

= 低温割れ (その8)・・・(まとめ) =

低温割れに関して表 173-01 に概要を示すように、各項目にわけ 8 話にわたって説明をしてきました。

表173-01 低温割れに関する説明概要

話 NO.	主 題	コメント
155	* 溶接割れとその分類 低温割れ (主に熱影響部割れ) の分類と特長	* 低温割れは、溶接後しばらくして主に熱影響部で発生するもの。
166	* 低温割れ (その1) 炭素鋼の分類、鋼の溶接部マクロ組織	* 組織が硬いと割れを生じやすい。 炭素量が $\geq 0.3\%$ では硬化しやすい。
167	* 低温割れ (その2) 鋼の熱影響部ミクロ組織と硬いマルテンサイト	* 溶接熱影響部は急熱、急冷組織。 マルテンサイトの硬化組織が生じやすい。
168	* 低温割れ (その3) 溶接入熱, 冷却速度, 加熱温度, 保持時間, 元素の影響	* 熱影響部の冷却速度が硬化組織に影響大。
169	* 低温割れ (その4) 「熱影響部の硬さ」	* $H_{max} = (666 \times Ceq + 40) \pm 40$ 硬化抑制には予熱処理が有効
170	* 低温割れ (その5) 熱影響部の硬さ測定と留意点	* 熱影響部の硬さを測定する際は粗粒化部の測定ピッチを細かく!
171	* 低温割れ (その6) 熱影響部のテーパかたさ試験とその実施例	* H_{max} は母材組成、質量一定でも溶接入熱量により大きく変化。
172	* 低温割れ (その7) 熱影響部最高硬さと質量効果 (マスエフェクト)	* Ceq が例えば高くても、質量効果を利用して H_{max} の低減を探ること。

発生温度はその名称のように200~300℃以下の低温で発生するもので、その発生場所は溶接部のなかでも硬化組織となった熱影響部に集中する。

熱影響部については、母材の炭素当量 Ceq の値が大きくなれば硬いマルテンサイトが生成しやすく割れやすくなる。さらに母材板厚 (質量)、溶接入熱量、予熱温度の有無と冷却速度の面からも熱影響部の性質を把握する必要性について説明した。

熱影響部の最高硬さ H_{max} は、溶接品質管理基準の重要なひとつで必ず標準化して守り、守らせる必要があると説明した。硬さ測定に際しても留意点について述べ、自動車部品の対象とされる比較的 Ceq の高い場合にも、質量効果を利用して予熱処理の省略条件を見出す必要性について言及した。

低温割れは、溶接部に導入された水素と溶接部に発生する引張残留応力により引き起こされる水素割れである*1)・・・などと最近の溶接学会誌論文にも指摘されているように水素起因が第1である。

筆者も溶接技術に携わり始めた頃、溶接学会主催・溶接法研究委員会に出席し、ある構造物の溶接熱影響部に蓄積した拡散性水素の圧力上昇による遅れ割れの映像を、ある大手鉄鋼メーカーの発表として聴講し

た記憶があります。筆者にとってその映像はたいへん衝撃的であったので、その後何度も思い出し現在に至っているわけです。

一方、産報出版「マグ・ミグ溶接の欠陥と防止対策」日本溶接協会 溶接棒部会 編*2)には以下のような記述がある。

・・・各種の低温割れに関する研究は、マグ、ミグ溶接について系統的に行われた例は、きわめて少ない。これは、低温割れの主要な因子の一つである溶接金属中の拡散性水素量がマグ、ミグ溶接では低いことが理由のひとつと考えられる。

ガスクロ法によるマグ溶接金属の水素量は、ほぼ1 ml/100gr 前後であって、低水素系溶接棒の1~10ml/100gr や、他の被覆系溶接棒の15~50ml/100gr (いずれもグリセリン法) に比べ、かなり低い。しかし、マグ、ミグ溶接においても水素量が高くなる場合があり、割れの発生要因の一つであることに変わりはない。・・・

筆者も主に自動車部品のマグ・ミグ溶接技術に関わってお客様の品質課題に向き合ってきましたが、正直言って水素起因の割れ問題に遭遇したことは少なく、例えば溶接継手のルート部割れ課題があっても拡散性水素による側面から追求するようにお客様から要望を受けたことはありませんでした。

溶接界全体からみれば低温割れ要因として必須の「水素起因」の各指数を 上記の背景から”参考”として記述させていただきます。。

*****<参考>*****
鋼材の低温割れ感受性組成 P_{CM} さらには水素量および鋼板板厚を加えた新しい溶接低温割れ感受性指数 P_c が用いられ、夫々以下の式のように定められています。

◇ P_{CM} ; 溶接低温割れ感受性組成 …… 割れ感受性と鋼材成分の関係

$$P_{CM} = C + \frac{1}{30}Si + \frac{1}{20}Mn + \frac{1}{20}Cu + \frac{1}{60}Ni + \frac{1}{20}Cr + \frac{1}{15}Mo + \frac{1}{10}V + 5B (\%) \quad \dots\dots (式1)$$

◇ P_c ; 溶接低温割れ感受性指数 …… P_{CM} に拡散性水素量と鋼板板厚の項を加える

$$P_c = P_{CM} + \frac{1}{60}H + \frac{1}{600}t (\%) \quad \dots\dots (式2)$$

ここで、Hは溶接金属の拡散性水素量 (ml/100g)、 t は板厚 (mm)

