

高耐食ステンレス鋼YUS270の食品関連設備、機器類への適用

The Application of High Corrosion Resistance Stainless Steel YUS270 for Food Processing Facilities and Equipment

末次和広^{*1)}
Kazuhiro SUETSUGU

松橋亮^{*2)}
Ryo MATSUHASHI

梅野正紀^{*3)}
Masaki UMENO

鈴木亨^{*4)}
Tooru SUZUKI

抄 録

食品を取り扱う機器にはステンレス鋼が使用されているが、醤油など塩分を多く含む環境では、SUS316L鋼でも局部腐食の問題が発生している。一方、貯蔵タンクには鉄にライニングしたものやFRP等が使用されて来たが、環境問題等からステンレス鋼化が進展し、高耐食ステンレス鋼の要求が益々高まっている。電気化学的腐食評価による局部腐食発生時間の推定技術を開発し、高耐食ステンレス鋼YUS270の適用拡大を推進中であり、この状況を概説した。

Abstract

Stainless steel is used in machinery and utensils which deal with food. However, in environments which contain high salinity such as soy sauce, local corrosion has become a problem even with SUS316L. On the other hand, for storage tanks steel with lining, FRP, etc. have been employed. But the recent tendency is the wide use of stainless steel in consideration of environmental and other problems. Consequently, the demand for high-corrosion-resistance stainless steel has been growing. Nippon Steel developed a technology for estimating the occurrence time of local corrosion by means of electrochemical corrosion evaluation and is promoting the wider use of highly corrosion resistant YUS270 steel. This paper outlines the above-mentioned situation.

1. 緒 言

食品を取り扱う設備、機器類には、主として衛生上の観点からステンレス鋼が幅広く使用されている。しかしながら、醤油、ドレッシング及びたれなどの調味料中には高濃度の塩分が含まれており、SUS316Lでは、孔食、すきま腐食及び応力腐食割れ(以下SCCと言う)などが発生する場合が多く¹⁾、時によっては生産休止等に陥ることがある。一方、醤油製造プラントの大型もろみタンクなどでは、鉄に樹脂ライニングを施したものが使用されてきたが、ライニング補修などのメンテナンス費の増加や近年の環境規制強化による環境ホルモン問題等により、ステンレス鋼化が検討されている。

そのため、実醤油、もろみ環境中での各種ステンレス鋼の電気化学的耐食性評価試験を実施し、YUS270(20%Cr-18%Ni-6%Mo-0.7%Cu-0.2%N)がタンク用材料として適用可能であることが明らかになり、広く食品業界への適用を展開中である。本報では、もろみタンクの鉄+ライニング製のステンレス鋼製及び配管類の長寿命化の二面からLCC(ライフサイクルコスト)ミニマム化を提案している醤油プラントへのYUS270の適用について述べる。

2. 食品中の塩化物イオンとステンレス鋼の腐食形態

塩分を含む食品では、塩化物イオン濃度と温度、時間により腐食形態が異なる。スポーツドリンクは、100~600ppmの塩化物イオンを含み、SUS316L製の熱交換器など高温環境で孔食の発生が経験されている。また、一般の食酢は弱酸である酢酸を含みSUS316Lで十分な耐食性を示すが、塩分を5~9%程度含むすしの酢は、SUS316Lで孔食、すきま腐食を発生する。また、塩分を5~10%程度含むスープ製造においては、高温でのエキス抽出時にSCCを発生することがある。更に塩分15%を含む醤油、ドレッシング、たれ等は、長期間の醸造、貯蔵過程で孔食、すきま腐食を発生し、加熱処理工程では、孔食、すきま腐食及びSCCが発生しやすく、食品の中では最も厳しい腐食環境である。

3. 醤油プラントへのYUS270適用技術の開発

醤油プラントでのもろみタンクは、前述のように腐食環境が厳しい上に、設備の規模も大きく、容易に交換できない。ステンレス鋼適用に当たっては、耐用年数に相当する長期的な耐食性に対する高い信頼性が要求される。一方、JISの腐食試験は、標準液での試験であり、鋼種間の相対的な評価に止まり、実醤油環境での適用可否

