

Neuer EERC-Algorithmus für die Infrarot-Temperaturmessung beim Strangpressen von Aluminium

von **Albert Book**

Die Temperatur ist einer der wichtigsten Produktionsparameter beim Strangpressen von Aluminium. Kontaktthermometer sind nur bedingt geeignet. Daher kommt hier mehr und mehr die berührungslose Infrarot-Messung zum Einsatz. Jedoch ist die optische Temperaturmessung bei der Extrusion von Aluminium eine komplexe Messaufgabe. Dazu wurden schon vor mehr als 40 Jahren spezielle Mehrkanal-Pyrometer entwickelt. Der folgende Bericht beschreibt die Besonderheiten der Wärmestrahlung von Aluminium und stellt den technologischen Stand früheren Messverfahren dem neu entwickelten EERC-Algorithmus der Infrarot-Temperaturmessung gegenüber.

Bedeutung der Temperatur bei der Herstellung von Aluminiumprofilen

Das Verfahren des Strangpressens von Aluminiumprofilen basiert auf einem komplexen thermischen Prozess. Beim Pressen des erhitzten Aluminiumblocks durch die Matrize entsteht Reibung zwischen dem Bolzen und dem Behälter. Als Folge kommt es zu einem Temperaturanstieg vom Anfang hin zum Ende des Stranges. Bei zu kalten Blocktemperatur kann sich die Matrize in der Strangpresse aufgrund der höheren Härte des Metalls schneller abnutzen, was zu einer Änderung der Abmessungen des Profils führt. Deshalb ist die Kontrolle der Temperatur zur Regelung der Pressgeschwindigkeit und des Druckes während des Strangpressens entscheidend für die Qualität der Profile.

Kontaktmessung der Profiltemperatur

Üblicherweise wird die Temperatur per Kontaktmessung mittels Einstechfühler durchgeführt. Der große Nachteil ist, dass die Messung manuell und lediglich sporadisch durchgeführt wird. Somit erfolgt keine kontinuierliche Überwachung, so dass keine automatische Regelung realisierbar ist. Zudem wird die Oberfläche des heißen Aluminiums durch den Einstechfühler beschädigt und verursacht Ausschuss. Die Lebensdauer der verschleißbehafteten Messspitzen des Fühlers ist begrenzt. Der regelmäßige Ersatz verursacht Verbrauchskosten.

Infrarot-Temperaturmessung

Im Vergleich zur Kontaktmessung erfassen Pyrometer optisch in Millisekunden und aus sicherer Entfernung die Infrarotstrahlung des Messobjektes und ermitteln daraus die Temperatur. Dies ermöglicht eine kontinuierliche Messung der Temperatur

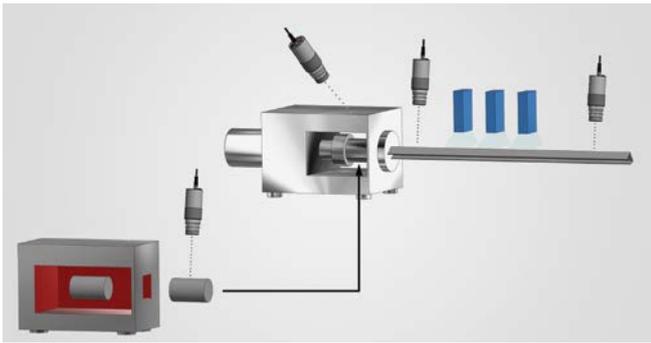


Bild 1 Pyrometrische Temperaturmessung am Pressenausgang.

des Aluminiumprofils am Pressenausgang (**Bild 1**) für die Regelung der Pressgeschwindigkeit und des Pressdruckes. Eine Beschädigung der Oberfläche ist bei diesem berührungslosen Messverfahren ausgeschlossen. Durch die Messung wird kein Ausschuss produziert und es fallen keine Verbrauchskosten an. Daher ist die Infrarot-Temperaturmessung grundsätzlich das ideale Messverfahren. Doch ist die pyrometrische Temperaturmessung von Aluminium eine anspruchsvolle Messaufgabe und mit einigen Besonderheiten verbunden.

Besonderheiten der Wärmestrahlung von Aluminium

Aluminiumlegierungen sind extrem schlechte Wärmestrahler. Der Emissionsgrad sprich die Fähigkeit eines Objektes Infrarotstrahlung zu emittieren, beträgt teils lediglich 10 %. Unter dieser Annahme und bei einer Profiltemperatur von 500 °C zeigt das Pyrometer ohne Korrektur des Emissionsgrades einen Messwert von ca. 340 °C. Für eine korrekte Temperaturmessung ist somit zwingend der Emissionsgrad am Pyrometer einzustellen.

