

高温強度と耐高温腐食性に優れた

## 次世代型レキュペレータ用耐熱鋼を開発

～各種工業炉のエネルギー効率向上による燃料節減およびCO<sub>2</sub>排出削減に貢献～

山陽特殊製鋼株式会社（代表取締役社長 樋口 眞哉、本社姫路市）は、各種工業炉における燃料節減とCO<sub>2</sub>排出削減を目的としたエネルギー効率の向上に貢献する次世代型レキュペレータ用耐熱鋼を開発しました。

レキュペレータとは、LNG等を燃料とする各種工業炉のエネルギー効率を高めるための廃熱回収装置です。当社はその伝熱管として用いられる高クロムフェライト系耐熱鋼「SICシリーズ」（SIC9、SIC10、SIC12）を開発・製造・販売し、廃熱回収装置メーカーをはじめとする多くのお客様から長年にわたって好評を得ておりますが、このたび開発した耐熱鋼は、SICシリーズの中で耐酸化性と耐高温腐食性が最も優れる「SIC12」をベースに高温強度を大幅に向上させたものです。

この耐熱鋼をレキュペレータの伝熱管に適用することで、各種工業炉のエネルギー効率向上による燃料節減とCO<sub>2</sub>排出削減への貢献が期待できます。

### ■次世代型レキュペレータ用耐熱鋼開発の経緯

鉄・非鉄金属や窯業等で使用される溶解炉、加熱炉、熱処理炉等の工業炉では、燃焼後に排出されるガスの熱を、廃熱回収装置を介して燃焼用空気の予熱に再利用することで、エネルギー効率の向上が図られています。

廃熱回収装置にはレキュペレータ（換熱式）が広く普及しており、燃料節減やCO<sub>2</sub>排出削減に向けた更なるエネルギー効率の向上が求められています。レキュペレータのエネルギー効率向上には、廃熱回収温度を高めることが有効であるため、伝熱管の耐熱性を向上させる必要があります。従来のレキュペレータ用耐熱鋼SICシリーズは添加合金元素の固溶強化により現行の使用環境に耐える高温強度を確保していますが、エネルギー効率をさらに向上させるために、より高い廃熱回収温度に耐え得る高温強度を有する耐熱鋼の開発が望まれています。

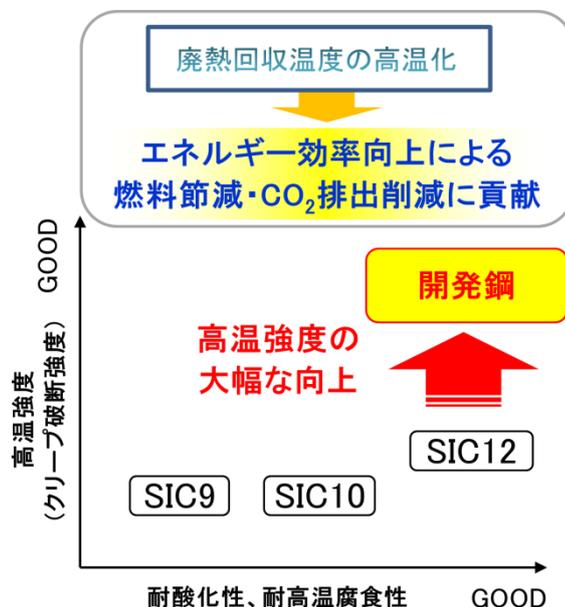
そこで当社は、金属間化合物の析出による強化に着目し、独自の合金設計・組織制御技術を活用して高温環境下における結晶粒界・結晶粒内での析出状態を最適化することで、SIC12の耐高温腐食性に加えて大幅に高温強度を向上させた耐熱鋼の開発に至りました。

なお、クロムやシリコン、アルミニウムといった合金元素を多く含有している高クロムフェライト系耐熱鋼は、一般的に難加工材といわれています。当社は、これまで培ってきたSICシリーズの製造技術と経験を活かし、レキュペレータの伝熱管用素材として適する継目無鋼管の製造技術を確認し、お客様への量産供給に向けた準備を整えております。

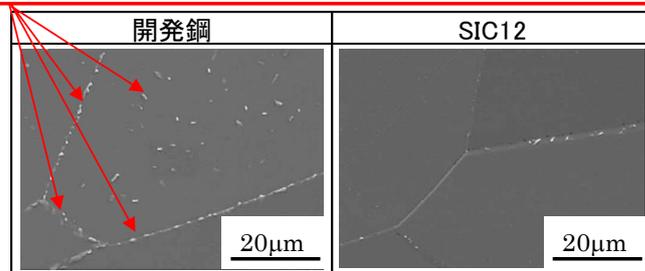
本開発鋼の適用により、レキュペレータにおいてより高い温度での廃熱回収が可能となり、各種工業炉におけるエネルギー効率向上による燃料節減とCO<sub>2</sub>排出削減が期待できます。

