Längen- und Geschwindigkeitsmessung extrem

In vielen Bereichen ist die zuverlässige Messung der Geschwindigkeit und Länge unverzichtbar. Dabei werden Sensoren oft in Extremsituationen auf eine harte Probe gestellt. So gehören beispielsweise in der Stahlindustrie Umgebungstemperaturen von 200 °C sowie Staub und Öldämpfe zum Alltag. Oder: Montiert an Fahrzeugen müssen zurückgelegte Wegstrecke und Geschwindigkeit unabhängig von der Fahrbahnbeschaffenheit erfasst werden. Unter all diesen Umgebungsbedingungen muss das Messsystem höchste Ansprüche an Genauigkeit und Reproduzierbarkeit erfüllen.

Bild 1
Die „ProSpeed"-Laser Surface Velocimeter von Polytec wurden speziell für den Einsatz in rauen Umgebungen entwickelt, arbeiten ohne Verschleiß und sind auch im Dauerbetrieb rund um die Uhr wartungsfrei.

Die „ProSpeed"-Laser Surface Velocimeter (LSV) von Polytec (Bild 1) erfüllen die oben genannten Voraussetzungen. Die speziell für den Einsatz in rauen Umgebungen entwickelten optischen Messsysteme arbeiten ohne Verschleiß und sind auch im Dauerbetrieb rund um die Uhr wartungsfrei.

Überzeugen kann auch das Schnittstellenkonzept: Egal ob Ethernet, Encoder oder Feldbusse – die Sensoren verfügen über alle gängigen Schnittstellen, die für die Integration in Prozessleitsysteme erforderlich sind. Das integrierte Web-Interface ermöglicht unabhängig vom Endgerät (PC, Tablet oder Smartphone) die einfache Inbetriebnahme und Bedienung. Durch maßgeschneiderte Zubehörlösungen kann das LSV in jeder Prozessumgebung eingesetzt werden. Das Kühl-Schutzgehäuse schützt das Messgerät nicht nur vor Verschmutzung durch Staub und Flüssigkeiten, sondern ermöglicht auch den Betrieb bei Umgebungstemperaturen bis zu 200 °C. Freiblasvorrichtungen mit Luftstromverstärkung reduzieren einerseits den Druckluftverbrauch und sorgen andererseits auch unter widrigsten Umgebungsbedingungen wie Dampf, Nebel und Staub für klare Sicht auf das Messgut. Umlenksysteme lenken die Messstrahlen des LSV nach oben oder unten ab und ermöglichen so den Einbau unter engen Platzverhältnissen wie z. B. bei Messbügeln von Dickenmessgeräten in Walzwerken.

Autor

Dipl.-Ing. Pierre Passarge (BA)
Strategisches Produktmarketing, Polytec

Kontakt:
Polytec GmbH
Polytec-Platz 1–7, 76337 Waldbronn
Tel.: 0 72 43 / 6 04-0
E-Mail: info@polytec.de
www.polytec.com

Die optischen Sensoren bieten hohe Flexibilität durch variable Arbeitsabstände und einer komfortabel großen sogenannten Messfeldtiefe. Das bedeutet, dass die Position der Messoberfläche selbst bei einem Arbeitsabstand von 30 cm in einem Bereich von 120 mm variieren kann, ohne dass das LSV das Messsignal verliert.

Kein Wunder also, dass sich in ganz unterschiedlichen Bereichen immer häufiger solche berührungslosen, optischen Messsysteme durchsetzen, von der Stahlproduktion und Qualitätssicherung bis hin zur Automobiltechnik.

Wirtschaftlichkeit und Qualität in der Metallindustrie steigern

Beim Stranggießen wird flüssiger Stahl in eine wassergekühlte Kokille gegossen, wo er erkaltet und als formstabiler Strang nach unten abgezogen wird. Zur weiteren Verarbeitung (zum Beispiel Walzen) muss der Strang in Teilstücke definierter Länge geschnitten werden. Hier ist die hochgenaue Längen- und Geschwindigkeitsmessung besonders wichtig, da dadurch sowohl die Schnittlänge als auch der Schnittprozess geregelt wird. Da der Strang endlos produziert wird – das heißt kontinuierlich flüssiger Stahl in die Kokille nachgegossen wird – kann er für den Schnitt nicht angehalten werden. Der Brennschneider muss also bei genau der richtigen Länge am Strang ansetzen und sich während des Schnittprozesses mit genau der richtigen Geschwindigkeit synchron zum Strang bewegen. Hier hat sich gezeigt, dass herkömmliche kontaktbasierte Messmethoden für Länge und Geschwindigkeit aufgrund von Schlupf und Verschleiß ungenaue Messergebnisse liefern. Um sicherzustellen, dass mindestens die für die Weiterverarbeitung erforderliche Länge abgeschnitten wird, muss daher eine Toleranz auf die erforderliche Länge aufgeschlagen werden. Es wird also bei jedem Schnitt