*1) ステンレス営業部 マネジャー
千代田区大手町2-6-3 ☎100-8071 ☎03-3275-7871

*2) 鉄鋼研究所 鋼材第一研究部 主任研究員 工博

*3) 八幡製鐵所 ステンレス厚板工場 元グループリーダー

*4) 大阪支店 ステンレス鋼板グループ マネジャー

の評価ができない。実醤油プラントでの浸漬試験には長時間を要し、投資タイミング上難しい。そこで電気化学的腐食試験を用いた、すきま腐食が発生するまでの時間(潜伏期間と呼ぶ)の推定方法を開発した。

3.1 すきま腐食損傷による材料寿命の考え方

すきま腐食による材料の寿命は、すきま腐食潜伏期間とすきま腐食が成長し続けて板厚まで貫通する時間(すきま腐食成長時間と呼ぶ)に分けられる(図1参照)。食品分野では金属イオンの溶出は極力抑えなければならない、腐食しないことが重要であり、すきま腐食潜伏期間が充分長ければ、定期的に洗浄が行われる実プラントには適用可能と考えることができる。

3.2 すきま腐食潜伏期間の推定

もろみタンク内の環境を模擬するために市販のもろみ液を購入し、SUS316L(17Cr-12Ni-2.5Mo)、SUS329J4L(25Cr-7Ni-3Mo-0.2N)及びYUS270の3鋼種で、腐食に最も弱い溶接部を含む金属/金属のすきま試験片を用い、45°Cの条件下で電気化学試験を実施した。

3.2.1 もろみ液中でのステンレス鋼の自然ポテンシャル測定

もろみ環境中でステンレス鋼が安定に存在する不動態化状態で示す電位(自然ポテンシャル E_{sp} と呼ぶ)を測定した。鋼種間で大きな差はなく $E_{sp} = -136\text{mV} \sim -164\text{mV}$ (vs. Ag/AgCl, KCl飽和)の範囲であった(図2参照)。

3.2.2 定電位下でのすきま腐食潜伏期間の測定

すきま腐食潜伏期間は、電位の関数として表すことができる。外部電源を用いて材料の電位を定電位的に保持し、材料に流れる電流密度の時間的変化を測定した。なおこの場合の定電位値は材料に固有のすきま再不動態化電位(すきま腐食成長の下限電位)より貴な電位である必要がある。定電位値が卑な電位の場合には電流密度は低い値となり、材料は長い時間がたってもすきま腐食は発生しない。ある程度定電位値を貴な電位にすると電流密度が急激あるいは徐々に上昇するようになる。電流密度の上昇は反応速度が増加したことに対応するので、すきま腐食が成長を開始したと認識される。なおすきま腐食潜伏期間は、一般的にステンレス鋼における耐

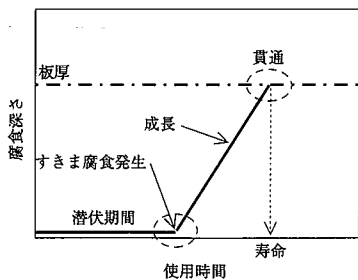


図1 すきま腐食発生と成長の概念図

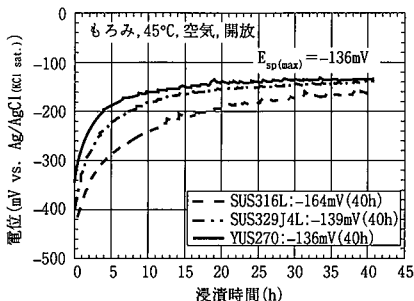


図2 もろみ液中での自然ポテンシャルの測定結果

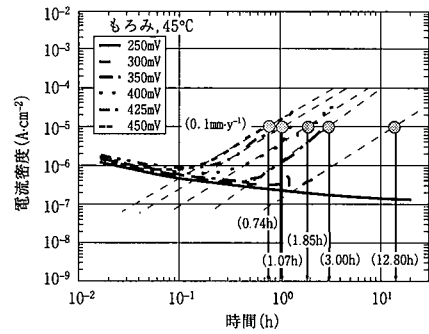


図3 YUS270溶接部の定電位電解試験結果

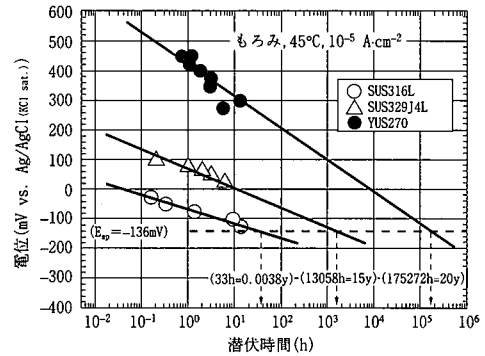


図4 すきま腐食潜伏期間(推定)評価結果(溶接部を含む)