当社は、材料の高性能化を実現する組織制御技術および難加工材料の製造技術を活用した新しい特殊鋼製品の開発を通じて、持続可能な社会の実現に貢献するとともに、お客様の多様かつ高度なニーズにお応えしてまいります。

以上



### 金属間化合物の結晶粒界・粒内析出による高温強度向上



本開発鋼の適用により、レキュペレータにおいてより高い温度での廃熱回収が可能となり、各種工業炉におけるエネルギー効率向上による燃料節減とCO<sub>2</sub>排出削減が期待できます。

当社は、材料の高性能化を実現する組織制御技術および難加工材料の製造技術を活用した新しい特殊鋼製品の開発を通じて、持続可能な社会の実現に貢献するとともに、お客様の多様かつ高度なニーズにお応えしてまいります。

以上

## 【ご参考】

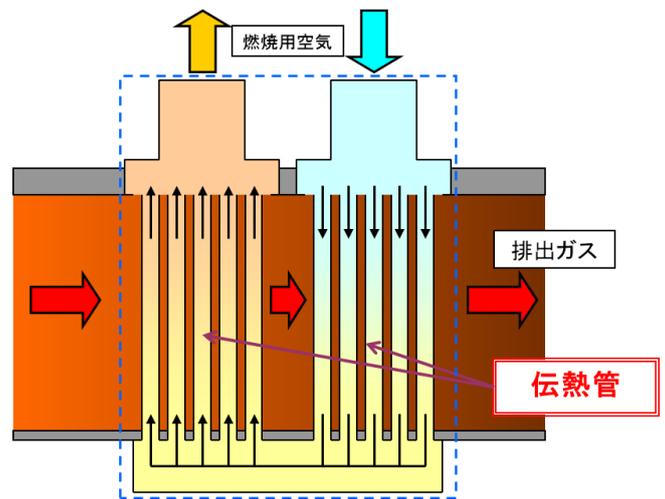
### ■用語解説

#### ・レキュペレータ

LNG、重油やコークス等を燃料とする各種工業炉の煙道に設置され、排出されるガスの熱を利用して燃焼用空気を予熱する廃熱回収装置。

廃熱回収装置には、伝熱管を介して排出ガスの熱を燃焼用空気に伝導させることで熱回収(空気の予熱)を行う「レキュペレータ」(換熱式)が広く普及している。

排出ガスの熱を燃焼用空気に伝導する役割を果たす伝熱管は、燃焼後の排出ガスが通過する高温腐食環境に曝されるため、高温酸化や燃料燃焼に由来した硫黄やバナジウムを含む高温ガスおよび燃焼灰に対する耐腐食性と、高温による熱変形に耐えられる高温強度を有する材料が求められる。



【レキュペレータの仕組み】

#### ・SIC シリーズ

当社が開発した耐高温腐食用ステンレス鋼。高クロムフェライト系ステンレス鋼にシリコン (Si) やアルミニウム (Al) を添加することで高温での耐酸化性を向上させたことで、レキュペレータの伝熱管として長年にわたって広く使用されているロングセラー商品。使用環境(限界温度)に応じてクロム含有量の異なるSIC9(13%Cr)、SIC10(18%Cr)、SIC12(24%Cr)のラインナップがある。

#### ・固溶強化

金属材料の強化機構の一つ。鋼においては、溶媒元素となる固相鉄中に異種元素が溶け込む(固溶という)際に、両原子の大きさの違いによって生じるひずみが原子の移動を阻害するために材料が変形しにくくなるというもの。

#### ・金属間化合物の析出

一般的に、高温環境下では材料中の原子の動きが活発になるため強度が低下する(材料が変形しやすくなる)が、規則的な結晶構造を有する金属間化合物を微細に析出させることで、原子の動きを抑制するピン止め効果が発現し、材料の高強度化を図ることが可能となる。

#### ・高クロムフェライト系耐熱鋼

SUS430に代表されるフェライト系ステンレス鋼にクロム(Cr)を増量して耐酸化性を向上させた耐熱鋼。Ni基合金やオーステナイト系の耐熱鋼に比べて安価で熱伝導性が高く、高温強度は劣るが熱膨張が小さいことから高温環境で生成した酸化スケールが剥離しづらく耐酸化性が高い。なお、合金元素の含有量が多く製造や加工が困難な鋼種(難加工材)のひとつに位置づけられている。

#### ・高温強度(クリープ破断強度)

高温環境下における材料の耐クリープ性能。クリープ(creep)とは、高温環境下で一定の荷重(応力)が加わることで、時間とともに物体が変形していく現象をいい、クリープが発生すると、物体は時間の経過に伴って徐々に変形し、最終的には破断に至る。

以上