

Infrarot-Temperaturmessung für eine nachhaltige Herstellung und Verarbeitung von flüssigem Eisen und Stahl

von **Albert Book**

Das Ziel der Nachhaltigkeit ist es, den kommenden Generationen einen intakten Lebensraum zu hinterlassen. So ist Nachhaltigkeit nicht nur die Grundlage für politische Entscheidungen, sondern sie soll das persönliche Bewusstsein jedes einzelnen Menschen für ein ökologisch tragfähiges und wirtschaftlich effizientes Handeln schärfen, um klug mit den Ressourcen umzugehen. Gerade bei der Herstellung und Verarbeitung von flüssigem Eisen und Stahl werden große Mengen der Ressource Rohstoff wie Koks und Eisenerz sowie Brennstoff zur Energieerzeugung benötigt. Erfreulich ist, dass nach Zahlen der Deutschen Rohstoffagentur in Deutschland bereits jetzt 45 % des Stahls aus sekundären Rohstoffen gewonnen werden. Doch das Aufheizen der Luft im Winderhitzer für den Hochofen auf 1300 °C oder das Schmelzen des Eisens und Stahls zum Gießen auf bis zu 1500 °C erfordert große Mengen an Energie. Für einen Ressourcen schonenden Prozess in der Eisen- und Stahlindustrie ist daher von großer Bedeutung, die Temperatur in den verschiedenen Produktionsprozessen genau zu erfassen und einzuhalten. Im Folgenden wird die auf dem neusten Stand der Technik basierende Infrarot-Temperaturmesstechnik der jeweiligen Produktionsanlagen vorgestellt.

Klassische Temperaturmessung mittels Thermoelemente

Ein übliches Verfahren zur Messung der hohen Temperaturen ist die Kontaktmessung mittels Thermoelementen. Die Elemente werden fest in den Kesseln und Rohrleitungen eingebaut. Neben der mechanischen Anfälligkeit sind Diffusionseffekte ein bekanntes physikalisches Problem von Thermoelementen. Mit der Zeit verringert sich die Thermospannung. Durch das sogenannte Altern driftet der Messwert. Änderungen sind nicht sofort zu erkennen und führen zu ungewollten Messfehlern. Als Maßnahme werden die Elemente regelmäßig auf Messabweichungen überprüft und ausgetauscht.

Bei der Temperaturmessung des flüssigen Metalls in der Rinne eines Hochofens oder im Gießtiegel eines Gießautomaten werden Messlanzen mit aufgesteckten Thermoelementen in die Schmelze eingetaucht. Neben dem Nachteil der hohen Verbrauchskosten ist durch die manuelle, sporadische Messung keine kontinuierliche Erfassung und somit auch kein konstantes Temperaturprofil und damit eine energiesparende Fahrweise der Anlage realisierbar.

Infrarot-Temperaturmessung

Im Unterschied zu Thermoelementen erfassen Infrarot-Thermometer oder Pyrometer optisch die Temperatur des Messobjektes. Die Wärmestrahlung wird mittels einer Optik erfasst und dem Infrarot-Sensor zugeführt. Auf Basis des Planck'schen Strahlungsgesetzes wird daraus die Temperatur berechnet.

Ein entscheidender Vorteil dieses Messverfahrens ist die berührungslose Messung aus großer und sicherer Entfernung von mehreren Metern. Die Messwerterfassung und -verarbeitung erfolgt in wenigen Millisekunden und bietet daher die Möglichkeit



Bild 1 Pyrometer messen von der Kuppel aus die Temperatur der Gittersteine im Winderhitzer.

einer schnellen Reaktionszeit bei einer unzulässigen Temperaturabweichung. Das verschleißfreie Messverfahren verursacht zudem keine permanenten Verbrauchskosten.