Bei einer Extrusionstemperatur von 500 °C und dem sehr kleinen Emissionsgrad von Aluminium ist die emittierte Infrarotstrahlung zur Ermittlung der Temperatur sehr klein. Entsprechend hochwertig muss die Signalaufbereitung und -verarbeitung im Pyrometer ausgelegt sein. Auch bei entsprechender Kompensation führen doch bereits geringfügige Schwankungen des Emissionsgrades bei unterschiedlichen Legierungen und Oberflächen zu größeren Differenzen. Ändert sich beispielsweise der Emissionsgrad von 10 % auf 15 % zeigt das Pyrometer bereits eine um ca. 40 °C höhere Temperatur an.

Zur Kompensation vom Emissionsgradschwankungen wurde bereits vor mehr als 40 Jahren das Quotienten-Messverfahren entwickelt. Aus der bei zwei unterschiedlicher Wellenlänge erfassten Infrarotstrahlung wird der Quotient ermittelt. Solange

sich der Emissionsgrad des Messobjektes unabhängig von der Wellenlänge ändert (Grauer Strahler), ermittelt ein Quotienten-Pyrometer die korrekte Temperatur. Bei Aluminium handelt es sich jedoch um einen sogenannten „Nicht-grauen Strahler“ (**Bild 2**). Daher kann sich auch das Emissionsgradverhältnis der beiden Messkanäle bei wechselnden Legierungen oder Oberflächen ändern. Ein herkömmliches Quotienten-Pyrometer reagiert darauf mit nicht unerheblichen Messabweichungen und ist daher für die Messung von Aluminiumprofilen nur bedingt geeignet.

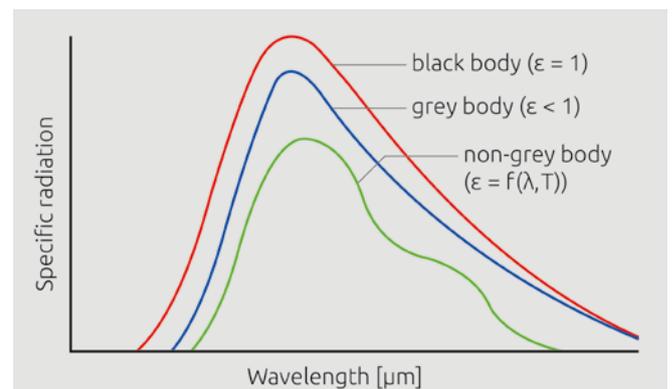


Bild 2 Bei Aluminium ist die Infrarot-Strahlung wellenlängenabhängig (non-grey body).

Einfluss der Geometrie der Profile

Auf einer Strangpresse werden teils durchaus sehr unterschiedliche Profil-Geometrien hergestellt (**Bild 3**). So kommt es vor, dass das Messfeld des Pyrometers rein auf die Oberfläche oder aber auf eine Vertiefung ausgerichtet ist. Bei der Messung in einem Spalt kommt es durch Mehrfachreflektion zu einer „künstlichen“ Emissionsgraderhöhung. Ein Pyrometer zeigt dann bei gleicher Emissionsgradeinstellung einen deutlich höheren Messwert an.

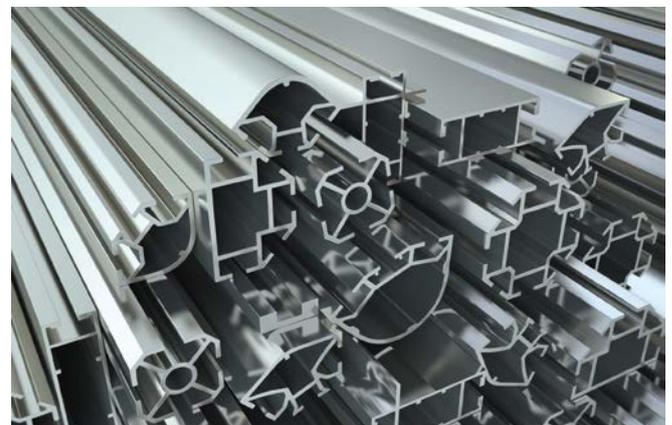


Bild 3 Das Profil des Aluminiums kann die Infrarot-Temperaturmessung beeinflussen.

