金属表面制御技術

金属表面の反応制御や機能膜形成により、金属材料の特性を改善する技術

水素脆化評価技術

Evaluation Technology of Hydrogen Embrittlement

鉄鋼の水素脆化を評価解析するための技術基盤を構築

Establish technological bases to assess and analyze hydrogen embrittlement of steels

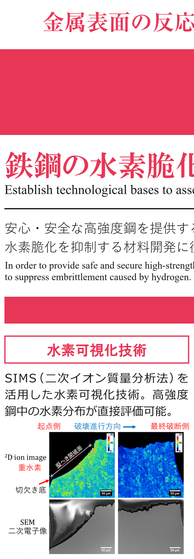
安心・安全な高強度鋼を提供するために、水素脆化の原因となる水素の評価解析技術（水素の可視化や定量化技術）を高度化し、水素脆化を抑制する材料開発に役立てています。

In order to provide safe and secure high-strength steels, we develop advanced technologies for evaluation and analysis of hydrogen in steels (e.g., visualization and measurements of hydrogen contents) to suppress embrittlement caused by hydrogen.

特　徴

水素可視化技術

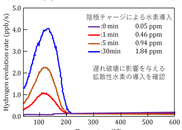
SIMS（二次イオン質量分析法）を活用した水素可視化技術。高強度鋼中の水素分布が直接評価可能。



水素脆化の起点側（左）と最終破断側（右）におけるSIMSによる^{2}D-ionimageと二次電子像

水素定量化技術

TDS（昇温脱離分析装置）を活用した水素定量化技術。
水素脆化の原因となる拡散性水素を0.01ppmオーダーで測定可能。



TDSによる陰極チャージで水素を導入した材料の水素放出曲線

水素脆化評価技術1

CCT（サイクル腐食試験）を利用した耐水素脆化評価技術。
酸浸漬では模擬できない、大気腐食と相関が良い加速試験が可能。

		Atmospheric (month)			JASO-CCT (Day)			5%-HCl (hr)		
		12	18	24	14	21	28	1	8	24
A 1470MPa	R15-1000MPa	○	○	○	○	○	○	○	○	×
	R5-1500MPa	○	○	○	○	○	○	×	×	×
	R5-2000MPa	×	×	×	○	×	×	○	×	×
	R5-2500MPa	×	×	×	×	×	×	×	×	×
B 1180MPa	R15-1000MPa	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	R5-1500MPa	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	R5-2000MPa	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	R5-2500MPa	○	○	○	○	○	○	○	○	○

各種環境（大気暴露、CCT、塩酸浸漬）における高強度鋼の水素脆化評価結果

水素脆化評価技術2

SSRT（低ひずみ速度法）を利用した耐水素脆化評価技術。
各種環境を模擬しながら、迅速評価が可能。

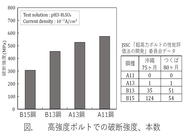


図.　高強度ボルトでの破断強度、本数

SSRTによる高強度ボルトを用いた試験の例（大気暴露試験結果と序列が一致）

浸炭・脱炭制御技術

Surface Carburization and Decarburization Technology

高品質条鋼製品を支える表面炭素濃度プロファイル制御

Control depth profiles of carbon on bar steel surfaces for quality improvement

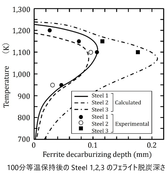
神戸製鋼グループの線材・条鋼製品の表面品質を支える技術として脱炭制御技術があります。あらかじめ脱炭予測を行い、脱炭が起きない操業条件を設定して製造しています。また、当社製品を浸炭して取り扱いいただく場合もその予測ができます。

Kobe Steel possesses decarburization control technology for high surface quality of steel wires and rods.
The optimum operational conditions of decarburization have been estimated before actual production to avoid decarburization. Conversely, processing conditions for carburization of our products can also be predicted.