Temperaturmessung der Gittersteine im Winderhitzer

In einem Winderhitzer wird Luft auf 1300 °C erwärmt, bevor sie in den Hochofen geleitet wird. Dazu strömt kalte Frischluft von unten nach oben durch vorgewärmte Gittersteine. Die Ermittlung der Temperatur dieser Gittersteine erfolgt mittels Pyrometer, die auf der Kuppel des Winderhitzers montiert sind (**Bild 1**). Basis für eine zuverlässige Messung sind Pyrometer mit einer hohen optischen Auflösung und einem schmalen Sichtkegel, um aus großer Entfernung von mehreren Metern durch das Sichtrohr hindurch die Infrarot-Strahlung zu erfassen.

Das von KELLER ITS entwickelte Plug and Play-Messsystem umfasst das Pyrometer, eine Schutzarmatur für die Montage im Freien mit mechanischem und pneumatischem Kugelhahn sowie einen Schaltkasten für den elektrischen Anschluss und für die Versorgung des Kühl- und Spülgases (**Bild 2**). Die Besonderheit des Messsystems ist die Verwendung einer Lochblende gekoppelt mit einer dynamischen Anpassung der Gasmenge in Abhängigkeit des Betriebszustandes des Winderhitzers. Im Vergleich zu früheren Messsystemen wird die benötigte Gasmenge zur Reinhaltung des Sichtfeldes um bis zu 80 % reduziert. Diese

Maßnahme trägt in erheblichem Maße zur Ressourceneinsparung und damit der Nachhaltigkeit bei.

Temperaturmessung der Schmelze in der Rinne des Hoch- und Kupolofens

Für die Messung der Schmelze in der Rinne des Hoch- und Kupolofens werden Pyrometer eingesetzt, die aus bis zu 20 m Entfernung die Temperatur der Schmelze erfassen. Problematisch bei dieser Messstelle sind Schlacke und Oxide auf der

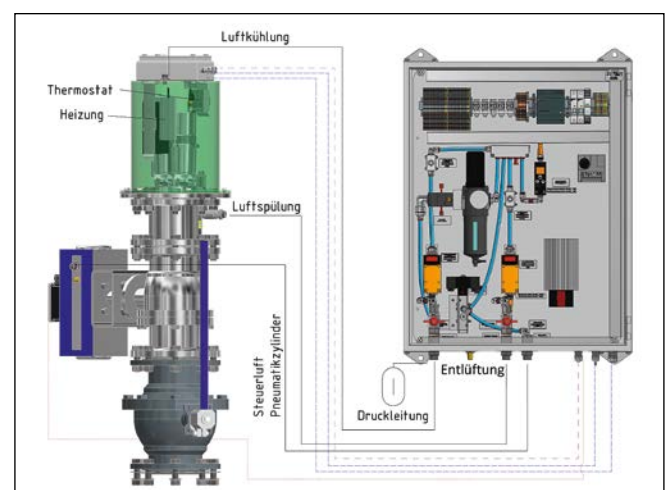


Bild 2 Plug and Play-Messsystem für Winderhitzer.



Bild 3 Messstelle Gießrinne mit Schlacke und Oxide auf der fließenden Schmelze.

Oberfläche des flüssigen Metalls (**Bild 3**). Diese besitzen im Unterschied zur sauberen Schmelze unterschiedliche Strahlungseigenschaften. Um trotz der Verunreinigungen präzise die Temperatur in der Rinne messen zu können, wurden Pyrometer entwickelt, die mit einer sehr hochauflösenden Optik und damit einem Messfeld von nur wenigen Millimetern ausgestattet sind. In Verbindung mit einer kurzen Messzeit im Millisekundenbereich und einer CSD (Clean Surface Detection)-Funktion sind die Geräte in der Lage, die Temperatur der fließenden Schmelze an den oxid- und schlackefreien Stellen auszufiltern. Ausgestattet mit einer integrierten Videokamera, wird das Messfeld inkl. der Temperatur auf einem Monitor in der Leitwarte angezeigt. Dank der kontinuierlichen Messwerterfassung kann bei Temperaturabweichungen unmittelbar reagiert werden. Das verschleißfreie Messverfahren spart zudem enorme Ressourcen und Verbrauchskosten durch das Einsparen der Eintauch-Thermoelemente.