Funktion und Grenzen der Mehrkanal-Pyrometer

In den 1980er Jahren wurden zur Kompensation der emissionsgradbedingten und profilabhängigen Störeinflüsse Mehrkanal-Pyrometer entwickelt, die an bis zu 4 Wellenlängen die Infrarotstrahlung erfassen. Intern arbeiteten die Geräte mit einem Chopperrad mit verschiedenen Filtern, das vor dem Sensor rotiert. Die mechanische Konstruktion ist komplex und der motorische Antrieb störanfällig. Über einen separaten Rechner werden die Messsignale ausgewertet. Zwar lieferten die Geräte für die damalige Zeit durchaus bessere Messergebnisse als herkömmliche Quotienten-Pyrometer, doch für die unterschiedlichen Legierungen und Profile war ein aufwendiges sogenanntes Teach-In Verfahren zum Abgleich der Geräte notwendig. Bei Material- und Profilwechseln ist jeweils eine empirisch ermittelte Korrekturfunktion auszuwählen.

Die seinerzeitige Nachweisempfindlichkeit der Infrarotsensoren, die Rechenleistung der Mikroprozessoren sowie die mindere Qualität der Verstärkertechnologie beeinträchtigten die messtechnischen Möglichkeiten. Zudem ist durch das Choppfen die Messung der einzelnen Kanäle nur nacheinander möglich. In Kombination mit der Bewegung des Aluminiumprofils existiert somit immer ein zeitlicher und örtlicher Versatz in der Erfassung der verschiedenen Messsignale. Daher stieß diese Technologie schnell an ihre messtechnischen Grenzen.

Moderne Geräte mit EERC-Algorithmus

Die heutige moderne Sensorik, hochwertiger Verstärkerbausteine und hochauflösende Wandler machen es möglich Geräte zu entwickeln, die auf Gleichlichttechnologie sprich ohne Motor und bewegte Filter arbeiten. Zur Kompensation der physikalisch bedingten wellenlängenabhängigen Änderung des Emissionsgradverhältnisses von Aluminium bei verschiedenen Legierungen und Oberflächen hat KELLER ITS den EERC (Extended Emissivity Ratio Correction) Algorithmus entwickelt. Als erweitertes Quotienten-Messverfahren werden auch die Signale der Spektralkanäle dynamisch in die Messwertermittlung einbezogen. Das kompakte Pyrometer CellaTemp® PX 69 basiert auf neuester leistungsstarker Prozessortechnologie. Dadurch ist es ermöglicht, die komplexen Rechenalgorithmen in Echtzeit durchzuführen (**Bild 4**). Zur Prüfung der Ausrichtung und Fokussierung ist das Pyrometer wahlweise mit einem Durchblickvisier, einem Laser-Pilotlicht oder einer Videokamera ausgestattet. Auf dem Videomonitor in der Schaltwarte wird direkt



Bild 4 Pyrometer CellaTemp® PX 69 mit neuem EERC-Algorithmus und moderner IO-Link Kommunikationsschnittstelle.

auch die gemessene Temperatur eingeblendet und die genaue Position und Größe des Messfeldes angezeigt.

Durch eine Referenzmessung mittels Einstechthermometer wird der einzustellende Wert des neuen EERC-Parameters ermittelt. Nach wie vor ist es wie bei allen bisherigen Infrarot-Messverfahren notwendig, bei unterschiedlichen Strang-Geometrien, den Wert je Profil zu ermitteln. Die Werte werden in der Steuerung hinterlegt und bei einem Profilwechsel über die moderne IO-Link Kommunikationsschnittstelle zu den Geräten übertragen.

Fazit

Physikalisch bedingt ist die Infrarot-Temperaturmessung von Aluminiumprofilen auch heute noch eine anspruchsvolle Messaufgabe. Für eine temperaturabhängige Automatisierung des Produktionsprozesses ist die kontinuierliche Messung der Temperatur mittels Pyrometer das einzig anwendbare Messverfahren. Auch wenn weiterhin der Wunsch besteht, mittels Pyrometer möglichst ohne jegliche Korrekturmaßnahmen auch bei verschiedenster Aluminiumprofile die Temperatur präzise zu erfassen, so ist dies unter Verwendung der neusten Gerätetechnologie und der Vernetzung zur Steuerung inzwischen weitestgehend automatisiert möglich.



Autor

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