食性有無の判断に使われている腐食速度 0.1mm/y に相当する電流密度 $10^{-5}\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$ ($10\mu\text{A}/\text{cm}^2$)に対応する時間として求めた(図3参照)。

3.2.3 自然浸漬状態でのすきま腐食潜伏期間の推定

前述の定電位値とすきま潜伏期間との相関線を自然ポテンシャルにまで外挿すると、その交点の時間が自然状態におけるすきま腐食潜伏期間に対応すると考えられる。もろみ液環境でのすきま腐食潜伏期間(推定値)は、SUS316Lで33h、SUS329J4Lで1.5年であるが、YUS270は20年であり、操業や測定データの変動を考慮しても、もろみタンク用として十分に適用可能と判断できる(図4参照)。

4. 醤油プラントへのYUS270適用

4.1 LCCミニマム化の試算

240KLの屋外設置型の鉄+ライニング製もろみタンク及びSUS316L鋼管の切り替えの二つのケースでLCCの評価をした。鉄+ライニング材は、材料費の価格差により初期投資額は安いものの、耐用年数を30年間とすると数回のライニング補修などのメンテナンス費増により、LCCでYUS270製は従来法の8割以下となる。一方、配管の場合は、従来SUS316Lを3年毎で交換していた部位で試算すると、YUS270製で従来の3割以下となり、大幅なコストダウンとなる(図5参照)。

4.2 適用事例と供給体制の充実

現在までに、醤油プラントで醤油タンク、配管、スープのエキス抽出槽及び化学調味料プラント濃縮工程の鋼管等を納品し、期待通りの耐食性を発揮中である。例えば、醤油プラント殺菌工程において、従来肉厚3mmのSUS316L継ぎ手管は、約3ヶ月で孔食、すきま腐食が発生し、毎年交換されていたが、YUS270製は、6ヶ月経過段階においても全く腐食の痕跡は認められなかった。

以上の効果を幅広く顧客に提供すべくYUS270製品を鋼板から鋼

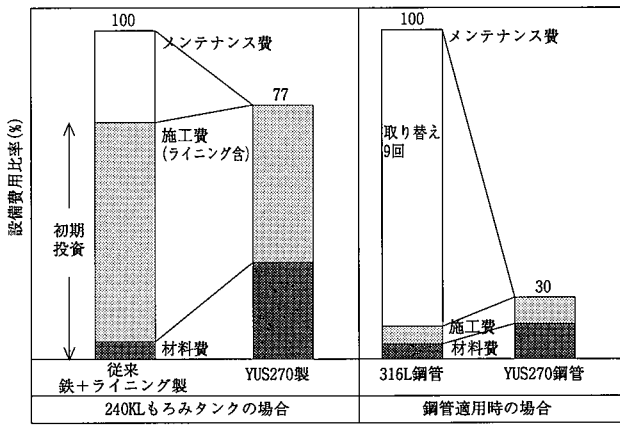


図5 従来法とYUS270適用時のLCC比較

管、継手、サニタリー管、バルブ類及び棒鋼まで拡充した。また流通を活用した即納体制を整備中である。

5. 結言

ここ数年の消費者の食品業界に対する安全性、信頼性の向上に対する期待は従来に増して大きくなっている。更に環境ホルモン、リサイクル性等自然環境への影響を含めて、材料としてステンレス鋼の果たす役割は大きい。YUS270の食品設備、機器への適用は、特に腐食性の高い食品を取り扱う設備、機器の安全性、信頼性の向上及び食品会社のコストダウンにも大きく貢献できるものと確信する。今後、食品業界における鋼種選定のガイドラインの作成と共に、医薬等の新規分野への適用拡大を図る予定である。

参考文献

- 1) 滝沢：腐食事例と対策技術。初版、東京、総合技術センター、1994、p.327