Temperaturmessung des Gießstrahls am Gießautomaten

Am Gießautomaten hat die Temperatur des flüssigen Metalls einen entscheidenden Einfluss auf das Fließverhalten und die gleichmäßige Verteilung in der Form. Zudem bestimmt die Gießtemperatur die verarbeitungstechnischen Eigenschaften der Halbzeuge und Fertigprodukte und ist maßgeblich für die Qualität der Gussstücke und die Menge an Ausschuss verantwortlich. Die Vermeidung der Produktion fehlerhafter Teile ist die effizienteste Art zur Schonung der Rohstoffressourcen.

Mit Tauchmesslanzen lässt sich lediglich die Temperatur in der Pfanne vor dem eigentlichen Gießprozess und somit nie die produktionsentscheidende Temperatur des Gießstrahls bestimmen. Auch die benutzerabhängige Position und Eintauchtiefe der Messlanze wirkt sich auf die Messunsicherheit der Lan-

zenmessung aus. Nur durch eine präzise Erfassung und Überwachung der Gießstrahltemperatur lässt sich eine konstante Qualität bei minimaler Ausschussrate erzielen und damit Material- und Energieressourcen sparen.

Für eine Temperaturmessung des Gießstrahls am Gießautomaten wurde das Panorama-Pyrometer CellaCast PA 83 entwickelt. Dank des rechteckigen Messfeldes wird auch bei unterschiedlichen Strahldurchmessern und schwankender Position des Gießstrahls ein zuverlässiger Messwert ermittelt. Des Weiteren verfügt das Messsystem über eine intelligente ATD (Automatic Temperature Detection)-Funktion. Diese erfasst automatisch die Temperatur jedes einzelnen Abgusses. Der Messwert wird auf dem Display des Gerätes angezeigt und steht über den Analogausgang und über die serielle Schnittstelle für die weitere Verarbeitung zur Verfügung. Das Pyrometer besitzt wahlweise ein Durchblickvisier oder eine Farb-Videokamera. Auf dem Monitor im Leitstand wird der Gießstrahl mit dem Messfeld, die gemessene Temperatur und die Messstellennummer angezeigt (**Bild 4**).

Analyse und Archivierung der Messwerte

Die Software CellaView gehört zum Lieferumfang der Pyrometer-Serie CellaCast PA. Damit lässt sich auf einfachste Weise ein autarkes, PC-basiertes Datenerfassungssystem einrichten. Die Software zeigt die Messwerte in Echtzeit grafisch an. Dank der modernen MDI-Oberfläche lassen sich eine beliebige Anzahl von Diagrammen gleichzeitig öffnen und parallel die Messreihen von bis zu 31 Geräten aufzeichnen. Im CellaCast-Modus der Software werden je Produktionscharge die Anzahl der Ab-



Bild 4 Messstelle am Gießautomat und Monitor zur Anzeige der Gießtemperatur und des Videobildes.

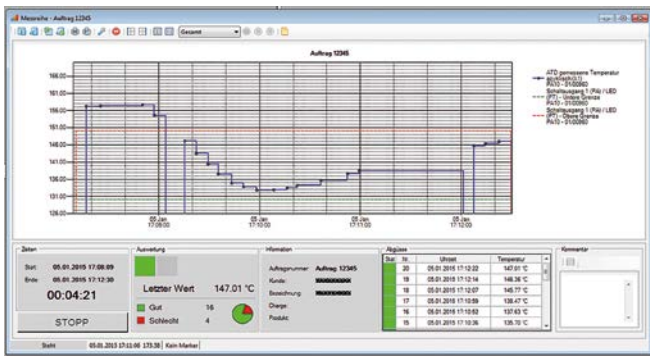


Bild 5 Dokumentation der Temperatur je Gussteile sowie der Ausschussrate je Produktionscharge.

güsse einschließlich der Ausschussrate angezeigt und in einem messtechnischen Bericht dokumentiert (**Bild 5**).