◇ T_0 ; 初層溶接のルート割れを防止する予熱温度 (T_0)

$$T_0 (\text{℃}) = 1440P_c - 396 \quad \dots\dots (式3)$$

「低温割れの主な発生要因とその防止策」について技術書より引用して [図 173-01](#)*3) に示す。

このなかで、母材の炭素量、炭素当量についてはすでに説明をしました。新たな評価基準としては「水素量」の規定をした上記の式2) などの指数を参照下さい。

なお、マグ溶接における低温割れの水素起因は、その防止策として水素源をしっかりと見極め、防止する立場で溶接施工に対応する必要がある、水素源の各要因を技術書より引用して [図 173-02](#)*4) に示します。また、留意することは例えば、ワイヤ送給性改善のために潤滑油がワイヤ表面に適量塗布されており、それらを水素源としてすべて否定することは望ましくありません。過度な潤滑油付着は水素源として好ましくないと解釈する必要があります。

図173-01 低温割れが発生する主な要因とその防止策*3)

低温割れが発生する主な要因	低温割れの防止策
1) 溶接部に導入された水素量。	低温割れの主因は溶接部の拡散性水素であり、高張力鋼では強さが増すほど微量の水素でも割れに影響するようになるから、できるだけ水素を少なくすることが必要。
2) 溶接金属または熱影響部の硬化組織、とくに高炭素マルテンサイトの存在。	鋼の炭素当量 C_{eq} が増すほど熱影響部にマルテンサイトのような硬化組織が生成。鋼の溶接割れ感受性と化学組成との関係は P_{cm} によって一層明確に与えられる。
3) 溶接部の拘束応力、残留応力	溶接部に生じる拘束応力が影響する。一般には、板厚が大きいほど、継手形状が複雑なほど拘束応力が増すので割れが生じやすくなるので、収縮をなるべく妨げないようにする。
4) これらの複合要因によるもの	* 冷却速度の減少 * 溶接入熱量アップ * 予熱処理 * 後熱処理 いずれも溶接部からの水素の拡散放出を助長。

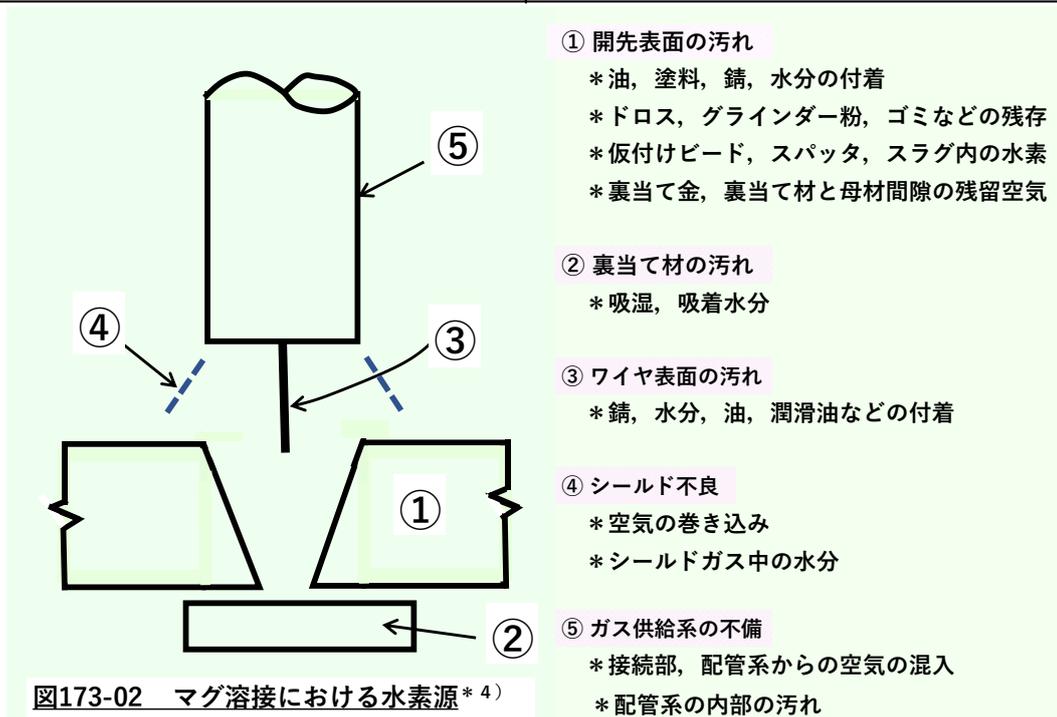


図173-02 マグ溶接における水素源*4)

- *1) 溶接学会誌 第88巻 (2019) 第3号 低温割れ感受性とその防止策 p41 より引用
- *2) 産報出版, 「マグ・ミグ溶接の欠陥と対策防止」日本溶接協会 溶接棒部会 編 p88 より引用
- *3) 産報出版, 「溶接・接合技術入門」溶接学会 編 p92~95 & p97~98 より引用
- *4) 産報出版, 「マグ・ミグ溶接の欠陥と対策防止」日本溶接協会 溶接棒部会 編 p91 より引用

次話では低温割れ(その9)・・・まとめ(補足)として炭素当量 C_{eq} と溶接金属部割れ、炭素鋼鋼材の溶接熱影響部最高硬さなど事例をあげて説明します。以上。