特　徴

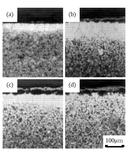
脱炭深さ予測と制御

ばね鋼などの高Si鋼で発生しやすいフェライト脱炭深さ予測モデルを開発し、その抑制に活用。



100分等温保持後の Steel 1,2,3 のフェライト脱炭深さ

脱炭深さの計算値と実験値の比較

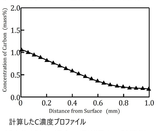


973 K(a), 1,123 K(b), 1,173 K(c), 1,223 K(d) で100分焼鈍後の Steel 1 の組織

フェライト脱炭を起こした鋼材の断面図

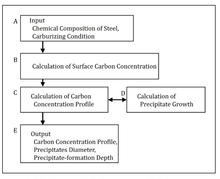
浸炭深さ予測と制御

歯車用鋼などに使われる浸炭深さ予測モデルを作成し、最適浸炭条件探索の短縮などに活用。



計算した濃度プロファイル

析出物がある場合の浸炭深さの計算例



表面からの炭素濃度プロファイル計算フロー

耐エロージョンPVD厚膜形成技術

Anti-erosion Coating Technology by Plasma Vapor Deposition

応力制御によりこれまでにない物理気相蒸着（PVD）厚膜を実現

Achieve thick coatings by Plasma Vapor Deposition (PVD) based on residual stress control technology

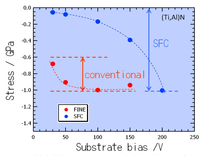
AIP法で形成した硬質皮膜は耐摩耗性に優れることから切削工具や自動車部品などの部品に多用されていますが、高密度のプラズマに起因する高圧縮応力のため、これまで10μm以上の厚膜を形成することが困難でした。神戸製鋼で新たに開発した蒸発源（SFC）ではプラズマ制御による皮膜の低応力化を可能にし、従来PVD膜の限界を超える厚膜形成技術開発に成功しました。

Hard coatings formed by arc ion plating (AIP) exhibit high abrasion resistance, and are widely used for cutting tools and automotive parts. A new evaporation source, developed by Kobe Steel, makes it possible to significantly reduce the internal stress of the deposited films in controlled plasma, and successfully establishes a thick-film deposition technology, exceeding the thickness limit of 10 mm.

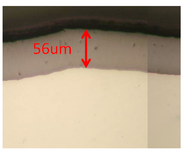
特　徴

新型蒸発源による応力制御、厚膜形成

最先端の磁場解析とプラズマ制御技術により、膜応力制御に成功し、20μm超の厚膜を形成可能となった。



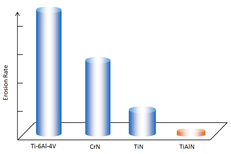
SFCは従来蒸発源に比べ、印加電圧を制御することにより、幅広い範囲で応力制御が可能



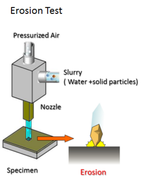
SFCによるTiAlN厚膜形成例

耐エロージョン用途への応用

20μm超のTiAlN厚膜は、従来TiN膜の数十倍の耐エロージョン寿命が期待でき、蒸気タービンへ適用されており、ジェットエンジンへ等への採用も期待される。



MSE(Micro-Slurry Jet Erosion)による耐エロージョン性評価結果



スケール制御技術

Scale Control Technology

鉄鋼材料の表面品質を向上させる

Improve quality of steel surfaces

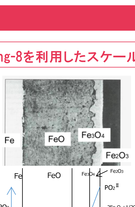
世界最高のX線源（SPring-8）を利用した高感度・高速XRD（X-Ray　Diffraction）技術により、高温プロセス環境における鉄鋼表面のスケール（酸化皮膜）の成長、剥離挙動をその場観察してスケール制御メカニズムを解明、鉄鋼材料の表面品質の向上に繋げています。

The surface quality of steel is being improved using information obtained via in situ observation of growth and delamination behavior of scales (oxide layer) on steel surface in high temperature environment.
The experiments are done by ultra-sensitive and ultra high-speed X-ray diffraction using synchrotron radiation at SPring-8.

特　徴

SPring-8を利用したスケール挙動のその場観察

世界最高レベルの高感度・高速XRDを用いて、スケール成長のその場観察技術を確立。



Fe表面のスケール成長機構

出典:SPring-8 HP(http//www.spring8.or.jp/ja/)

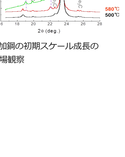
SPring-8を用いたスケールその場観察

スケール成長・剥離挙動の観察事例

P添加鋼の圧延工程におけるスケール膨れはP酸化物が原因であることを解明。

P添加鋼のスケール膨れとその場観察結果

Si添加鋼の初期工程での極薄スケール成長挙動を解明。



Si添加鋼の初期スケール成長のその場観察

KOBELCO　© 2020 KOBE STEEL,LTD