

その課題、

技術士が！ お答えします！

向井技術士事務所(2018～現在)

向井 利文

【経歴・資格】

パブコック日立(株)/三菱日立
パワーシステムズ(株)(1982～
2018年)
(公財)広島市産業振興センター広
島市中小企業支援センター/コー
ディネータ(2018年～)、(一財)省エネルギーセンター/
エネルギー使用合理化専門員(2018年～)等で活動。
技術士(機械部門)、エネルギー管理士、公害防止管理者
(大気一種、水質一種、ダイオキシン類、騒音・振動)、労
働安全コンサルタントの資格を有し、日本技術士会、日本
機械学会、日本労働安全衛生コンサルタント会所属。



Vol.2 夏場における鋳造系工場内の環境改善と省エネ



■質問/課題/お悩み等

ダイカストなどの鋳物製品を製造する従業員20名の中小企業です。炉が非常に高温となるため、熱気により夏場は工場内の温度が上昇し、職場環境が悪くなり困っています。エネルギーコストを削減しつつ、同時にこれらの職場環境の改善を行いたいと考えていますが、何か良い方法はありますか。

■お答え/意見/アドバイス

1. はじめに

夏場の鋳造関係の工場内温度は、溶解炉等の生産設備からの熱と、日射や外気からの熱の影響により上昇します。工場内に入ってくるこれらの熱量(熱負荷)を正しく把握したうえで、その熱負荷を最小限に抑え、効率よく屋外に排出することが作業環境の改善と省エネの鍵となります。

本稿では、工場内への熱移動の3原則である、①固体間での伝導伝熱、②固体と流体間の対流伝熱、③熱が物質を介さず電磁波による放射伝熱のメカニズム(図1参照)を踏まえ、実践的な対策を紹介します。

これらの対策が、職場の熱中症予防や作業環境の改善、ひいては省エネに役立つことを願っています。

2. 夏場の作業環境改善と省エネの両立策(図2参照)

(1) 溶解炉等生産設備の熱負荷対策

生産設備の中では、溶解炉が最も大きな熱負荷となります。特に炉内温度が高く溶解物を取り出す機構をもつ炉では、開口部や蓋の隙間から周囲の物体に向かって放射伝熱が発生します。対策として、炉の開口部や隙間を最小化し、周囲に遮熱板やシートの設置することで、周囲の作業場空間への放熱を抑制できます。

また、炉の外壁面からは、前述と同様の放射熱に加え、空気の流れを介して対流伝熱が発生します。いずれの熱量も表面温度が低いほど小さくなります。

対策として、炉の溶解物と接する炉材と、その外側に熱伝導率の低い断熱材を施工し、伝導伝熱を抑制します。合わせて断熱材の劣化状態を管理するため、定期的に表面温度をチェックすることも重要です(※1)。また、断熱材の表面からの放射熱を低減するために、表面を遮熱シートで覆うことも有効です。さらに、対流伝熱で温められた空気をフードで集めダクトを通して排気するか、天井換気扇を設置して屋外に排出することをおすすめします。



①伝導伝熱	②対流伝熱	③放射伝熱
		
鍋の縁が熱い	風が当たると涼しい、暖かい	空気を介さず直接手や顔が温まる
固体間の熱移動	固体-流体間の熱移動	電磁波による熱移動
$Q_{cd} = -\lambda \cdot \Delta \theta / \Delta x \cdot A$ Q_{cd} : 伝導熱量 λ : 熱伝導率 $\Delta \theta / \Delta x$: 温度勾配 θ : 温度、x: 距離 A : 表面積	$Q_{cv} = h \cdot (\theta_s - \theta_f) \cdot A$ Q_{cv} : 対流熱量 h : 熱伝達率 θ_f : 流体温度、 θ_s : 固体表面温度 A : 表面積	$Q_R = F_{1.2} \cdot \epsilon \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4) \cdot A$ Q_R : 放射熱量 $F_{1.2}$: 形態係数(1⇔2に向かって) σ : ステファン・ボルツマン定数 T_1, T_2 : 物体表面の絶対温度 ϵ : 放射率、A: 表面積

図1 熱移動の3原則(伝導、対流、放射)

類似の事例として、一般商船の機関室では、基本的に機械通風システムが採用されています。屋外にベンチレータを設け、電動軸流ファンによりダクトにて、室内の必要場所に新鮮な空気を送るもので、ファンの容量は外気温度より数度以内に収まるように計画されています。

炉の省エネに関しては、熱源が電気と燃料で異なります。電気加熱炉では排ガス損失が少ないため省エネ性が高くなります。一方、燃焼炉では排ガスが持ち去る損失熱量が大きく、その対策として、燃焼バーナーの空気比が基準値(気体燃料の場合は1.3:未燃分が発生せず最小の空気比)となるよう調整します(※1)。さらに、対流型熱交換器や蓄熱型熱交換器を用いて、燃焼用空気として排熱を回収することも有効です。ただし、断続運転では投資回収が難しい場合や、回収に長時間を要することもあるため、注意が必要です。