Copyright Springer-VDI-Verlag GmbH & Co. KG, Düsseldorf

Material verschenkt. Das kontaktfreie Messprinzip des LSV (siehe Kasten übernächste Seite) unterliegt weder Schlupf noch mechanischem Verschleiß und erreicht dadurch eine wesentlich höhere Genauigkeit und Reproduzierbarkeit. Für den Betrieb unter den extremen Bedingungen, die 1,5 m über dem Strang herrschen, wird das LSV in einem hocheffizienten Kühl-/Schutzgehäuse installiert, das den Sensor auch bei Umgebungstemperaturen von 200 °C auf Betriebstemperatur hält (Bild 2). Durch den Einsatz des LSV reduziert sich der Sicherheitsaufschlag auf die Schnittlänge und der Ertrag steigt. Aufgrund der hohen Produktionsleistung moderner Stahlwerke amortisiert sich der Einsatz des LSV bereits in weniger als einem Jahr, wenn der Sicherheitsaufschlag nur um wenige Millimeter reduziert wird.

Bild 2
Beim Stranggießen gilt es, den Materialverlust so gering wie möglich zu halten, damit wirtschaftlich produziert werden kann. (Bild: Roc Aguiar / istock)

Auch in den weiterverarbeitenden Walzwerken werden hohe Anforderungen an die Längen- und Geschwindigkeitsmessung gestellt. Für die Verwendung in hoch spezialisierten Anwendungen wie zum Beispiel der Automobil- oder Luftfahrtindustrie müssen Bleche mit extrem niedrigen Dickentoleranzen gewalzt werden (Bild 3). Hierfür hat sich die Regelung des Walzspaltes nach dem Masseflussprinzip (Bild 4) etabliert. Durch eine Kombination von Dicken- und Geschwindigkeitsmessung vor dem Walzgerüst und einer weiteren Geschwindigkeitsmessung nach dem Walzgerüst wird die Größe des Walzspaltes schnell und hochpräzise geregelt. Dies ermöglicht sehr enge Dickentoleranzen und sogar die Herstellung von Bändern mit über die Länge variabler Dicke. Hier hat sich ebenfalls gezeigt, dass Schlupf und Verschleiß bei taktilen Messmethoden dazu führen, dass Anforderungen an Dickentoleranzen und Materialqualität nicht eingehalten werden können. Die erhöhte Produktion von Ausschuss ist die Folge. Der Einsatz von LSV eliminiert diese Fehlerquellen und steigert die Produktqualität. Durch die große Bandbreite an verfügbaren Arbeitsabständen (300 mm bis 3000 mm) kann das LSV in jede Walzwerksumgebung integriert werden. Auch der Einbau in den C-Bügeln von Dickenmessgeräten ist mit der Verwendung einer Umlenkoptik möglich.

Bei der Qualitätskontrolle nahtloser Stahlrohre werden verschiedene zerstörungsfreie Messverfahren kombiniert, um die Produktqualität sicherzustellen. Materialeigenschaften und Wanddicke müssen am gesamten Rohr gemessen und Defekte lokalisiert werden. Dabei bewegt sich das Rohr einerseits in Längsrichtung durch das Prüfsystem und rotiert andererseits um die eigene Mittelachse. Um gefunden Defekte genau zu lokalisieren, muss somit

Bild 3
Die Banddicke wird üblicherweise mit Röntgenverfahren ermittelt; für die zuverlässige Bestimmung der Geschwindigkeit bieten sich Laser Surface Velocimeter an, denn sie sind leicht zu integrieren und arbeiten im Gegensatz zur traditionellen Geschwindigkeitsmessung mit Messrädern oder -walzen frei von Schlupf und Verschleiß. (Bild: Taitai6769 / dreamstime)