Sowohl die Daten der seriellen Schnittstelle als auch das Videosignal lassen sich in ein Ethernet-Netzwerk einbinden. Damit können die Messwerte als auch das Videobild ortsunabhängig an jedem Arbeitsplatz eingesehen werden.

Anbindung an eine zentrale Steuerung

Das Thema Industrie 4.0 zur Erfassung und zum Nachweis der produktionsrelevanten Messgrößen wird gerade auch bei der Herstellung von Gießereierzeugnissen intensiv diskutiert. Die Pyrometer der Serie CellaCast PX sind mit der modernen IO-Link-Schnittstellentechnologie ausgestattet. Damit wird die Ein-

bindung des Messsystems in die Anlagensteuerung denkbar einfach (**Bild 6**). Denn bei der Spezifikation der IO-Link-Schnittstelle nach IEC 61131-9 wurde besonderer Wert auf die Standardisierung, die Betriebssicherheit sowie die hardware- und softwaretechnisch einfache Verkabelung und Inbetriebnahme gelegt. Über die digitale Schnittstelle lassen sich parallel mehrere Messwerte, Grenzwerte, Diagnoseinformationen für eine bedarfsorientierte Wartung, Informationen über Betriebszustände und Störmeldungen übertragen.

Fazit

Sowohl im Sinne der Nachhaltigkeit einer ressourcensparenden Produktion durch eine präzise Temperaturmessung als auch zur kontinuierlichen Dokumentation der Gießtemperatur und nicht zuletzt zur Einsparung von permanenten Verbrauchskosten ist die Nutzung von Pyrometern an den temperaturrelevanten Prozessen bei der Herstellung und Verarbeitung von flüssigem Eisen und Stahl eine zukunftsorientierte und lohnende Investition.



Autor

Dipl.-Ing. Albert Book
 KELLER HCW GmbH
 Infrared Temperature Solutions (ITS)
 Tel. +49 5451 85320
 albert.book@keller.de
 www.keller.de/its

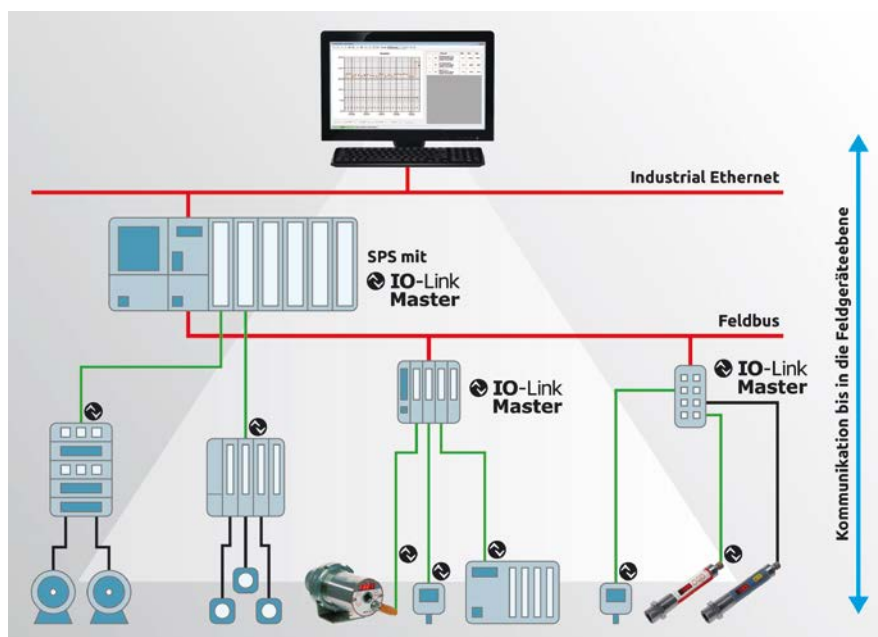


Bild 6 Einbindung des Pyrometers mit IO-Link-Schnittstelle in die Anlagensteuerung.