(2) 建屋外部からの熱負荷対策

工場の屋根に照射された太陽光は、放射伝熱が生じます。この一部は屋根の外表面と周囲空気の間で対流伝熱により放熱されますが、大半が天井を伝わりながら作業空間まで到達します。

この対策として、屋根の外表面への遮光・遮熱塗料の施工、屋根に散水して打ち水効果で熱負荷を下げる方法が考えられます。特に散水する場合は、水道料金を含めた費用対効果を評価しておく必要があります。また、太陽光パネルを設置すると、太陽光を遮光するため、熱負荷を下げる効果も期待できます。さらに、パネルと屋根の間に適切な隙間を設けることで、対流伝熱により屋根表面や太陽光パネル裏面での冷却が促進され、屋根側の熱負荷低減とパネルの発電効率向上(温度が上昇に伴う発電効率低下の抑制)が期待できます。これに加えて、屋根裏に遮光シート付断熱材を施工し、作業空間側の温度を下げ、放射熱を抑制することも可能です。

窓からの熱負荷も重要で、建屋内に直射日光が入らないように外側にひさしを付ける、窓ガラスに遮光シートを貼る、夏場の遮熱性と冬場の断熱性を重視したLow-E複層ガラスの採用等が考えられます。

ここで特筆すべきことは、これらの対策により冬場の熱負荷も減少し、暖房エネルギーが増える可能性がある点です。ただし、通年で溶解炉などの大きな熱源がある場合には特に影響ありません。

(3) 空調機や従業員への直接的な対策

生産設備と建屋外からの熱負荷を排出するためには、建屋全体の冷房でなく、スポットクーラー設置が有効です。機種を選定においては、入力エネルギー量に対して冷却力が高いものが望ましく、カタログにはCOP(Coefficient of Performance:成績係数)値として表記されています。COPが高いほど省エネ性能が優れています。また、排気系統はダクトで屋外排気を行うことが重要です。これに加えて従業員への冷却ベスト着用もおすすめします。

(4) 効果の見える化

上記対策による効果の検証として、単なる温度だけでなく、作業空間では、放射熱を考慮した暑さ指数WBGTでの評価をおすすめします。WBGTは、湿球温度NWB、黒球温度GT、乾球温度NDBを測定し、室内の場合は $WBGT=0.7 \times NWB + 0.3 \times GT$ で評価されます(※2)。

3. おわりに

ここで示した対策は全て、「熱の発生源→遮熱・断熱→排熱→冷却→評価」という流れで整理しました。まずはコストをかけずに、効果の高いと考えられる対策から優先的に取り組み、定期的なWBGTの計測等によって改善効果を確認しながら、PDCAサイクルを回して改善を継続することが重要です。

厚生労働省は2025年4月15日、熱中症対策を罰則付きで事業者の義務とする改正省令を公布しました。施行は6月1日となります(※3)。これが適用される作業対象の温度要件は、暑さ指数28以上、気温31℃以上とあります。したがって、本稿がこれらの値未満に対策するための一助となれば幸いです。

不明点やご相談がありましたら、中央会までご連絡ください。

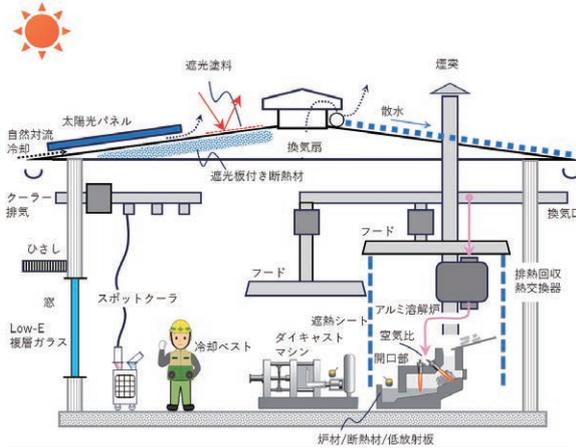


図2 ダイキャスト工場の暑さ対策と省エネイメージ



引用文献

※1 工場等におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準
(平成21年3月31日 経済産業省告示第66号)

※2 環境省熱中症予防情報サイト



※3 中国新聞2025年4月16日掲載、厚生労働省「職場の熱中症対策義務に、罰則付き 6月1日施行」

■「質問/課題/お悩み等」の募集について

急激な社会変化に対応するため、組合や企業に対して、より適切な支援を実施できるよう、広島県中央会では日本技術士会中国本部と連携し、支援体制を強化していきます。自社で解決が難しい技術的課題がある場合は、**連携支援部(TEL 082-228-0926)**にご相談ください。(相談内容によっては対応が難しい場合があります。また、相談内容を一部概要として紙面に掲載させていただく場合があります。)