

# スケール厚さがスプレー冷却特性に及ぼす影響

## Effect of Scale Thickness on Spray Cooling

福田 啓之 FUKUDA Hiro ki JFE スチール スチール研究所 圧延・加工プロセス研究部 主任研究員(課長)  
上岡 悟史 UEOKA Satoshi JFE スチール スチール研究所 圧延・加工プロセス研究部 主任研究員(副部長)  
中田 直樹 NAKATA Naoki JFE テクノリサーチ 取締役西日本ソリューション本部長・博士(工学)

### 要旨

スケール厚さがスプレー冷却特性および衝風冷却特性に及ぼす影響を実験的に調査した。厚さ 20 mm の SUS304 鋼を母材として用い、人工スケールとして、 $Al_2O_3$  の粉末を溶射した。 $Al_2O_3$  の皮膜厚さは 50 ~ 210  $\mu m$  である。

実験結果として、スプレー冷却時および衝風冷却時に人工スケールは熱抵抗層として作用した。スプレー冷却では、表面温度に依存する特性である膜沸騰時の冷却速度および界面での見かけのクエンチ点温度が  $Al_2O_3$  の皮膜厚さとともに増大した。

### Abstract:

The influence of surface conditions such as scale thickness on water spray cooling and air jet cooling characteristics as investigated by laboratory experiment. SUS304 stainless steel with the thickest  $Al_2O_3$  powder. The thickness of the  $Al_2O_3$  layer varied from 50  $\mu m$  to 210  $\mu m$ .

The artificial scale layer showed a thermal resistance function in both water spray cooling and air jet cooling. In water spray cooling, the cooling rate during film boiling, which depends on surface temperature, and the apparent quench point temperature at the interface increased with  $Al_2O_3$  scale thickness.

## 1. はじめに

近年の自動車の燃費向上および衝突安全性に対する規制強化から、各自動車メーカーは、車体に使用する鋼板への高張力鋼板の適用拡大を進めている。また、エネルギー資源需要の増大から、パイプライン冷却など燃費削減。下面のスプレー

る熱量が加速度的に増大するため、冷却水量や水冷時間を調針戸に引き

。三塚らは、炭素鋼を用いたスプレー冷却実験を行い、冷却能力の指標である水冷熱伝達率を流量密度と鋼板表面温度で整理した式で表せることを明らかにしたが<sup>1)</sup>、スケール厚さや表面粗さの影響は定量的に示してはいなかった。

熱延後の鋼板を水冷して造り込むマイクロ組織は、多くの場合、フェライト-パーライト組織である。近年は、ベイナイト組織や複合的な組織を持つ高張力鋼板を造り込む技術の進歩が著しい。例えばベイナイト組織からなる熱延鋼板では、ランアウトテーブルで 450 ~ 500 程度まで水冷して造り込むが、膜沸騰の途中で遷移沸騰に移行する場合がある。

膜沸騰から遷移沸騰に移行すると、鋼材表面から流出す

その後、スケール厚さの影響を調査するために、玉利らは炭素鋼の加熱時間を、また加藤らは炭素鋼の Ni 含有率を変えてスケール厚さを変化させ、スプレー冷却実験を行った。いずれの実験でも、スケールが厚いほどクエンチ点温度が高くなるという結果になった<sup>6,7)</sup>。しかし、これらの実験では、スケール厚さが異なるとそれともなって表面粗さも変化してしまった可能性があり、スケール厚さや表面粗さなどの影響が複合的に現れた結果を示したものと考えられる。

本研究では、スケール厚さのみを単独に変化するパラメータとした冷却実験を行い、膜沸騰、遷移沸騰および核沸騰

2018 年 2 月 13 日受付



230 Nm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>min とした。噴射孔出口





じた。その後の冷却曲線は、スケール厚さ  $50\mu\text{m}$  の条件での冷却曲線と交差している。廃含冷材 鋪子