Copyright Springer-VDI-Verlag GmbH & Co. KG, Düsseldorf

die Position des Rohres in beiden Bewegungsrichtungen genau ermittelt werden. Dieses mehrdimensionale Bewegungsprofil erfordert die Messung der Rotation und Längsbewegung unabhängig voneinander und ohne Quereinflüsse. Das LSV eignet sich für diese Messaufgabe ideal, da es, bedingt durch sein Messprinzip, die Länge und Geschwindigkeit nur in der Messrichtung erfasst (siehe Kasten). In den Prüfanlagen werden dazu mehrere LSV eingesetzt. Die Rohre drehen sich typischerweise mit 2 m/s um ihre Längsachse. Die zwei LSV (Bild 5) erfassen jeweils nur die Bewegung in ihrer Messrichtung – die Längsbewegung des Rohres in Vorschubrichtung und die Drehbewegung senkrecht dazu. Feinverstellbare Justier-/Montageplattformen ermöglichen es, die LSV so präzise einzustellen, dass der Einfluss der Rohrbewegung quer zur Messrichtung eliminiert wird. So stehen eindeutige Positionsdaten während der gesamten Prüfung für die Lokalisierung und Markierung von Defekten zur Verfügung.

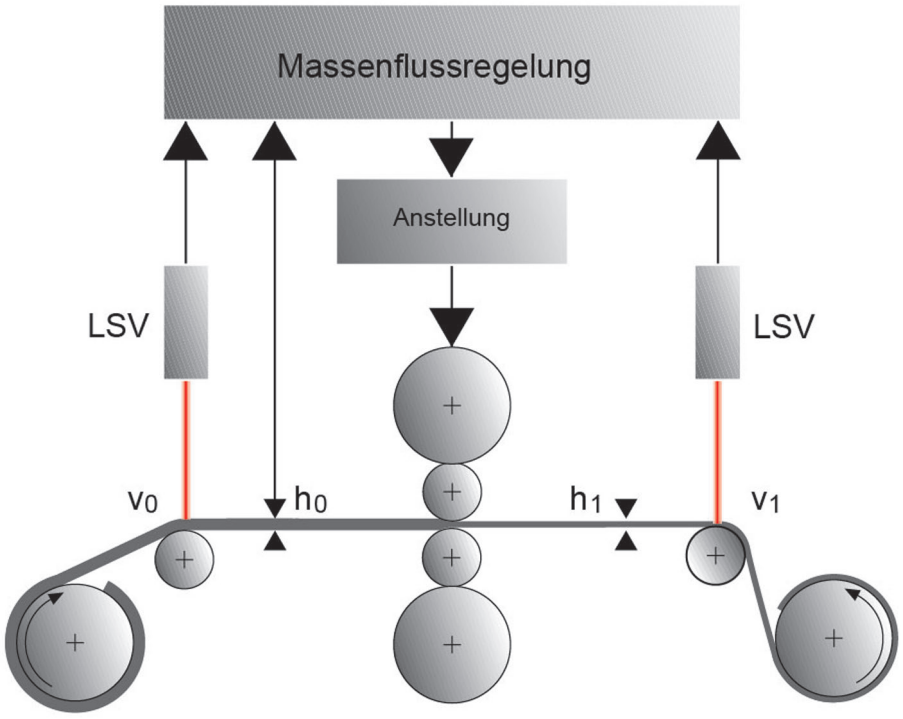

Bild 4
Um die Dickentoleranzen von gewalzten Bändern immer weiter zu verringern, werden moderne Walzwerke nach dem Masseflussprinzip geregelt.

Genauer als GPS – Geschwindigkeitsmessung und Positionsverfolgung von Fahrzeugen

In der Automobiltechnik werden Laser Surface Velocimeter bei der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen eingesetzt, um die reale Geschwindigkeit der Versuchsfahrzeuge in Echtzeit mit einer Genauigkeit besser als 0,1 km/h zu messen. Damit liefern sie wesentlich genauere Ergebnisse als beispielsweise GPS-basierte Lösungen, bei denen zudem noch mit unerwarteten Signalausfällen zu rechnen ist. Bild 6 zeigt ein Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm während eines Abbremsvorgangs von 80 km/h bis fast zum Stillstand. Die GPS-Daten sind stark verrauscht im Vergleich zu den Daten des LSV, die einen sehr gleichmäßigen Verlauf haben. Gemessen wird direkt auf die Fahrbahn. Für die Genauigkeit der Messung spielt es dabei keine Rolle, ob der Untergrund nass oder trocken ist.

