接棒の熔融點よりも低き場合は勿論であり、亜鉛版上に高熔融點金屬の熔着金屬を置かんとなれば亜鉛或は酸化亜鉛蒸氣を盛に發生し、極端なる場合は熔着部はアンダーカットのみとなる。

6. 母材面上の銹

母材面上の銹其の他汚物等の存在は等閑視できない問題である。これ等の一部は熔滓と化し、前述1(b)の如き影響を齎す場合があり、裸熔接棒の場合アンダーカットの一因となり得る。

被覆熔接棒の場合も同様である。元來被覆劑は清淨なる金屬面に熔着して好成績の熔滓と化するやう配合されており、母材面上の銹が加つて更に優秀となり得る場合は偶然であり稀である。且つ熔滓中に混入される銹、汚物等の成分並に量は常

に同一ではあり得ない。甚しく錆びたる軟鋼板面への熔着実験の結果によれば所々に此の原因によるアンダーカットを生じる場合が多い。同一條件により清浄板面に熔着すれば上記の如きアンダーカットを生じない事實により明らかである。

7. 接手の形状、熔接位置

アンダーカットは衝合接手よりも T 接手等の場合に現れ易い。更に T 接手に於ても垂直面の側に著しい。今 T 接手の断面を詳細に検するに第 7 圖 (A) に示す如く、垂直面のアンダーカットは熔着金屬が上部へ流れ込み難きことに原因すること多く、水平面のそれは主として熔滓の介在による場合が多い。斯の如く一熔着金屬のアンダーカットが其の兩側により成因を異にすることはこれを V 型衝合接手の如き位置に改めて熔接すれば當然解消すべく、又アンダーカットの大きさも多少減少する。

次に垂直板面に第 7 圖 (B) に示す如き熔接棒角度にてウキーピングによる盛上げ熔接或は水平横熔接を行ふ場合のアンダーカットは大部分上部に生じ下部は反對にオーバーラップの傾向となる場合が多い。

8. 運棒操作

アンダーカットを生じ易き條件下に於て熔接棒を左右に振り動かして、前進して行けば第 8 圖 (A) に示す如く當然新たなアンダーカットを生ずる筈である。此の場合若し電弧を第 8 圖 (B) の如く熔着金屬中央部のみに於て充分發生せし

め、熔接棒を熔着金屬の左右何れかに振り動かした場合、其の左右の位置に於て充分なる電弧發生の時間を與へず直ちに中央部へ戻して左右兩端へは熔融金屬のみを滴下するならば既に生じてゐるアンダーカットは消失することになる。

即ち運棒操作の如何も亦アンダーカットの發生に關係を有することになる。

V. 結 言

以上アンダーカットの成因或は機構に就て述べ其の助長條件を明らかにした。即ちアンダーカットは電弧により母材の喰込まれたる部分が熔接終了後も其の名残りの跡を残せるものと稱し得べく、常識的に考へて深さ長さ共に肉眼にて識別し得る程度のものと考へるべきであらう。而して此のアンダーカットの發生を防止するには前記の各種助長條件と全く反對の方向を選べばよい。

アンダーカットの發生と關係ある熔滓の流動性、凝固溫度等に就ての定量的實驗は行はれてなく、且つ熔着金屬の流動性に就ても述べられてない。電弧により母材面が掻き取られる機構、此の場合に於ける母材金屬の熔融量等と共に今後に残されてゐる問題である。又自動電弧熔接に於ては熔接進行速度は常に一定と考へ得るを以て或る種條件下に於てはアンダーカットの發生を阻止する譯であり、これに就ても更に充分なる實驗が望ましい。

講 義

軟 鋼 用 熔 接 棒 (VI)

昭和 21 年 3 月

樋 田 寅 之 助

第 6 章 熔接棒の製造

1. 被覆劑成分の決定
2. 被覆劑の準備
3. 芯線の準備
4. 塗 装
5. 垣和被覆劑の瓦斯發生(ガツシング)防止
6. 乾 燥

7. 検 査

8. 保 存

(終)

第 6 章 熔接棒の製造

1. 被覆劑成分の決定

被覆劑成分の配合は熔接棒を使用する目的に應