

L-15 選択腐食（脱アロイ）（V1）
脱成分腐食
Dealloying

L-15-1 損傷の種類

脱成分腐食は選択腐食形態で、合金中の一つ以上の成分が優先的に溶解し、密度の低い多孔質の材料が残ってしまう現象である。

L-15-2 影響を受ける材料

主な銅合金（黄銅、青銅、鉛）、400 シリーズステンレス、鋳鉄

L-15-3 主な要因

- (a) 合金の成分、温度暴露状況、通気性、pH、暴露時間が主に影響する要因である。
- (b) 脱成分は、いくつかの合金で起こるが、通常は、特別な組み合わせに限られる。
- (c) 脱成分が起こる適確な状況は定義しにくい、設備における損傷は長時間使用後に発生する。
- (d) 一般的に脱成分腐食が起こる組み合わせを表 1 に示す。

表 1 選択腐食の起こる合金と環境の組み合わせ

合金	環境	除去される元素
黄銅(>15%Zn)* ¹	各種水、特に滞留、濃縮状態	亜鉛（脱亜鉛）
ねずみ鋳鉄	土壌、各種水	鉄（黒鉛腐食）
アルミ青銅（>8%Al）	フッ酸、塩化物イオン含む酸、海水	アルミニウム（脱アルミ）
シリコン青銅	高温蒸気、酸性物質	シリコン（脱シリコン）
錫青銅	蒸気	錫（脱錫）
銅－ニッケル（70-30）	熱勾配の高い低速水	ニッケル（脱ニッケル）
モネル	フッ酸および他の酸	ニッケル（脱ニッケル）

*1 亜鉛が多いほど起こり易い

L-15-4 影響を受ける装置・設備

- (a) 土壌にさらされた地中鋳鉄配管。
- (b) 冷却水での適用例は、塩気のある水や海水を使用すると、黄銅やアルミブラスの熱交換器チューブで脱成分感受性が高く、しばしばチューブシートで深刻になる。また、浄水や家庭用水でも生じる。
- (c) ボイラー給水管、ボイラー下流機器での、青銅ポンプ、モネルストレイナー、黄銅の圧力計取り付け具などで脱成分腐食が起こる。

L-15-5 現象・損傷形態

- (a) 合金から一つの成分が脱するため、しばしば、変色し、深い腐食が生じる。合金によるが、全表面が減肉しても影響を受けた物質表面は目視での発見が困難。
- (b) 全断面を通して均一腐食（層状）か局部腐食（プラグ型）を生じる。
- (c) いくつかの事例で、元の金属が完全に脱成分したが、部品は寸法や外見上の変化が現れなかった。

L-15-6 防食・緩和

- (a) 特殊な環境・装置では状況が脱成分を妨げるかどうか予測が困難であるため、合金の感受性や起こりうる結果を認識しなくてはならない。

- (b) 適切な合金組成を加えることによって、脱成分抵抗は改善される。結果的に異なる組成だが、類似した合金が抵抗を持つことになる。たとえば、すずは、銅合金の脱成分を抑制する傾向にある。アドミラルティ黄銅は、少量のりん、アンチモン、またはヒ素を加え、抑制している。またアルミ青銅の脱アルミ腐食は、熱処理で $\alpha - \beta$ の組織構造を作り出すことで抑制されている。
- (c) 脱成分組成が持続的に劣化すると、露出部条件を変えるか、抵抗のある物質と交換すしか防ぎようがない。
- (d) 合金の組み合わせによるが、カソード防食や被覆が効果的である。

L-15-7 点検・モニタリング

- (a) 損傷部で、多くの合金は変色するが、損傷深さを調べるためには、スケール除去が必要となる。
- (b) 黄銅での脱成分腐食の場合は赤みを呈する。これは健全な黄銅の黄色に変わって銅の赤みが出るためである。
- (c) 黒鉛化で鋳鉄は濃い灰色に変化し、材料はナイフで切ることができ、削ることができるほど軟化する。
- (d) 損傷の範囲を確かめるため金属組織観察試験が必要。
- (e) 脱成分腐食に伴い、顕著な硬度低下が見られるが、損傷は局所的である。
- (f) 音響探査技術、超音波探傷での減衰が適用されるが、通常は超音波厚さ試験は適用されない。
- (g) 適正評価方法(FFS)で脱成分化により脆化、機械的強度の低下、荷重耐力の低下を起こしているか検討する。

L-15-8 関連事項

- (a) 脱成分腐食は脱亜鉛、脱スズ、脱ニッケル、脱アルミ、黒鉛化腐食などの組成離脱として知られている。また、選択溶解としても述べられる。
- (b) 黒鉛化は鋳鉄の影響で、4.3.12 で詳しく述べる。

日本機械学会資料の概説

合金中の卑金属成分のみがマイクロ電池形成により選択的に溶出する形態の腐食で、脱成分腐食とも言う。表面が変色するなどの概観変化は生ずるが(黄銅に起きる脱亜鉛腐食の腐食部は銅の赤色を呈する)、一見して腐食していないように見えるという特徴がある。腐食していないように見えても、引張強さと伸びが著しく低下する。選択腐食の代表例として、黄銅の脱亜鉛腐食、鋳鉄の黒鉛化腐食などがある。

ASME 資料の概説

一種かそれ以上の合金層の選択腐食。水の腐食機構によって一つ異常の合金成分が失われる。(脱亜鉛・脱 Ni・黒鉛腐食)