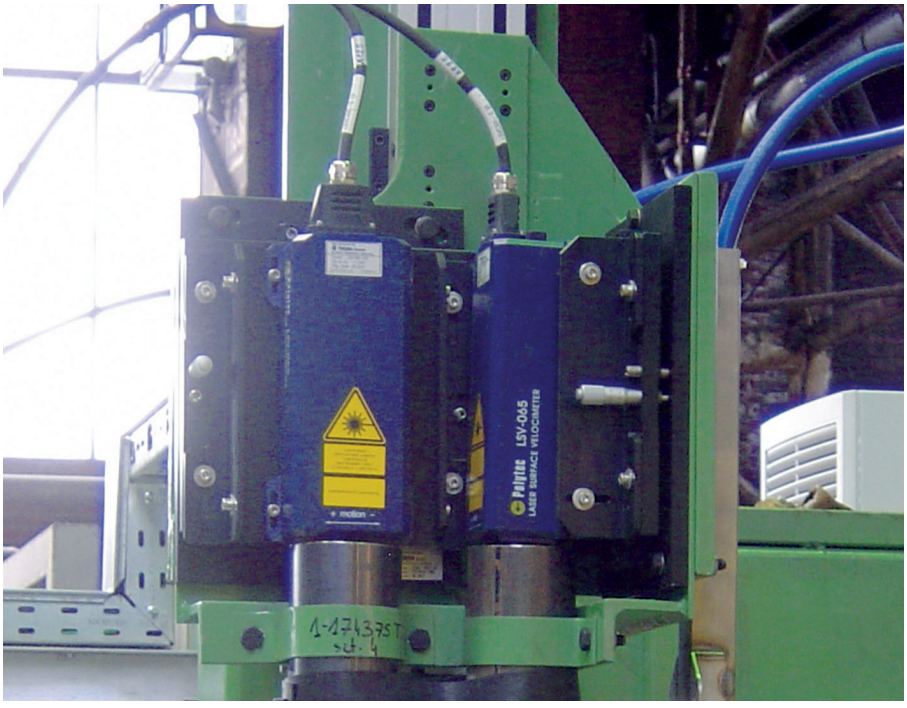

Bild 5
Die LSV messen unabhängig und ohne Quereinfluss die Vorschub- und Rotationsbewegung der Rohre bei der Qualitätsprüfung.

Schulausflug auf den Mars

Eine ganz besondere Verwendung hat das Special Effects Studio Framestore – BAFTA Award, Oscar und Cannes Lions Gewinner – für das LSV. Framestore hat es Schulkindern ermöglicht, mit einem ganz besonderen Schulbus einen Ausflug auf den Mars zu machen. Von außen sieht der Bus wie jeder andere Schulbus aus. Ermöglicht durch die Unreal Videospiel-Engine, High-Tech Display-Technologie und das LSV bietet der Bus im Innenraum ein einzigartiges Gruppen-Virtual-Reality-Erlebnis, in dem eine Gruppe von Schulkindern eine Reise über die Oberfläche des roten Planeten erlebt. Um die Fahrt auf dem

Copyright Springer-VDI-Verlag GmbH & Co. KG, Düsseldorf

Mars präzise zu steuern, benutzt Framestore, neben anderen Messgeräten, ein LSV von Polytec. Während der Fahrt misst das LSV – auf die Fahrbahn gerichtet – hochgenau die Geschwindigkeit des Busses und die zurückgelegte Entfernung in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung. Diese Daten werden der Videospiel-Engine als Controller-Signale zur Verfügung gestellt; so wird die präzise Positionierung in der virtuellen Mars-Umgebung ermöglicht.

Laser-Doppler-Velocimetrie

Velocimeter arbeiten nach dem sogenannten Differenz-Dopplerverfahren. Hierbei werden zwei Laserstrahlen, die jeweils unter einem Winkel φ zur optischen Achse einfallen, auf der Oberfläche des Messobjektes überlagert. Dort erzeugen sie ein Interferenzmuster von hellen und dunklen Streifen (Bild 7). Der Streifenabstand Δs ist eine Gerätekonstante, die von der Laserwellenlänge λ und vom Winkel zwischen den Messstrahlen 2 φ abhängt. Es gilt: $\Delta s = \lambda / (2 \sin \varphi)$.
Bewegt sich ein Teilchen durch das Streifenmuster, wird das von ihm zurückgestreute Licht in seiner Intensität moduliert. Ein Photoempfänger im Messkopf erzeugt demzufolge ein Wechselstromsignal, dessen Frequenz f_D direkt proportional zur Geschwindigkeitskomponente der Oberfläche in Messrichtung v_p ist, und es gilt: $f_D = v_p / \Delta s = (2 v_p / \lambda) \sin \varphi$ (wobei f_D die Dopplerfrequenz ist, v_p die Geschwindigkeitskomponente in Messrichtung und Δs der Streifenabstand im Messvolumen). Der Wert $\lambda / \sin \varphi$ bildet die Maßverkörperung für die Geschwindigkeits- und Längenmessung. Er wird für jeden Messkopf exakt gemessen.

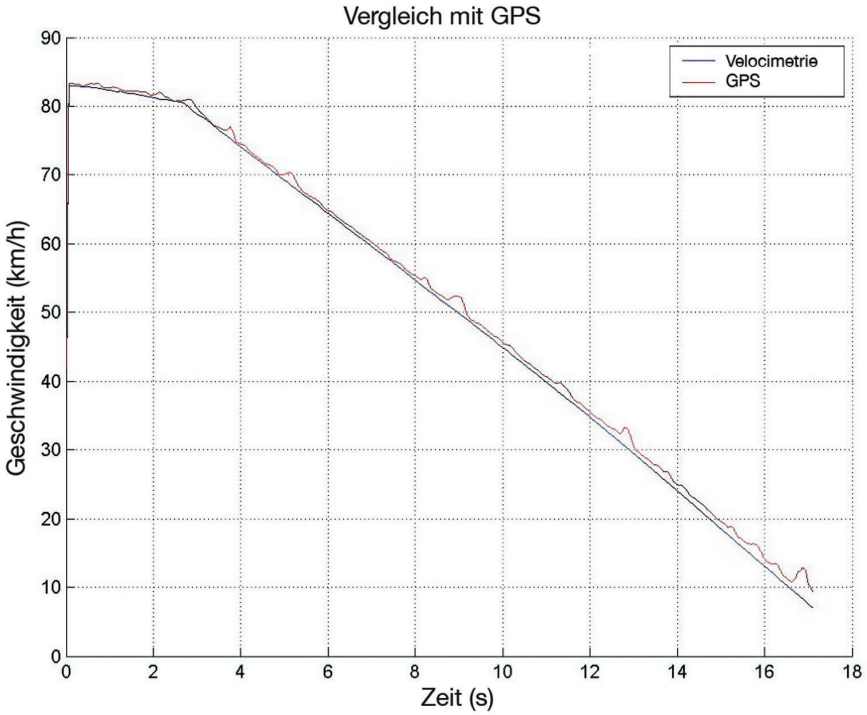

Bild 6
Das LSV misst die Fahrzeuggeschwindigkeit genauer als das GPS.

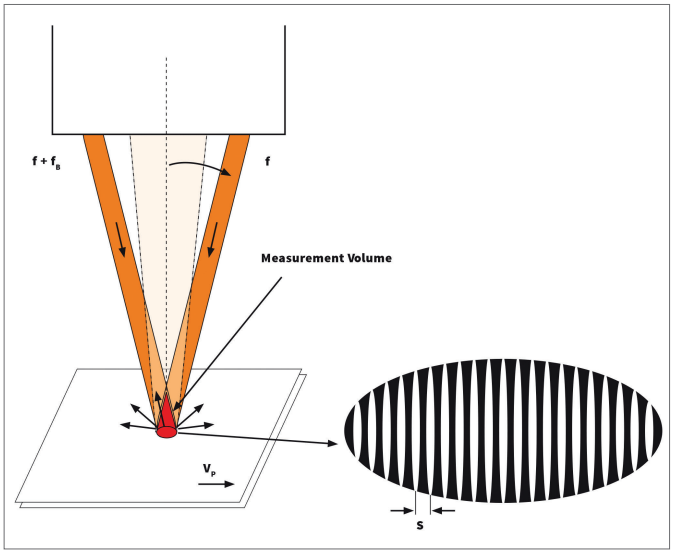

Bild 7
Funktionsschema der Laser-Doppler-Velocimetrie

Copyright Springer-VDI-Verlag GmbH & Co. KG, Düsseldorf